



Gobierno  
**Bolivariano**  
de Venezuela

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

Instituto Nacional de **Investigaciones Agrícolas**

omía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

**Agronomía  
Tropical**

Depósito Legal: pp. 195102AR73  
ISSN: 0002 - 192X  
AÑO 65 VOL. 65 No. 1-2 2015



ISSN : 002 - 192X  
Depósito Legal pp. 195102AR73

**AGRONOMÍA TROPICAL** es publicada por el INIA de la República Bolivariana de Venezuela para la socialización del conocimiento científico y humanístico, en los diferentes componentes de los sistemas de producción agrícola vegetal que garanticen la producción de alimentos y temas que contribuyan con la sustentabilidad de los sistemas agro productivos.

#### Miembros Fundadores

Luis Medina (Dir.)  
Bruno Mazzani  
Wasily Iljin  
Rafael Pontis Videla  
Jesús Silva Calvo  
Gino Malagutti  
Giuseppe Ravanello  
Luis A. Salas F.  
Salomón Horovitz  
Pedro Obregón  
Dora Micheletti de Zerpa

#### Comité Editorial

Delis Pérez	Editora Jefe
Grigna Piña	Editor Técnico
Mariangel Mujica	Editor Técnico
Andreina Muñoz	Editora Asistente
Zulay Melo	Diagramadora
Ana Beatriz Briceño	Diagramadora

Editada por la Gerencia de Investigación e Innovación Tecnológica  
Coordinación Área de Gestión de la Información.  
Impresa en el Taller de Artes Gráficas del INIA.  
Tiraje: 300 ejemplares

Unidad de Distribución y Venta de Publicaciones.  
INIA. Apdo. postal 2105, Maracay 2101.  
Estado Aragua, Venezuela.  
Precio Bs. 350,00

Correo electrónico: [dypublicaciones@inia.gov.ve](mailto:dypublicaciones@inia.gov.ve)

La revista Agronomía Tropical está disponible en la red de biblioteca INIA. Se puede acceder a la versión digital por internet a través de nuestro sitio web:  
<https://www.inia.gov.ve>  
área publicaciones

## Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

Juan Pablo Buenaño	<b>Presidente</b>
Giomar Blanco	<b>Gerente General</b>
José Lucas Peña	<b>Gerente de Investigación e Innovación Tecnológica</b>
Yenry Urrea	<b>Gerente de Producción Social</b>
María F. Sandoval	<b>Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario</b>

#### Editores Asociados

Oscar Abarca (ACAV)	Recursos de Aguas y Tierras
Aída Ortiz (UCV)	Cereales, Malezas y Semillas
Delis Pérez (INIA)	Mejoramiento Genético de Plantas
Marjorie Cásares (UCV)	Desarrollo Rural
Lorenzo Velásquez (INIA)	Fertilidad y Manejo de Suelos
Marco Acevedo (INIA)	Mejoramiento Genético de Plantas

#### Consejo Asesor

Juan Vergara	INIA Zulia, Venezuela
Antonio de la Casa	UNC, Argentina
Pedro Morales	INIA CENIAP, Venezuela
Graciela Vergara	UNLPam, Argentina
Ezequiel Alonzo	INIA CENIAP, Venezuela
Emma Ramírez	INIA Táchira, Venezuela
Pedro Monasterio	INIA Yaracuy, Venezuela
Beatriz Graterol	INIA Amazonas, Venezuela
Grigna Piña	INIA CENIAP, Venezuela

#### Indización

CAB Internacional	(Reino Unido)
TROPAG	(Holanda)
AGRIS, FAO	(Roma)
IICA-CIDIA	(Costa Rica)
REVENCYT	(Venezuela)
REFERATIVNY ZHURNAL	(Rusia)
Base Agrícola	
Venezolana, INIA	(Venezuela)
Periódica UNAM	(México)
Fundacite Mérida	(Venezuela)
BIOSIS Zoological Record	(Reino Unido)
Centro de Información y Documentación	(Cuba)
AGRICOLA, National	
Agricultural Library	(USA)
LATINDEX	(México)
MegaBase AGRI 2000	(Venezuela)
Base de Datos REVIS	(CATIE, Costa Rica)
SciELO	(Venezuela)

#### Se acepta el intercambio con otras revistas

Exchange requested	Wir bitten um austausch
On demance l' échange	Gradiremmo cambio

Deseamos permuta

# **AGRONOMÍA TROPICAL**

**Agronomía Trop.**

**Revista trimestral del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas,  
Ministerio del Poder Popular para la Agricultura Productiva y Tierras  
Maracay, Venezuela**

## EDITORIAL

La revista científica *Agronomía Tropical*, haciendo honor a su trayectoria, se complace en dar inicio de forma regular a la emisión de editoriales, los cuales acompañarán al número uno de cada volumen digital.

Además de hacer alusión a los importantes contenidos, el editorial informará a nuestros respetados autores y lectores acerca de los avances, que la dinámica de la información y la tecnología comunicacional nos lleve a realizar, para mejorar nuestra revista. En primera fase relacionados a las normas de publicación, y en lo sucesivo, con las herramientas electrónicas que permitan agilizar el proceso editorial y facilitar el acceso a cada una de las contribuciones.

Es oportuno compartir con todos nuestros lectores el esfuerzo que realiza el equipo editorial para mantener al día la vitrina del conocimiento científico agrícola vegetal del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Es por ello que extendemos nuestro reconocimiento público a todos los profesionales de las ciencias del agro con reconocida trayectoria, quienes de forma desinteresada ofrecen sus valiosos aportes como árbitros, editores y traductores; entes fundamentales para mantener la calidad de la revista.

En este sentido el volumen 65 es una muestra de tópicos diversos; productos de investigaciones realizadas en tierras venezolanas o en países hermanos, tendentes en su mayoría hacia los temas de producción agroecológica en campo o bajo forma protegida. Asimismo, se expone la agrobiodiversidad como factor de estudio prioritario para proveer alimentos sanos y adaptados a las condiciones agroclimáticas de los espacios de siembra.

Al final de esta edición, se reitera el compromiso de todo el personal que hace posible la publicación de la revista científica *Agronomía Tropical*, a fin de actualizar nuestros números al año corriente, consolidando la confianza de nuestros contribuyentes institucionales, nacionales e internacionales. A todos ustedes nuestra inmensa gratitud.

Grigna Piña-Dumoulin  
EDITORA TÉCNICA

## TABLA DE CONTENIDO Vol. 65 N° 1-2

### Artículos Científicos

Moctezuma López G., Ortiz Cervantes E., Espinosa García J. A., Uresti Gil J., Vélez Izquierdo A., Jolalpa Barrera J. L., Góngora González S. F. y Inurreta Aguirre H. D.  
Potencial productivo y económico de las plantaciones de hule en el trópico húmedo mexicano..... 7

Garzón Garzón L. P.  
Micorrizas arbusculares asociadas con yarumo, carambolo y uña de gato en suelos de Macedonia..... 17

Ribeiro Junior W. Q., Cordeiro A., de Oliveira S. A., Gerosa Ramos M. L., Freiré Cruz A., Amabile R. F. e Camargo Ziviane A.  
Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no estado nutricional da cevada cervejeira ..... 35  
Efectos de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica sobre el estado nutricional de cebada cervecera..... 35

Burgos A. M., Cénoz P. J. y Leiva D. O.  
Diferentes distanciamientos de plantación para un sistema de cultivos consociados de mandioca-maíz-maní en el noreste de Argentina..... 47

Ormeño D., M. A., Garnica J. C., Terán N. y Rey J. C.  
Evaluación de 16 clones élites de yuca con prácticas de manejo integrado en el eje panamericano de los estados Mérida-Zulia..... 57

Catalano D., Piña-Dumoulín G. J., Marín R., C., Meléndez J. y Thomas T.  
Caracterización de productores y mercadeo de la piña en la comunidad rural El Arbolito, municipio Valencia, estado Carabobo (2007-2009)..... 69

Cairo Cairo P., Dávila Cruz A. Díaz Martín B. y Colás Sánchez A.  
Efectos de abonos órgano minerales sobre las propiedades físico-químicas en un Inceptisol de la Región Central de Cuba..... 81

### NOTA TÉCNICA

Lugo Z., Crozzoli R., Cortéz A., Parra R., Fernández A. y Marquina J.  
Comportamiento térmico del suelo sometido a diferentes lapsos de solarización en el estado Falcón..... 91

Monasterio P., Pierre F., Tablante J., Maturé W., Ortega R. y Sánchez F.  
Método para la estimación de rendimiento en siembras de maíz..... 97

Montilla R., Ramos F., Piña-Dumoulín G. J. y Cabaña W.  
Insectos asociados al cultivo de la grosella de Ceilán en Maracay, estado Aragua, Venezuela..... 103

Instrucciones al autor..... 113

**TABLE OF CONTENTS Vol. 65 N° 1-2**

**Scientific Articles**

Moctezuma López G., Ortiz Cervantes E., Espinosa García J. A., Uresti Gil J., Vélez Izquierdo A., Jolalpa Barrera J. L., Góngora González S. F. and Inurreta Aguirre H. D.  
Productive and economical potential of rubber plantations in the mexican humid tropics..... 7

Garzón Garzón L. P.  
Arbuscular mycorrhizae asociated with yarumo, carambola and cat's claw on soils  
of Macedonia, Amazonas..... 17

Ribeiro Junior W. Q., Cordeiro A., de Oliveira S. A., Gerosa Ramos M. L., Freiré Cruz A., Amabile R. F. and Camargo Ziviane A.  
Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on nutritional status  
of malting barley..... 35

Burgos A. M., Cénoz P. J. and Leiva D. O.  
Different plantation frames for an intercropping system of cassava-maize-peanut in the northeast  
of Argentina..... 47

Ormeño D., M. A., Garnica J. C., Terán N. and Rey J. C.  
Evaluation of 16 cassava elite clones with an integrated management practices  
on the panamerican area of Mérida-Zulia states..... 57

Catalano D., Piña-Dumoulin G. J., Marín R., C., Meléndez J. and Thomas T.  
Characterization of growers and the marketing of pineapple in the rural community El Arbolito,  
Valencia municipality, Carabobo state (2007-2009)..... 69

Cairo Cairo P., Dávila Cruz A. Díaz Martín B. and Colás Sánchez A.  
Effects of organic-mineral fertilizers on the physical and chemical properties in a Inceptisol  
of the Central Region of Cuba..... 81

**Technical Note**

Lugo Z., Crozzoli R., Cortéz A., Parra R., Fernández A. and Marquina J.  
Thermal behavior of soil subjected to different solar periods of in Falcón state..... 91

Monasterio P., Pierre F., Tablante J., Maturé W., Ortega R. and Sánchez F.  
A method for estimating the yield in maize plantings..... 97

Montilla R., Ramos F., Piña-Dumoulin G. J. and Cabaña W.  
Insects associated with the Ceylon gooseberry in Maracay, Aragua state, Venezuela..... 103

Instructions to the author..... 113

## Potencial productivo y económico de las plantaciones de hule en el trópico húmedo mexicano

### Productive and economical potential of rubber plantations in the mexican humid tropics

Georgel Moctezuma López\*, Elías Ortiz Cervantes, José A. Espinosa García, Jesús Uresti Gil, Alejandra Vélez Izquierdo, José L. Jolalpa Barrera, Sergio F. Góngora González y Héctor D. Inurreta Aguirre

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) \*Correo electrónico: moctezuma.georgel@inifap.gob.mx

#### RESUMEN

El hule natural o caucho se obtiene de las plantaciones forestales de *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., siendo una opción para los productores forestales porque puede generar utilidades, ya que existe una demanda insatisfecha de este producto a nivel nacional e internacional; por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue, identificar el potencial productivo, y determinar la rentabilidad de las plantaciones de hule en México. Se integró información agroclimática para estimar rendimientos potenciales en base a un paquete tecnológico, además de los indicadores financieros, aplicando la metodología de evaluación de proyectos agroforestales a largo plazo. Los resultados obtenidos muestran que la superficie potencial para establecer plantaciones de hule asciende a 57430 hectáreas en zonas de los estados de Campeche, Chiapas y Oaxaca. Los indicadores de rentabilidad estimados para estos estados resultaron positivos, con una relación beneficio/costo (RB/C) de 1,2 a 1,9; valor actual neto (VAN) de 73147 a 209349 y tasa interna de retorno (TIR) de 20 a 28%, concluyendo que existe potencial productivo y económico para incrementar la producción de hule en México.

**Palabras clave:** *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., indicadores financieros, rendimientos potenciales, modelo de simulación, México.

#### ABSTRACT

Natural rubber is obtained from tree plantations of *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., being an option for forest producers because they could generate profits, however there is a unsatisfied demand for this product at the national and international market level. Therefore the objective of the study was to identify and determine the productive potential profitability or rubber plantations in México. Agro climatic information, to estimate potential yield based on a technological package was integrated, financial indicators were also estimated using the methodology of evaluation to long-term agro forestry projects. The results showed that the potential areas for rubber plantations amounted to 57430 hectares in the states of Campeche, Chiapas and Oaxaca, and an estimated profitability indicators for these states were positive (RB/C) from 1.2 to 1.9; \$ 73 147 to \$ 209 349 net present value (NPV) and internal rate of return (IRR) of 20 to 28%; therefore, it is concluded that there is productive and economic potential to increase rubber production in México.

**Key words:** *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., financial indicators, potential yield, simulation models, México.

## INTRODUCCIÓN

El árbol del hule, *Hevea brasiliensis*, originario de la cuenca baja del Río Amazonas en Brasil, es una planta tropical con un largo período pre productivo de 6 a 7 años y una vida productiva que alcanza entre 30 a 40 años (Ortiz, 2011a y Picón *et al.*, 1997). Posteriormente fue introducido a otros países tropicales del mundo como: Indonesia, Sri Lanka (antes Ceilán), Tailandia y Malasia (Aceves *et al.*, 2008).

En México, el cultivo del hule se remonta a 1882, cuando las compañías holandesas e inglesas establecieron las primeras plantaciones en los municipios de Tezonapa (Veracruz); Tuxtepec, Ojitlán y Santa María Chimalapa (Oaxaca); y en la Hacienda Zanjón Seco en Chiapas. Durante el período 1895 a 1910 se establecieron 2000 hectáreas en la hacienda “El Corte” y 500 hectáreas en “La Esmeralda”, localizadas en la zona ístmica de Veracruz y Oaxaca (Izquierdo *et al.*, 2011).

En la década de los cuarenta, la Secretaría de Agricultura y Ganadería localizó las áreas con mayor potencial para el cultivo, en las que destacó el Valle de Tezonapa en el estado de Veracruz (Ortiz, 2011b).

De acuerdo a estimaciones de Vijayakumar (2011), en México existen aproximadamente 4855 productores de cultivo de hule en cuatro estados del trópico húmedo (Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas), en su mayoría con superficies pequeñas y niveles de producción bajos, debido a que no se utilizan paquetes tecnológicos con mayores rendimientos.

Del cultivo de hule se cosecha el caucho, materia prima para la producción de látex, producto con importancia económica relevante por generar una gran cantidad de subproductos, de los cuales sobresalen llantas y cámaras, además de otros usos industriales tales como: bandas transportadoras, mangueras, cojinetes, soportes y empaques; en la industria médica para la elaboración de guantes de cirugía, hilo y preservativos; en la industria del calzado para forros, suelas y tacones o bien en la industria de la diversión para la fabricación de globos (Aguirre, 1996). En este sentido, el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP, 2013) cita que se obtienen entre 40 y 50 mil artículos del hule. Así mismo, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

(INEGI, 2012) en su encuesta mensual de la industria manufacturera, señala que el valor de la producción de artículos de hule en el mes de diciembre del 2011, alcanzó la cifra de 2351,8 millones de pesos mexicanos.

En México existe una fuerte demanda de hule natural sin que a la fecha sea cubierta; no obstante, se cuenta con condiciones agroecológicas propicias para su producción, principalmente en regiones tropicales. Por ello, el Gobierno Federal apoya este cultivo a través del Programa Trópico Húmedo (PTH) con el que se busca incrementar su superficie y producción, bajo la premisa de que el trópico húmedo y sub-húmedo presenta un potencial con amplias posibilidades de desarrollo de mercados nacionales e internacionales, con base en productos propios del clima cálido y precipitaciones pluviales altas y medias (SAGARPA, 2011); sin embargo, se desconoce cuál es el potencial productivo y económico de este cultivo.

Realizar un análisis de la viabilidad técnica y económica de una actividad, genera información de gran utilidad para los tomadores de decisión, así como para los productores. Al respecto, Barrera *et al.* (2011) realizaron un estudio sobre rentabilidad de la vainilla y Sierra *et al.* (2013) otro estudio similar con la *Passiflora*, en los que se generan recomendaciones de índole técnico-económico para impulsar estos cultivos. Además, este análisis se fortalece si se combina con información de paquetes tecnológicos disponibles sobre datos agroclimáticos, variables de respuesta, información de mercado, costos de insumos y valor de la producción.

Por tanto, el objetivo del presente estudio fue identificar el potencial productivo y económico de las plantaciones de hule a nivel de Unidad de Respuesta Hidrológica (URH), por cuenca y por estado, con base en los rendimientos medios por hectárea y a la relación beneficio/costo (RB/C) en la región del trópico húmedo mexicano, como apoyo a la toma de decisiones para incrementar la superficie y competitividad de las plantaciones de hule natural.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se estimó el rendimiento potencial y los indicadores tecnológicos con base en el paquete tecnológico generado por el Instituto Nacional



de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), según Ortiz (2011a) y Ortiz (2011b).

### **Potencial productivo de las plantaciones de hule**

Se simuló y cartografió a nivel de URH, cuenca y estado, el rendimiento potencial de biomasa total aérea y cantidad de látex en 9 estados del sur-sureste de México: Campeche, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Guerrero, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán. Tal simulación se llevó a cabo utilizando el Soil and Water Assessment Tool (ArcSWAT 2009.93.7b), el cual es un modelo matemático capaz de estimar el rendimiento potencial de distintos cultivos utilizando información topográfica, climática, edafológica, de uso actual de suelo, fisiología de los cultivos y paquete tecnológico. El SWAT es espacialmente explícito gracias a una extensión (ArcSWAT) que trabaja con el sistema de información geográfica ArcGIS 9.3. (ESRI, ArcMap 9.3).

El modelo de estimación de los rendimientos se compone de ocho parámetros principales, cada uno de ellos integra a las principales variables relacionadas con el agua, suelo, crecimiento de plantas y manejo. Los parámetros son: a) clima, b) hidrología, c) nutrientes y pesticidas en el suelo, d) erosión del suelo, e) crecimiento de plantas y cobertura del suelo, f) prácticas de manejo, g) procesos en el canal principal de drenaje, y h) cuerpos (almacenamiento) de agua.

Las variables incorporadas al parámetro clima fueron 18, destacándose: temperaturas, vientos, precipitación pluvial y humedad relativa. Las más significativas del parámetro hidrología fueron 16, siendo las más importantes: volumen de escurrimiento superficial, evapotranspiración, niveles freáticos y acuíferos subterráneos.

Para el caso de nutrientes y pesticidas del suelo, fueron 20 las variables que se tomaron en cuenta, considerando como principales el nitrógeno en el suelo, el fósforo y su ciclo, los pesticidas y las bacterias. En el caso de la erosión del suelo, se contemplaron 20 variables, siendo las principales: sedimentos en el escurrimiento superficial; transporte de nutrimentos; pesticidas y bacterias; y calidad del agua.

Las variables del parámetro crecimiento de plantas y cobertura vegetal del suelo fueron 10, entre las que sobresalen: tipo de planta, crecimiento potencial y rendimiento actual o real. Para el caso de prácticas de manejo, se incluyeron 21 variables, siendo las más relevantes: inicio y fin del ciclo de crecimiento, aplicación de fertilizantes y pesticidas, riego y presión de las áreas urbanas. En el parámetro de canal principal de drenaje fueron 14 las variables determinantes, siendo de mayor peso las de enrutamientos de agua y sedimentos. Finalmente, en el parámetro de cuerpos de agua la variable más importante fue la de magnitud.

El software que se utilizó en este procedimiento, además del SWAT, fue el ArcMap 9.3 que pertenece al Sistema de Información Geográfico (SIG) para mapeo digital, y sus relaciones existentes con información espacial geográfica para la toma de decisiones (Beltetón, 2013).

La información topográfica se extrajo a partir de un modelo de elevación digital con celda de 90 m. La información climática se obtuvo a partir de 1145 estaciones meteorológicas uniformemente distribuidas en los 9 estados en estudio. La edafológica se obtuvo del mapa de suelos y 1247 perfiles agrológicos realizados por el INEGI (Uresti *et al.*, 2012a). Los datos de uso actual del suelo también se obtuvieron del INEGI (Uresti *et al.*, 2012b). Se accedió a la información sobre la fisiología del cultivo a partir de revisión bibliográfica (Ojien *et al.*, 2010 y Díaz *et al.*, 2008) y entrevistas directas a expertos en plantaciones de hule. Finalmente, se integró la información del paquete tecnológico para la obtención de altos rendimientos (Ortiz, 2011a y Ortiz, 2011b).

### **Potencial económico de las plantaciones de hule**

Se estimaron los costos e ingresos a nivel de URH del paquete tecnológico del cultivo del hule (Ortiz, 2011a y Ortiz, 2011b) que incluye el horizonte del cultivo de 30 años, lo cual permitió identificar los costos de establecimiento y de producción, así como los rendimientos por hectárea para estimar el ingreso total, aplicando las siguientes funciones:

$$FP = \left( \sum_{i=6}^{n=30} PI \right) + Pm_{30}$$

Donde:

FP = Función de Producción.

PI = Producción de látex del año 6 al 30.

Pm = Producción de madera en el año 30.

$$FI = \left( \sum_{i=6}^{n=30} Pxl * Qi + Pxg * Qg \right) + Pxm * Qm_{30}$$

Donde:

FI: Función de Ingreso.

Pxl = Precio del látex del año 6 al 30.

Qi = Cantidad de látex del año 6 al 30.

Pxg = Precio de greña del año 6 al 30.

Qg = Cantidad de greña del año 6 al 30.

Pxm = Precio de madera en el año 30.

Qm = Cantidad de madera en el año 30.

$$FC = TCI_1 + \left( \sum_{i=1}^{n=30} CFP + CVP \right)$$

Donde:

FC = Función de Costos.

TCI = Total de Costo de Inversión en el año 1.

CFP = Costo Fijo de Producción del año 1 al año 30.

CVP = Costo Variable de Producción del año 1 al año 30.

Una vez que se contó con esta información y mediante la aplicación de la metodología de evaluación de proyectos de tipo agrícola a largo plazo (Gittinger, 1982; Coss, 1984) se estimaron los indicadores de rentabilidad: relación beneficio/costo (RB/C), valor actual neto (VAN) y tasa interna de retorno (TIR), cuyas expresiones matemáticas se presentan a continuación (Gómez, 1976; Moctezuma, 1977):

$$RB/C = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{FI}{(1+i)^n}}{\sum_{i=1}^n \frac{FC}{(1+i)^n}}$$

$$VAN = \sum_{i=1}^n \frac{FI-FC}{(1+i)^n}$$

$$TIR = \sum_{i=1}^n \frac{FI - FC}{(1+i)^n} = 0$$

En razón de que los costos de establecimiento, producción e ingresos corresponden al período de vida del proyecto, se llevaron a valor presente aplicando un factor de actualización de 9,5% (González y Wood, 2006).

### Análisis de sensibilidad

Para realizar el análisis de sensibilidad, se consideró el manejo de tres situaciones: 1) decremento de los ingresos en un 10% a causa de un cambio en los precios internacionales y que afectan de manera directa a los precios de los mercados nacionales; 2) incremento en los costos variables de producción en un 5% a causa de un incremento general de precios de acuerdo a la tendencia de la inflación a nivel nacional y 3) la combinación de las dos situaciones anteriores, considerándose el caso más crítico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales componentes del paquete tecnológico considerados para estimar los rendimientos son: el árbol del hule se propaga vegetativamente en forma comercial por injerto de yema; usando patrones provenientes de semillas se injertan con varetas de clones mejorados, cultivados en jardines de multiplicación. Se prepara el terreno eliminando la maleza o vegetación, el trazo de la plantación se realiza a 6 m entre líneas y 3 m entre plantas, con una densidad de 556 plantas.ha<sup>-1</sup>. Se utiliza una cobrera de kudzu tropical (*Pueraria phaseoloides*), la cual se siembra durante el primer año usando de 4 a 6 kg de semilla.ha<sup>-1</sup>.

El control manual de la maleza se efectúa cada dos meses, mediante el uso de machete y azadón.

Después del segundo año de plantación, cuando los tallos de las plantas tienen un diámetro de 4 a 5 cm y su corteza está lignificada (café oscuro) a una altura de 30 cm del suelo, es posible realizar la aplicación de herbicidas. Se requiere eliminar cada 15 días los brotes procedentes del pie franco, para favorecer el crecimiento del brote clonal y realizar podas de formación cada mes durante los primeros tres años, para propiciar que la planta desarrolle un fuste recto, uniforme y sin ramificaciones.

Durante el establecimiento se fertiliza aplicando 50 g por planta con la fórmula 16-16-16 y posteriormente se realizan dos fertilizaciones anuales (junio y diciembre). Al segundo, se aplican 200 g por planta en las dos aplicaciones y se aumentan 100 gramos anuales hasta el quinto año de la plantación.

Las principales plagas que se presentan en el hule son la tuza, las arrieras, el gusano del cuerno, los trips, los pulgones y la araña roja. Las principales enfermedades del hule son la mancha sudamericana de la hoja, la antracnosis foliar, mancha por *Corynespora*, enfermedad rosada, muerte descendente y pudrimiento mohoso.

De acuerdo al consumo de corteza recomendado y considerando realizar de 100 a 120 picas por hectárea, se consumirían de 20 a 25 cm de corteza anual. La corteza virgen se consume en 10 años, la primera corteza regenerada

en 10 años y la segunda corteza regenerada en 10 años más, para sumar 30 años de vida productiva.

### Potencial productivo

La estimación del potencial productivo se basó en los parámetros que se presentan en el Cuadro 1 y en la Figura 1, donde se observa que los rendimientos óptimos de éstas plantaciones se presentan en las regiones con alturas menores a los 400 m.s.n.m. y precipitaciones pluviales superiores a los 2000 mm.

Como se muestra en la Figura 1, los estados que están frente al Golfo de México, en términos generales, presentan potencialidades más altas que los ubicados sobre el Océano Pacífico, y en particular los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, en los cuales predominan las superficies con rendimiento medio entre 1,6 y 2,0 t.ha<sup>-1</sup> de látex. Para rendimientos mayores a 2,0 y hasta 3,5 t.ha<sup>-1</sup>, las zonas son más pequeñas y dispersas.

Los resultados mostrados en la Figura 1 indican que México tiene potencial para establecer plantaciones de hule (*Hevea brasiliensis*), coincidiendo los datos con lo reportado por Vijayakumar (2011) de 413000 ha, y por el INCA Rural (2012) quienes señalan que la superficie con potencial productivo alto es de 350400 ha.

Si bien, existe potencial para producir hule en México, el área que le permitiría competir con los grandes productores mundiales es aquella con rendimientos superiores a 2,4 t.ha<sup>-1</sup> de látex,

Cuadro 1. Parámetros fisiológicos para estimar rendimientos del hule con el modelo SWAT.

Parámetro	Unidad	Valor
Temperatura óptima	°C	26 - 28
Altura mínima sobre el nivel del mar	m	50
Altura máxima sobre el nivel del mar	m	400
Precipitación pluvial	mm	2000 - 3500
Pendiente	%	Máximo 12
pH	0 - 14	4,0 - 5,9
Vientos	km/h	Máximo 90

Fuente: Uresti *et al.*, 2012b.

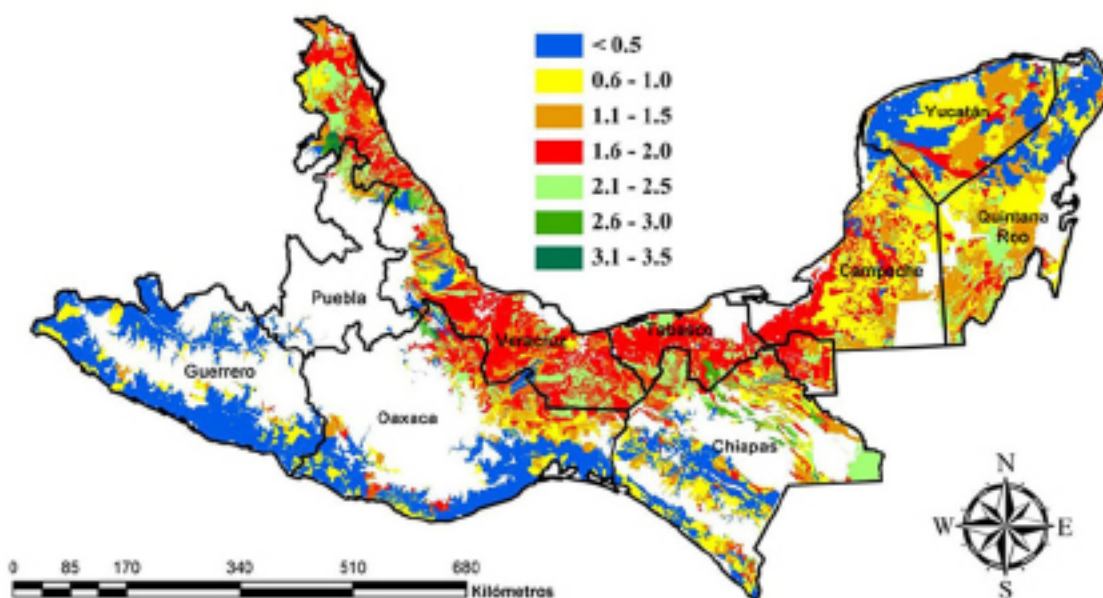


Figura 1. Potencial productivo ( $t \cdot ha^{-1}$ ) de plantaciones de hule en el Trópico de México, con base en los parámetros fisiológicos del Cuadro 1.

que de acuerdo a los resultados obtenidos son apenas 57430 ha que se ubican en tres regiones (Figura 2): 1) Norte de Oaxaca, en los límites de los estados de Puebla y Veracruz, en la región que se conoce como Papaloapan y en particular los municipios de Acatlán y Cosolapa; 2) Este de Chiapas en los municipios de Ocosingo y Las Margaritas; y 3) Noreste de Campeche en el municipio de Calakmul.

Si esta superficie fuera aprovechada con plantaciones de *Hevea brasiliensis*, el incremento de las áreas forestales industriales sería de más del 100%, dado que la superficie actual es de 26231 ha (SIAP, 2013); pero lo más importante es que se incrementaría la producción actual en 2,3 veces, al pasar de 47639 t (SIAP, 2013) a 141613 t, con lo cual se cubriría la demanda nacional.

### Potencial económico

El análisis económico que se realizó, permitió estimar los indicadores de RB/C, VAN y TIR, con base en el paquete tecnológico que se utilizó para estimar los rendimientos presentados en el apartado anterior (Cuadro 2). Los indicadores financieros estimados son favorables en sus dos acepciones y es claro que, en la opción de considerar el ingreso de la madera, los

beneficios se incrementan y el flujo actualizado se vuelve más grande.

La RB/C en un promedio de 1,5 resulta atractiva, ya que, por la corriente de beneficios actualizados durante el período de análisis *versus* la corriente de costos actualizados, significa que, por cada peso asignado al proyecto, se van a tener 0,50 pesos. El VAN como una medida absoluta que recoge al final del período la cantidad de dinero de forma positiva o negativa para el caso de las plantaciones de caucho con el paquete tecnológico, resultó positiva en ambos escenarios, por encima de los 129 mil pesos. La TIR, que es la tasa que iguala a cero la corriente de flujos actualizados (costos y beneficios), también resultó por encima de la tasa de referencia (9,5) en 16,5 puntos, lo cual indica una rentabilidad atractiva para el productor de hule que aplique el paquete tecnológico.

Para el análisis de sensibilidad, donde se determinó el manejo de tres situaciones, la opción más severa se presentó cuando se hizo la combinación de un 10% en la reducción de ingresos, a los cuales se adicionó un incremento del 5% de los costos variables; bajo ésta situación, la rentabilidad aún resulta positiva como lo muestran los tres indicadores de

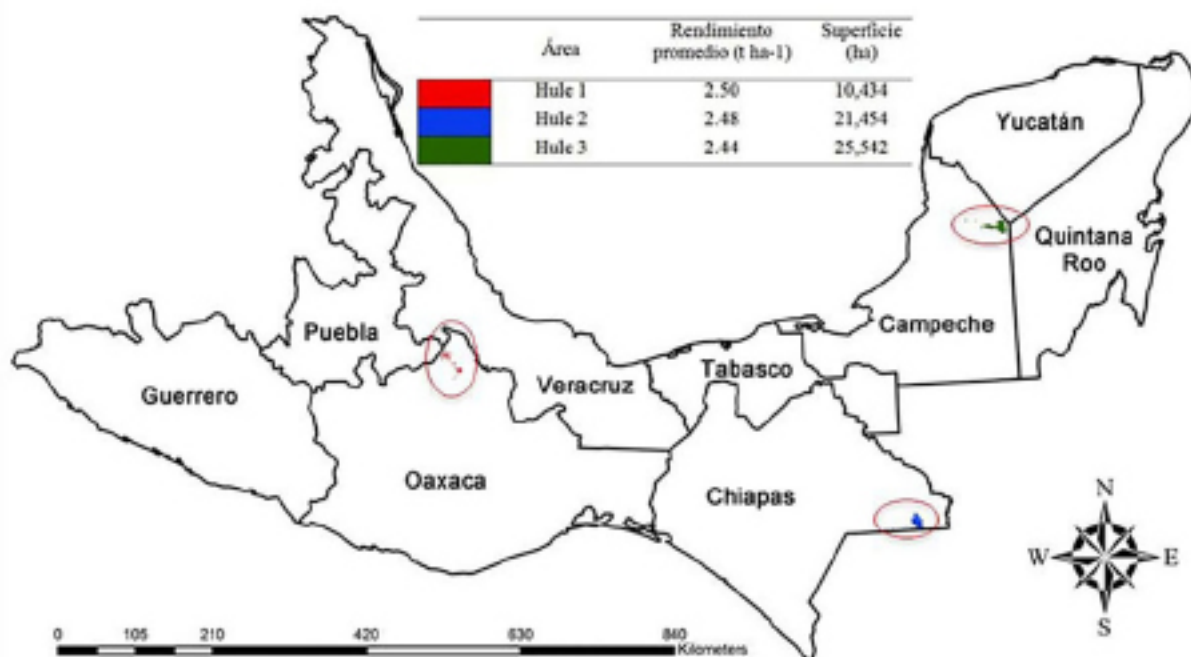


Figura 2. Áreas con alto potencial de rendimiento medio de látex por hectárea de hule en México, con base en los parámetros del Cuadro 1.

Cuadro 2. Indicadores de rentabilidad de una plantación de hule en México.

Opción	RB/C	VAN	TIR
Sin considerar el ingreso de la madera	1,4	\$ 129433	26%
Al considerar el ingreso de la madera	1,6	\$ 179433	26%

evaluación de proyectos, aunque con los valores más bajos de las tres opciones (Cuadro 3).

Con base en los resultados anteriores se procedió a calcular los indicadores de las tres áreas geográficas consideradas como de alto potencial para las plantaciones de *Hevea brasiliensis*, como se muestra en el Cuadro 4.

En las tres localidades evaluadas los indicadores resultaron positivos; aunque muy parecidos, se presentan ligeras variaciones, resultando la TIR igual en los tres sitios, siendo los mejores rendimientos los obtenidos en el norte de Oaxaca.

La interpretación de los indicadores de rentabilidad, de acuerdo a la metodología de evaluación de proyectos agrícolas y forestales a largo plazo que sirven como orientadores en la toma de decisiones, se muestra en el Cuadro 5.

En una evaluación similar realizada en la Amazonía del Perú (Álvarez y Ríos, 2009), se encontró que, en cuatro localidades, la rentabilidad del jebe (denominación del hule en Perú), medida por medio del indicador precio de venta/costo unitario fue favorable, ya que sus cifras oscilaron entre 0,24 y 0,41%. De igual manera Cruz *et al.* (2013) en un estudio de viabilidad de policultivos, entre ellos el hule en Huehuetán (Chiapas), obtuvieron indicadores de RB/C que oscilaron entre 1,89 y 2,59. La Asociación de Reforestadores y Cultivadores de Caucho del Caquetá (ASOHECA, 2009), en su ficha técnica, describe la producción del caucho en Colombia y reporta indicadores de rentabilidad de 1,5 en la RB/C y del 22,4% en la TIR. En otros cultivos, como la vainilla, Barrera *et al.* (2011) encontraron que en la región de Totonapan (Puebla - Veracruz), la rentabilidad

Cuadro 3. Indicadores de rentabilidad bajo tres escenarios de sensibilidad de las plantaciones de *Hevea brasiliensis*.

Indicador	Situación 1 < 10% del ingreso	Situación 2 > 5% de los costos variables	Situación 3 < 10% del ingreso y > 5% de costos variables
RB/C	1,3	1,3	1,2
VAN	86714	115866	73147
TIR (%)	22	25	20

RB/C: relación beneficio/costo, VAN: valor actual neto y TIR: tasa interna de retorno.

Cuadro 4. Indicadores de rentabilidad en tres áreas de alto potencial para plantaciones de *Hevea brasiliensis*.

Indicador	Áreas geográficas		
	Norte Oaxaca	Este Chiapas	Noreste Campeche
RB/C	1,90	1,88	1,86
VAN	209349	205980	199243
TIR (%)	28	28	28
Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	2,50	2,48	2,44

RB/C: relación beneficio/costo, VAN: valor actual neto y TIR: tasa interna de retorno.

Cuadro 5. Condensado de indicadores de rentabilidad de plantaciones de *Hevea brasiliensis*. Condición y decisión para ser aceptados o rechazados.

Indicador	Condición	Indicadores (mínimo y máximo)	Regla de decisión
RB/C	$\geq 1,0$	De 1,2 a 1,9	Se acepta
VAN	$\geq 0$	De 73147 a 209349	Se acepta
TIR (%)	$\geq$ que la tasa de actualización	De 20 a 28	Se acepta

RB/C: relación beneficio/costo, VAN: valor actual neto y TIR: tasa interna de retorno.  
Fuente: Adaptado de De la Vega *et al.*, 2012.

de las plantaciones fue del 14% y en Colombia, Sierra *et al.* (2013), al trabajar con plantaciones de maracuyá, su TIR alcanzó el 47%.

En cuanto a la determinación de potenciales productivos en Argentina, Tacchini y Tacchini (2012) encontraron que para las plantaciones de cerezo, mediante el uso de variables climáticas similares a las utilizadas por el SWAT, fue posible realizar un cálculo probabilístico para determinar el potencial por alcanzar en la producción de cerezas en la región de Mendoza y bajo este esquema estimar los ingresos para el productor.

Por su parte, Rivera *et al.* (2012) trabajaron en el rendimiento potencial de la yuca en el estado de Tabasco, mediante las variables: clima, suelo, temperatura, precipitación pluvial, altitud, fotoperíodo y período de crecimiento, localizando 171121 ha potenciales en Huimanguillo, 70386 en Balancán y 41337 en Macuspana.

## CONCLUSIONES

La combinación de información agroclimática, productiva y económica permitió ubicar regiones

con rendimientos de hule competitivos con tasas de rentabilidad mayores al costo de oportunidad del capital, lo que les confiere un alto potencial para establecer plantaciones de hule en el trópico húmedo mexicano, incrementando la superficie cultivada hasta en un 100% y la producción en 230%, pudiendo cubrir la demanda nacional, con nivel de rentabilidad de 26% de TIR.

Por ello, se recomienda utilizar la presente información para el diseño de políticas tendientes a reactivar la producción de este cultivo, logrando con ello la autosuficiencia y, a su vez aprovechar las oportunidades que actualmente ofrece el mercado internacional, propiciado por el incremento del consumo de caucho, látex y hule natural.

De acuerdo al estudio de sensibilidad realizado, establecer el cultivo del hule en zonas con alto potencial garantiza la rentabilidad, a pesar de que el precio del látex disminuyera un 10%, o los costos de producción se incrementaran un 5%.

### AGRADECIMIENTO

Por el financiamiento, al Fideicomiso de Riesgo Compartido y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FIRCO-SAGARPA).

### LITERATURA CITADA

Aceves, N. L. A., J. F. Juárez L., D. J. Palma L., R. López L., B. Rivera H., J. A. Rincón R. y A. M. Morales C. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del Hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) en el estado de Tabasco. Tomo VIII. Gobierno del estado de Tabasco-SAGARPA-INIFAP-CP. México. 32 p.

Aguirre R., C. E. 1996. Manual para el cultivo del Hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.). INIFAP-Consejo Mexicano del Hule, A. C. México. 172 p.

Álvarez, G. L. y S. Ríos T. 2009. Evaluación económica del Jefe Silvestre (*Hevea brasiliensis*) en Madre de Dios. Serie Avances Económicos No. 2. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú. 46 p.

ASOHECA (Asociación de Reforestadores y Cultivadores del Caucho de Caquetá). 2009. Ficha técnica: Trabajos preliminares al establecimiento de plantaciones - Estudios de factibilidad del proyecto - Estudio de preinversión. Colombia. 9 p.

Barrera R., A. I., J. L. Jaramillo V., J. S. Escobedo G. y B. E. Herrera C. 2011. Rentabilidad y competitividad de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* J.). Agrociencia. 45:625-638.

Beltetón, M. 2013. Curso de Arc View 8.0 x ArcMap. GIS by ESRI. 34 p.

Coss, B. R. 1984. Análisis y evaluación de proyectos de inversión. Editorial LIMUSA. México, D. F. 348 p.

Cruz, G. B., R. Jarquín G. y H. M. Ramírez T. 2013. Viabilidad Ambiental y Económica de Policultivos de hule, café y cacao. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Chapingo, Edo. de Méx. México. 4(1):49-61.

De la Vega, M. A., D. M. Sangerman J., J. A. García S., A. Navarro B., M. A. Damián H. y R. Schwentesius R. 2012. Evaluación financiera de la reserva cinegética Santa Ana. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Chapingo, Edo. de Méx. México. 3(5):1023-1038.

Díaz C., G. H., C. González de M. and J. Martínez V. 2008. Three layer coffee plantation model. Acta Horticulturae. 802:319-324.

Gittinger, J. P. 1982. Análisis económico de proyectos agrícolas. Editorial Tecnos. Madrid España. 241 p.

Gómez O., M. 1976. Estudio para la Instalación de un aserradero en "Torance", Topia, estado de Durango. Tesis Ingeniero Agrónomo en Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 144 p.

González E. A. y S. Wood. 2006. Impactos económicos de tecnologías para el campo mexicano. INIFAP-SAGARPA. Libro Científico No. 1. México. 411 p.

INCA Rural (Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural).



2012. Manual de inversión extranjera en cultivos estratégicos del Trópico Húmedo. SAGARPA-IICA-FIRCO. México. 124 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2012. Encuesta mensual de la industria manufacturera (EMIM). México. 603 p.
- Izquierdo B. H., M. Domínguez D., P. Martínez Z., A. Velázquez M. y V. Córdova A. 2011. Problemática en los procesos de producción de las plantaciones de (*Hule Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) en Tabasco, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. pp. 513-524.
- Moctezuma L., G. 1977. Evaluación económica de diez años (1967-1976) del Plan Puebla. Tesis de maestría en Ciencias. Economía Agrícola. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. de Méx. 149 p.
- Ojien V., M. Dausat J., J. M. Harmand, G. Lawson and P. Vaast. 2010. Coffee agroforestry system in Central America: II. Development of a simple process-based model and preliminary result. *Agroforestry System*. 80:661-378.
- Ortiz H., E. 2011a. Paquete Tecnológico del Hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg). Establecimiento y mantenimiento preoperativo. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur - Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. SAGARPA-INIFAP. Tezonapa, Veracruz. México. 20 p.
- Ortiz H., E. 2011b. Paquete Tecnológico del Hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg). Producción de planta. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur - Sureste de México: Trópico Húmedo 2011. SAGARPA-INIFAP. Tezonapa, Veracruz. México. 14 p.
- Picón R., L., E. Ortiz C. y J. M. Hernández C. 1997. Manual para el cultivo del hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg.) SAGARPA-INIFAP-Consejo Mexicano del Hule, A. C. México. 103 p.
- Rivera, H. B., L. A. Aceves N., J. F. Juárez L., D. J. Palma L., R. González M. y V. González J. 2012. Zonificación agroecológica y estimación del rendimiento potencial del cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el estado de Tabasco, México. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 16(1):29-47.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Trópico Húmedo, Programa Estratégico para el Desarrollo Sustentable de la Región Sur - Sureste de México. México, D.F. 56 p.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). 2013. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Bases de Datos 1990 - 2012, México. Disponible en línea: <http://www.gob.mx/siap/> [Feb. 14, 2014].
- Sierra C., J. C., C. Gómez R., E. E. Sánchez B. y M. Pinilla R. 2013. Viabilidad financiera para la producción y exportación de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) Hacia el mercado español. *Economía y Desarrollo Rural*. Corpoica: Ciencia Tecnología y Agropecuaria. 14(1):17-26.
- Tacchini, J. y F. Tacchini. 2012. Producción de cerezo en Mendoza: viabilidad técnico-económica, basada en un modelo de simulación. *Rev. UNCuyo*. Argentina. 4(2):241-253.
- Uresti, G. J., R. J. López E. y H. D. Inurreta A. 2012a. Avances del Proyecto SWAT. INIFAP-SAGARPA. Veracruz, México. 28 p.
- Uresti G. J., R. J. López E., D. Uresti D. y H. D. Inurreta A. 2012b. Bases de Datos del Proyecto SWAT. INIFAP-SAGARPA. Veracruz, México. 15 p.
- Vijayakumar, K. R. 2011. La Industria mexicana del Hule natural. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Programa Estratégico para el Desarrollo Sustentable de la Región Sur - Sureste de México: Trópico Húmedo. IICA. México. 36 p.



## Micorrizas arbusculares asociadas con yarumo, carambolo y uña de gato en suelos de Macedonia, Amazonas

### Arbuscular mycorrhizae associated with yarumo, carambola and cat's claw on soils of Macedonia, Amazonas

Lina Paola Garzón Garzón

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: lina.garzong@hotmail.com

#### RESUMEN

La Amazonía colombiana se caracteriza por presentar suelos con baja fertilidad y alta acidez; esto ha hecho que las micorrizas tengan una relación obligada para el crecimiento de poblaciones vegetales, convirtiéndolas en una herramienta útil para la agricultura sostenible. Debido a esto, se analizó la presencia de micorrizas arbusculares asociadas con las plantas medicinales de yarumo, carambolo y uña de gato en el Resguardo Indígena de Macedonia, Amazonas. A partir de la recolección de 34 muestras, se llevaron a cabo técnicas para la extracción de esporas y su posterior clasificación morfológica, así como para la tinción de raíces y la medición de la colonización micorrízica. De forma simultánea, se realizaron pruebas fisicoquímicas para determinar el fósforo disponible y pH. En el territorio se determinaron cuatro unidades cartográficas (LBd, Lac, LLb y LMa), con suelos de tipo Ultisol, Inceptisol, Oxisol y Entisol. La mayor abundancia de esporas se encontró en el yarumo (668), seguido de la uña de gato (504) y el carambolo (477), en donde se destacaron los morfotipos de los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Entrophospora* y *Archaeospora*. Todas las raíces de las plantas evaluadas reportaron una colonización promedio que osciló entre 34 y 45%, con un mayor porcentaje de colonización de vesículas en comparación con el de arbusculos. Se determinó que hay una relación inversa entre porcentaje de colonización micorrízica y fósforo disponible para las tres plantas medicinales, con una correlación media en las muestras de carambolo y una significativa para la uña de gato y el yarumo.

**Palabras clave:** *Cecropia sciadophylla*, *Averrhoa carambola*, *Uncaria tomentosa*, plantas medicinales, suelos agrícolas, bosque tropical.

#### ABSTRACT

Colombian amazon is characterized by low fertility and high acid soils. This fact has caused the powerful relationship between mycorrhizae and vegetal population growth, transforming these microorganisms as a useful tool for sustainable agriculture. For this reason, the presence of arbuscular mycorrhiza in medicinal plants of yarumo, carambola and cat's claw was analyzed at the Indigenous Reservation of Macedonia, Amazonas. Based on the collection of 34 samples, techniques were used for the extraction of spores, morphologic identification, roots staining and mycorrhizal colonization measurements. Simultaneously, physicochemical tests were performed to determine the pH and available phosphorus. In this territory were identified four mapping units of soil (LBd, Lac, LLB and AML) including Ultisol, Inceptisol, Oxisol and Entisol types. The greater abundance of spores found in the yarumo (668), followed by cat's claw (504) and carambola (477) and the main morphotypes were related with taxonomic genera of *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Entrophospora* and *Archaeospora*. All roots of the plants evaluated reported an average colonization between 34 and 45%, with a higher percentage of vesicles colonization compared with arbuscules. An inverse relationship between mycorrhizal colonization percentage and phosphorus available for the three medicinal plants was determined. This indicated an average correlation with carambola samples and a significant correlation for cat's claw and yarumo.

**Key Words:** *Cecropia sciadophylla*, *Averrhoa carambola*, *Uncaria tomentosa*, medicinal plants, agricultural soil, tropical forest.

## INTRODUCCIÓN

Los suelos de la Amazonía colombiana son pobres tanto en materia orgánica como en nutrientes. El fósforo es considerado el elemento limitante para el desarrollo de las plantas, debido a la madurez de estos suelos, en los cuales se encuentran grandes cantidades de óxido de hierro y aluminio que promueven la formación de los fosfatos. Cerca del 70% se encuentra en forma de fosfatos de hierro, los cuales son solubilizados por los microorganismos para liberar fósforo inorgánico y otras formas solubles disponibles para las plantas (Useche *et al.*, 2004).

Por esta condición, las micorrizas han llegado a considerarse relación obligada para el crecimiento de poblaciones vegetales, tanto en condiciones naturales como en agrosistemas, pues contribuyen con el aumento de productividad de los cultivos, la regeneración de comunidades vegetales degradadas y el mantenimiento equilibrado del ecosistema (Guerra, 2008).

Esto ha llevado a contemplarlas como herramienta para la agricultura sostenible, en la medida que se pueda determinar su potencialidad a través del grado de afinidad e incidencia en plantas específicas. Lo anterior es de gran importancia en comunidades amazónicas como el Resguardo Indígena de Macedonia, donde se pretende generar proyectos productivos a partir de las plantas medicinales de *Cecropia sciadophylla* (yarumo), *Averrhoa carambola* (carambolo) y *Uncaria tomentosa* (uña de gato).

Dentro de esta comunidad se han reportado 17 usos medicinales de la uña de gato, 11 usos del carambolo y 10 usos del yarumo, entre los que destaca el tratamiento para el cáncer, la gastritis y el colesterol, respectivamente. Estos reportes fueron comparados con estudios alrededor del mundo que corroboran sus propiedades medicinales (Garzón, 2014).

El objetivo del presente trabajo fue analizar la presencia de micorrizas arbusculares asociadas a plantas medicinales de yarumo, carambolo y uña de gato en Macedonia, Amazonas. Para esto, se evaluó su relación con las características fisicoquímicas del suelo, principalmente las concentraciones de fósforo, a fin de conocer la abundancia de Hongos Formadores de Micorrizas Arbusculares (HFMA), su morfología y el nivel de micorrización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El Resguardo Indígena de Macedonia se encuentra ubicado a 50 km de Leticia, en el Trapecio Amazónico colombiano. Esta comunidad se localiza en la zona de amortiguación del Parque Nacional Natural Amacayacu, aproximadamente entre las coordenadas 03°53'00"S y 70°11'17"W.

### Trabajo de campo

Entre los meses de septiembre y noviembre del año 2013, se llevaron a cabo talleres de cartografía social con la comunidad para ubicar las zonas principales de cada una de las plantas medicinales dentro del resguardo. Se realizaron recorridos en campo y se recolectaron 34 muestras geo-referenciadas de las plantas medicinales (Cuadro 1). De cada muestra se tomaron 300 g de suelo rizosférico y raíces finas fasciculadas a 20 cm de profundidad.

Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas de doble cierre, rotuladas con el código de muestra y refrigeradas a 4 °C. Para su traslado a Bogotá, vía aérea, se colocaron en una caja de icopor con hielo seco hasta su procesamiento en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Adicionalmente, se contó con la información de las unidades cartográficas con sus respectivas propiedades fisicoquímicas, identificadas en el levantamiento de suelos del Amazonas realizado en el año 2003 por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Con base en esta información, se elaboró un mapa que permitió evidenciar los tipos de suelos presentes dentro del Resguardo de Macedonia, empleando el programa ArcGis 10.2.

### Trabajo en el laboratorio

La extracción de las esporas presentes en 2 g de suelo muestreado se realizó a través de la técnica de tamizado húmedo y decantación propuesta por Gerdemann y Nicolson (1963), seguido de la centrifugación en gradiente de sacarosa. Una vez aisladas las esporas, se hizo una clasificación por morfotipo, separando las esporas por características similares de tamaño, forma, color e hifa de sostén, siguiendo el catálogo ilustrado de Peña-Venegas *et al.* (2006).

Cuadro 1. Ubicación y geo-referenciación para las muestras de las plantas medicinales

<b>Planta</b>	<b>Muestra</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Sistema de Coordenadas WGS 1984 (S-OE)</b>	
<b>Carambolo</b>	C1	Barrio San Vicente	-70,2052613	-3,85501847
	C2	Barrio San Vicente	-70,1996135	-3,85478164
	C3	Barrio San Vicente	-70,2042545	-3,85646528
	C4	Barrio San Vicente	-70,2000532	-3,85679508
	C5	Barrio Monserrate	-70,2107609	-3,85611106
	C6	Barrio Monserrate	-70,2111169	-3,85678039
	C7	Barrio Monserrate	-70,2119165	-3,85987708
	C8	Barrio Centro	-70,2124596	-3,86147151
	C9	Barrio Centro	-70,2109779	-3,86082935
	C10	Barrio Centro	-70,2108710	-3,85988969
	C11	Barrio Nuevo	-70,2093435	-3,85398253
	C12	Barrio Internacional	-70,2035806	-3,85927347
	C13	Barrio Guayabal	-70,2141111	-3,85707878
	C14	Chagra	-70,2000056	-3,83918205
<b>Uña de gato</b>	U15	Orilla Quebrada Mata-matá	-70,1733409	-3,82690363
	U16	Orilla Quebrada Mata-matá	-70,1741857	-3,82669183
	U17	Chagra	-70,1781881	-3,83716979
	U18	Chagra	-70,1786206	-3,83850322
	U19	Chagra	-70,2108679	-3,84978979
<b>Yarumo</b>	Y20	Chagra-Mata-matá	-70,1938799	-3,82084488
	Y21	Chagra-Mata-matá	-70,1749911	-3,82667703
	Y22	Quebrada Mata-matá	-70,1739043	-3,82723311
	Y23	Chagra-Mata-matá	-70,1984928	-3,82056063
	Y24	Camino Germán Peña-Mata-matá	-70,1749294	-3,82731575
	Y25	Chagra	-70,1887891	-3,83770729
	Y26	Chagra	-70,1977640	-3,85432128
	Y27	Orilla río Amazonas	-70,2119997	-3,86221434
	Y28	Quebrada Cuyaté	-70,2047778	-3,85883844
	Y29	Colegio Francisco de Orellana	-70,2037260	-3,85799162
	Y30	Chagra	-70,1976303	-3,85430054
	Y31	Chagra	-70,1807018	-3,84159813
	Y32	Chagra	-70,1880833	-3,83698927
	Y33	Chagra	-70,1978304	-3,85070085
	Y34	Chagra	-70,1871916	-3,83616647

La tinción de raíces se llevó a cabo con base en la metodología de Sieverding (1984) y para la colonización micorrízica se empleó la técnica de Trouvelot *et al.* (1986), en donde se hallaron los porcentajes de colonización total, por vesículas y por arbusculos. En el análisis del fósforo disponible se empleó el método Bray II (Bray y Kurtz, 1945) y la acidez del suelo fue determinada a través del método de Zagal y Sadzawka (2007).

### **Análisis estadístico**

A través del programa SPSS (IBM, 2012), se realizaron pruebas no paramétricas de correlación de Spearman y la prueba de varianza de Kruskal-Wallis. Esto se hizo con el fin de establecer la relación de la abundancia de esporas y la colonización micorrízica con las condiciones edáficas del territorio, tales como el contenido de fósforo disponible, el pH y la humedad aprovechable.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Caracterización de los suelos del resguardo**

En el territorio del Resguardo Indígena de Macedonia se determinaron cuatro unidades cartográficas, siendo la más representativa la unidad LBd (Lomerio Loma Fuertemente Inclinado) al abarcar más del 50% del territorio (Figura 1). En menor proporción se hallaron las unidades Lac (Lomerio Loma Moderadamente Inclinado), LLb (Lomerio Mesa Moderadamente Inclinado) y LMa (Lomerio Vallecito Plano).

Asimismo, se encontraron suelos de tipo Ultisol, Inceptisol, Oxisol y Entisol. En general, estos suelos presentan una fertilidad baja o muy baja debido a las condiciones extremas de acidez, bajo contenido de bases intercambiables (magnesio, calcio, sodio y potasio) y baja saturación de bases (IGAC, 2003).

Los suelos tipo Ultisol se encuentran en las unidades cartográficas LAc (ubicados en las ladera de lomas) y LBd. En la primera unidad estos suelos tienen una alta saturación de aluminio, una fertilidad baja y un relieve ligeramente ondulado, que contrasta con una saturación muy alta, una fertilidad muy baja y un relieve fuertemente ondulado de la segunda unidad cartográfica.

Debido a estas condiciones químicas de los suelos amazónicos, en los Inceptisoles la fertilidad es baja (U.C. LAc) o muy baja, comparada con el resto de las unidades cartográficas del resguardo. En las zonas de cultivo de Macedonia, la fertilidad es especialmente baja, debido a que la remoción de la capa vegetal desprotege el suelo, el cual pierde su contenido nutricional por efecto de lluvia y erosión hídrica o por la acumulación de materia orgánica de baja calidad (Martín y Pérez, 2009).

En la Amazonía colombiana el 31% de los suelos corresponden a Oxisoles, seguido de los Ultisoles con un 20%, los cuales poseen una alta evolución pedogenética (Malagón, 2003). Estos suelos se caracterizan por tener una muy baja fertilidad, buen drenaje, humedad alta aprovechable y un pH extremadamente ácido (U.C. LBd) o muy fuertemente ácido (U.C. LLb), lo que determina niveles muy bajos de saturación de bases (menor al 10%) y bases totales (menores a 1 meq/100 g).

Los Entisoles fueron encontrados dentro del resguardo en la Unidad LBb. En este tipo de suelo predominan las texturas muy finas por lo que la humedad aprovechable es alta. De igual forma, el pH se clasifica como muy fuertemente ácido, lo que influye en una alta saturación de aluminio, baja saturación de bases y bajo contenido de bases totales. Las bases se encuentran por debajo de los niveles críticos reportados por el IGAC (2003) y son reemplazadas por moléculas de aluminio, lo que lleva a una baja fertilidad del suelo (Méndez y Bertsch, 2012).

### **Determinación de la abundancia de micorrizas arbusculares**

Las muestras de las plantas medicinales fueron tomadas en zonas correspondientes a las unidades cartográficas LAc y LBd. De estas, el 21% se encontraron en la primera unidad y el 79% en la segunda unidad. Algunas de las características fisicoquímicas de los suelos analizados se resumen en el Cuadro 2.

Se realizaron cuantificaciones del número de esporas presentes en suelo rizosférico, partiendo de dos recuentos de cada muestra de las plantas de carambolo, uña de gato y yarumo. Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis

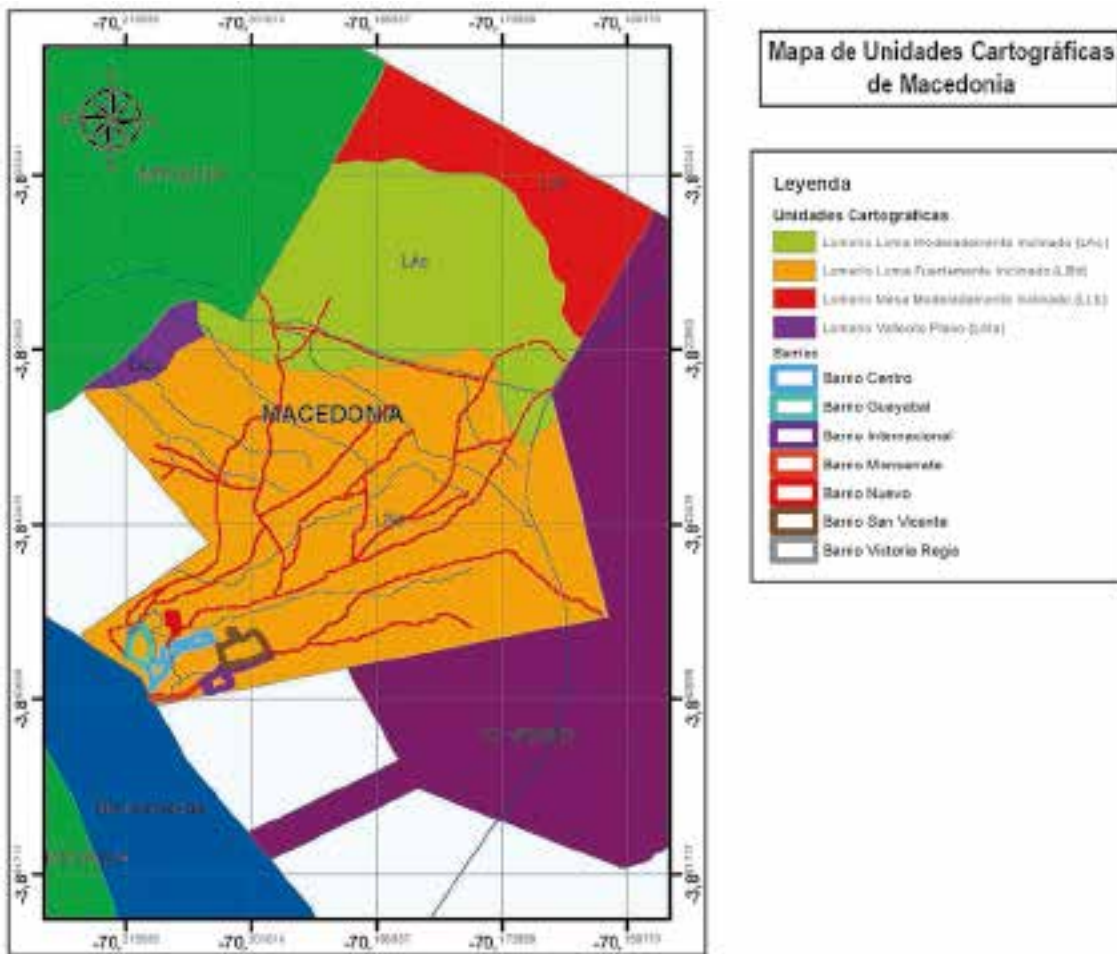


Figura 1. Mapa de unidades cartográficas de Macedonia.

arrojaron una diferencia significativa ( $P=0,001$ ) entre la cantidad promedio de esporas para las tres plantas.

En la Figura 2 se puede observar que el yarumo presentó la mayor abundancia de esporas (668), seguido de la uña de gato (504) y el carambolo (477). Lo anterior indica que todos los suelos rizosféricos aportaron propágulos infectivos de hongos formadores de micorrizas, especialmente los pertenecientes a las muestras de yarumo que se recogieron en su mayoría en la zona de rastrojo y chagras.

Debido a que las muestras fueron tomadas en periodo seco es posible que la esporulación sea mayor, ya que la simbiosis de la planta con el HFMA se encuentra sometida a estrés hídrico. De esta manera, la planta libera metabolitos

secundarios a través de las raíces, las cuales estimulan la producción de esporas (Pérez *et al.*, 2012). El incremento de estos propágulos en el suelo permite que en la temporada de lluvia se pueda reiniciar el proceso simbiótico (Barriga *et al.*, 2011).

En la comunidad de Macedonia el carambolo se siembra en su mayoría en los solares de las casas, donde el espacio y el tiempo de permanencia es limitado por la tala o el daño por plagas como la hormiga arriera. La mayoría de las muestras fueron tomadas en los barrios: Centro, Monserrate, San Vicente e Internacional, donde se concentran de forma contigua las viviendas de la comunidad.

Esta situación conlleva a que la remoción del suelo sea constante para la construcción de

Cuadro 2. Características de los suelos asociados a las plantas medicinales muestreadas.

Planta	Muestra	U.C	Textura	Relieve	Fertilidad	Saturación Aluminio	P disponible (ppm)	pH	Humedad Aprovechable (%)
<b>Carambolo</b>	C1	LBd	FAr	FO	MB	MA	24,48	5,60	17,89
	C2	LBd	FAr	FO	MB	MA	14,97	4,98	17,89
	C3	LBd	FAr	FO	MB	MA	6,52	4,95	17,89
	C4	LBd	FAr	FO	MB	MA	6,89	5,04	17,89
	C5	LBd	FAr	FO	MB	MA	0,01	5,16	17,89
	C6	LBd	FAr	FO	MB	MA	2,83	5,39	17,89
	C7	LBd	FAr	FO	MB	MA	4,48	5,33	17,89
	C8	LBd	Ar	FO	MB	MA	16,54	5,35	17,67
	C9	LBd	Ar	FO	MB	MA	12,14	5,43	17,67
	C10	LBd	Ar	FO	MB	MA	25,96	5,48	17,67
	C11	LBd	Ar	FO	MB	MA	3,33	5,73	17,67
	C12	LBd	FAr	FO	MB	MA	8,68	5,12	17,89
	C13	LBd	FAr	FO	MB	MA	2,12	4,89	17,89
	C14	LBd	FAr	FO	MB	MA	10,66	4,68	17,89
<b>Uña de gato</b>	U15	LAc	F	LO	B	MA	15,99	4,32	11,66
	U16	LAc	F	LO	B	MA	17,09	4,65	11,66
	U17	LBd	FAr	FO	MB	MA	6,24	4,49	17,89
	U18	LBd	FAr	FO	MB	MA	12,61	4,69	17,89
	U19	LBd	FAr	FO	MB	MA	31,5	5,07	17,89
<b>Yarumo</b>	Y20	LAc	F	LO	B	MA	13,54	4,76	11,66
	Y21	LAc	F	LO	B	MA	15,76	4,69	11,66
	Y22	LAc	F	LO	B	MA	15,01	4,80	11,66
	Y23	LAc	F	LO	B	MA	20,57	4,91	11,66
	Y24	LAc	F	LO	B	MA	7,55	4,54	11,66
	Y25	LBd	FAr	FO	MB	MA	6,76	5,20	17,89
	Y26	LBd	FAr	FO	MB	MA	28,84	5,06	17,89
	Y27	LBd	Ar	FO	MB	MA	10,69	6,21	17,67
	Y28	LBd	Ar	FO	MB	MA	38,28	6,35	17,67
	Y29	LBd	Ar	FO	MB	MA	34,58	5,21	17,67
	Y30	LBd	FAr	FO	MB	MA	13,45	5,65	17,89
	Y31	LBd	FAr	FO	MB	MA	4,66	5,05	17,89
	Y32	LBd	FAr	FO	MB	MA	7,04	4,79	17,89
	Y33	LBd	FAr	FO	MB	MA	8,02	4,98	17,89
Y34	LBd	FAr	FO	MB	MA	7,90	4,59	17,89	

F= Franco; FAr = Franco Arcillosa; LO = Ligeramente Ondulado; FO = Fuertemente Ondulado; MB = Muy Bajo; B = Bajo; MA = Muy Alto; A = Alto; U.C= Unidades Cartográficas; P = Fósforo.

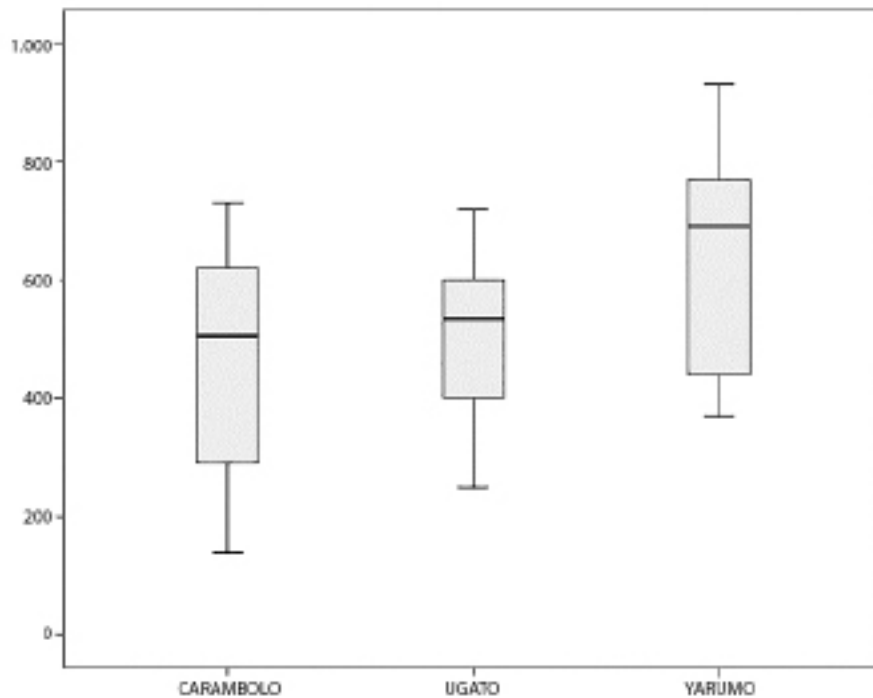


Figura 2. Abundancia de esporas en suelo según la planta medicinal evaluada.

viviendas o por la tala de árboles para la siembra de nuevas especies vegetales. Debido a esto, la red de micelio extraradical que forma el HFMA no tiene el tiempo suficiente para establecerse; y por consiguiente, no se da la posterior formación de propágulos como las esporas (Peña-Venegas y Arias, 2009).

Por otra parte, los valores de abundancia de esporas para la uña de gato oscilaron entre 250 y 720 esporas, siendo la más alta la muestra U15 tomada en selva virgen. De acuerdo con Peña-Venegas *et al.* (2006) el número de esporas puede variar de acuerdo al tipo de cobertura, encontrando que en bosques y rastrojos los valores promedio de esporas son mayores (2000 esporas) que en zonas de chagra (1000 esporas).

Los valores promedio de esporas para el yarumo se encontraron entre 440 y 990 esporas. Las primeras seis muestras corresponden al “yarumo de altura”, el cual se encuentra en la zona de selva virgen de la comunidad. Las restantes corresponden a la zona media (rastrojo y chagra) y al asentamiento de la comunidad, en donde se encuentra el “yarumo de la baja”.

Al igual que con la uña de gato, los resultados indican que hay una tendencia a mayor abundancia de esporas en zonas de rastrojo y bosque que en zonas de chagra y casco rural. León (2006) reportó para muestras de yuca, baja cantidad de esporas en chagras del Trapecio Amazónico (78-320 esporas), siendo mayor el número en chagras de terraza que en chagras de llanura aluvial.

Sumado a esto, Peña-Venegas y Arias (2009) encontraron baja cantidad de esporas en chagras que tenían menos de cuatro meses de establecidas, por lo que concluyeron que una red de micelio de HFMA requiere un tiempo mayor para establecerse y que luego de su formación, es posible que el hongo pueda producir otro tipo de propágulos como las esporas.

Cabe resaltar que varias muestras fueron tomadas en chagras ya establecidas, lo que le permite a las plantas hospederas permanecer más tiempo en el mismo lugar. De esta forma, la colonización de un huésped inicia con una red de micelio extraradical establecida durante varios años y posteriormente, por la germinación de las esporas (Peña-Venegas *et al.*, 2006).

### Determinación de morfotipos

Se realizó la identificación de los morfotipos de las dos réplicas para cada muestra de las plantas medicinales, tomando en cuenta los géneros reportados para la Amazonía colombiana por Peña-Venegas *et al.* (2006) que corresponden a: *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora*, *Entrophospora* y *Archaeospora* (Cuadro 3).

En dos muestras de la planta de yarumo se pudieron encontrar hasta siete morfotipos diferentes de micorrizas arbusculares; por su parte, en una muestra de carambolo se encontró sólo un morfotipo. En la Amazonía, se ha reportado que hay una predominancia de dos a cuatro morfotipos diferentes en donde uno o dos tienden a dominar la muestra (Peña-Venegas *et al.*, 2006).

El 51% de las muestras presentaron morfotipos del género *Glomus*, seguido de *Acaulospora* con un 31%. Contrario a esto, los géneros *Archaeospora* y *Entrophospora* estuvieron en menor proporción en las muestras evaluadas (2 y 3%, respectivamente). Esto coincide con los resultados de Cardona *et al.* (2005) quienes señalan que *Glomus* es el género con mayor distribución en la Amazonía y con una alta tolerancia a la acidez.

En las muestras de la planta del carambolo se encontraron hasta cinco morfotipos diferentes de HFMA, con una predominancia de dos a tres; donde la mayoría de éstos correspondieron al género *Glomus*. De las tres plantas analizadas, el carambolo presentó una mayor afinidad con el género *Acaulospora* (38%) y con *Entrophospora* (5%). Contrariamente, en esta planta no se encontraron morfotipos asociados con el género *Scutellospora*.

Peña-Venegas *et al.* (2007) señalaron que los géneros *Scutellospora* y *Gigaspora* son los menos frecuentes en suelos tropicales húmedos, ya que la textura del suelo es arcillosa. De igual forma, Ruiz y Davey (2005) encontraron que estos géneros son los menos predominantes entre las poblaciones de HFMA en los suelos tipo Ultisol en el Amazonas.

En la uña de gato se encontraron entre dos y cinco morfotipos por muestra, con predominio de cuatro morfotipos. La muestra U15 tomada en selva virgen presentó cinco morfotipos de los

géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora* y *Gigaspora*.

De las tres plantas medicinales, la uña de gato mostró tener mayor afinidad con el género *Gigaspora* (11%) y no presentó ninguna afinidad con *Archaeospora*, pues no se encontraron esporas de este género. Las muestras U17 y U18 tomadas en chagra fueron las únicas que presentaron esporas de *Scutellospora* y *Entrophospora*, respectivamente.

La planta de yarumo fue la que presentó el mayor rango de morfotipos, que oscilaron entre dos y siete. La mayoría de las muestras presentaron cinco morfotipos, seguido de cuatro y seis morfotipos, respectivamente. Es de resaltar que esta planta presentó la mayoría de los géneros reportados por Peña-Venegas *et al.* (2006) para la Amazonía colombiana. Asimismo, de las tres plantas analizadas obtuvo el mayor porcentaje de afinidad con el género *Glomus* (56%), *Scutellospora* (5%) y *Archaeospora* (3%).

Estos resultados son similares a los de Peña-Venegas *et al.* (2007) quienes encontraron en muestras de suelo del Trapecio Amazónico colombiano cinco géneros de micorrizas. De éstos, *Glomus* representa más del 50% de la población, seguido de *Acaulospora* con más del 20%, así como *Archaeospora*, *Gigaspora* y *Scutellospora* con porcentajes menores al 20%.

### Determinaciones en raíces. Colonización micorrízica

El porcentaje total de colonización con micorrizas arbusculares fue determinado a través del porcentaje por vesículas y por arbusculos, para cada una de las muestras de las tres plantas medicinales (Cuadro 4). En éstas se observó una afinidad media por los HFMA, con las vesículas como estructura dominante del hongo. Sumado a lo anterior, se determinaron diferencias significativas entre las tres plantas medicinales para los porcentajes de vesículas y colonización de HFMA.

Todas las raíces de las plantas evaluadas reportaron una colonización promedio que osciló entre 34 y 45%, siendo el yarumo la planta con mayor porcentaje de colonización total con respecto al carambolo (Figura 3). Estas diferencias entre la colonización micorrízica del



Cuadro 3. Morfotipos y géneros reportados de hongos formadores de micorrizas arbusculares.

Planta	Muestra	Morfotipos Submuestra 1	Morfotipos Submuestra 2	Géneros reportados
Carambolo	C1	5	1	<i>Glomus, Acaulospora, Entrophospora, Archeospora</i>
	C2	4	2	<i>Glomus, Acaulospora, Entrophospora</i>
	C3	2	3	<i>Glomus, Acaulospora</i>
	C4	3	3	<i>Glomus, Acaulospora</i>
	C5	2	2	<i>Glomus, Acaulospora</i>
	C6	2	3	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora, Entrophospora</i>
	C7	5	3	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	C8	3	3	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	C9	2	2	<i>Glomus</i>
	C10	3	2	<i>Glomus, Acaulospora</i>
	C11	4	5	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	C12	5	4	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	C13	3	3	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora, Entrophospora</i>
	C14	4	4	<i>Glomus, Acaulospora</i>
Uña de gato	U15	5	4	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	U16	3	4	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	U17	3	4	<i>Glomus, Acaulospora, Scutellospora, Gigaspora</i>
	U18	4	4	<i>Glomus, Acaulospora, Entrophospora</i>
	U19	2	3	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
Yarumo	Y20	4	3	<i>Glomus, Acaulospora</i>
	Y21	5	3	<i>Glomus, Acaulospora</i>
	Y22	4	5	<i>Glomus, Acaulospora, Entrophospora</i>
	Y23	5	6	<i>Glomus, Acaulospora, Entrophospora, Archaeospora</i>
	Y24	4	6	<i>Glomus, Acaulospora, Scutellospora, Gigaspora</i>
	Y25	6	6	<i>Glomus, Acaulospora, Scutellospora, Archaeospora</i>
	Y26	4	6	<i>Glomus, Acaulospora, Scutellospora, Gigaspora</i>
	Y27	5	4	<i>Glomus, Acaulospora, Scutellospora,</i>
	Y28	3	4	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	Y29	4	2	<i>Glomus, Gigaspora, Archaeospora</i>
	Y30	6	7	<i>Glomus, Acaulospora, Scutellospora, Gigaspora</i>
	Y31	5	5	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>
	Y32	7	5	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora, Scutellospora, Archaeospora</i>
	Y33	5	5	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora, Scutellospora</i>
	Y34	6	4	<i>Glomus, Acaulospora, Gigaspora</i>

Cuadro 4. Prueba no paramétrica para variables analizadas en plantas medicinales.

Variables	Carambolo	Uña de gato	Yarumo	Prueba Kruskal-Wallis
Vesículas (%)	30	29	41	0,006*
Arbúsculos (%)	4	6	4	0,127
Colonización (%)	34	35	45	0,013*

\*Diferencias significativas a  $P < 0,05$

yarumo, uña de gato y carambolo es posible que se den en función del tipo de planta y los HFMA que interaccionan (Guerra y Chacón, 2012).

De igual forma, en las tres muestras se presentaron un mayor porcentaje de vesículas en comparación al porcentaje de arbúsculos. El yarumo reportó el mayor porcentaje de vesículas (41%) y la uña de gato el mayor porcentaje de arbúsculos de las tres plantas (6%).

Este bajo porcentaje de arbúsculos es coherente con lo reportado en estudios de micorrizas en suelos de la Amazonía colombiana (Peña-Venegas *et al.*, 2007; Cardona *et al.*, 2008) en donde su presencia es poco frecuente. Asimismo, se ha evidenciado que hay mayor cantidad de arbúsculos en muestras de sistemas agroforestales que en muestras de coberturas naturales (Peña-Venegas *et al.*, 2006).

En la planta de carambolo el porcentaje de colonización total fue heterogéneo puesto que osciló entre 14 y 54%. Las muestras C3, C10 y C12 presentaron una baja colonización micorrízica (24, 14 y 24%, respectivamente) contrario a las muestras C6 y C9 (54 y 42%) que presentaron una colonización media.

Estos resultados fueron inferiores a los reportados por Aristizabal (2008) quien encontró en carambolo una colonización micorrízica entre 50 y 60% en un bosque subtropical de Estados Unidos. Sin embargo, en suelos amazónicos donde hay una pérdida de fertilidad y bajo contenido de fósforo, se disminuye el porcentaje de colonización (Posada *et al.*, 2006).

En las muestras de uña de gato se presentó una actividad micorrízica media entre el 30 y 42% de colonización total. El mayor porcentaje de colonización se encontró en muestras

colectadas en chagra, de la zona centro de la comunidad, en contraposición a las muestras tomadas en selva virgen.

Este resultado es similar a otros estudios (Aguilar-Fernández *et al.*, 2009; Kalinhoff *et al.*, 2009) donde el aumento en la colonización se le atribuye posiblemente a la presencia de cultivos de yuca (*Manihot esculenta*) que es altamente micotrófica en suelos relativamente pobres (León, 2006). No obstante, no se obtuvo una diferencia significativa del porcentaje de arbúsculos entre muestras de chagra y selva virgen, pues los valores se encontraron entre 6 y 4% para todas las muestras.

Por otro lado, en las muestras de la planta del yarumo se encontró una actividad micorrízica heterogénea que va de baja a alta, con valores de colonización total entre 26 y 64%. La muestra Y34 tomada en una chagra, de la zona centro de la comunidad, presentó el mayor porcentaje tanto de vesículas (54%) como de arbúsculos (10%). El porcentaje de arbúsculos se mantuvo entre 2 y 10%, siendo más frecuente una colonización del 4% en las muestras.

Las vesículas son estructuras que contienen sustancias como glicógeno y lípidos que le permiten cumplir una función de reserva para el HFMA (Ruiz *et al.*, 2011) Debido a esto, su alta producción se da en respuesta a factores adversos del suelo propios de la Amazonía, que se pueden presentar en niveles tóxicos para la mayoría de cultivos, como la alta concentración de aluminio y el bajo pH (León, 2006; Roveda y Polo, 2007).

Asimismo, la alta colonización en muestras de yarumo indicó que esta planta tiene alta afinidad a los hongos formadores de micorrizas, por lo que es posible que haga simbiosis con especies

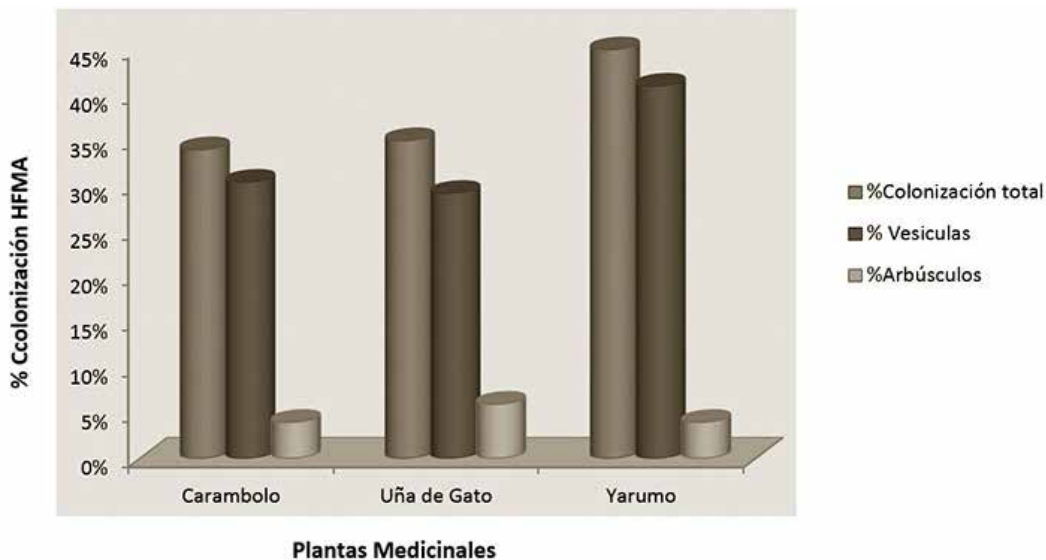


Figura 3. Porcentaje de colonización total, por vesículas y por arbusculos en plantas medicinales.

que tienen una capacidad infectiva de media a alta (Tapia-Goné *et al.*, 2010).

#### **Análisis de relación entre esporas, colonización micorrízica y fósforo disponible**

Las variables fisicoquímicas de humedad y fósforo disponible no presentaron correlación entre sí (Cuadro 5). Se encontró una correlación inversa entre el pH y la humedad aprovechable en la planta del carambolo. No obstante, la humedad no presentó una relación lineal con la abundancia de esporas y el porcentaje de colonización, lo que indica una respuesta independiente de este factor.

Se determinó que hay una relación inversa entre el pH y el porcentaje de colonización en la planta de yarumo. Sin embargo, no se halló una correlación significativa entre el porcentaje de colonización y la abundancia de esporas para las tres plantas, lo que indica que no hay una relación lineal entre estas dos variables. Para las plantas del carambolo y la uña de gato la correlación es inversa entre esporulación y colonización micorrízica, contrario a lo que ocurre con el yarumo.

La baja producción de esporas no es un indicador de la falta del HFMA en el huésped, por lo que su cantidad en suelo se encuentra poco relacionado con la colonización micorrízica (Cardona *et al.*,

2008). De igual forma, en muchas especies de micorrizas las esporas son producidas a largo plazo luego de que han alcanzado su nivel máximo de colonización (Gazey *et al.*, 1992).

La abundancia de esporas no expresa una relación con los contenidos de fósforo encontrados en las muestras analizadas para la presente investigación, que varían entre 2,12 ppm (mínimo) y 38,28 ppm (máximo). Por el contrario, el contenido de esporas responde a condiciones de estrés hídrico, lo que coincide con lo señalado por Posada *et al.* (2007). En el yarumo se encontró la mayor abundancia de esporas (668) con un contenido de fósforo disponible promedio de 15,51 ppm.

En la Amazonía colombiana el contenido de fósforo disponible tiende a ser bajo, con un promedio de 12,3 ppm (Peña-Venegas *et al.*, 2006). Por tal razón, se afirma que el fósforo es un elemento limitante para la simbiosis micorrízica y que en bajos niveles de este elemento se expresa su funcionalidad (Arcos, 2003; León, 2006; Peña-Venegas *et al.*, 2007; Cardona *et al.*, 2008).

Esto se evidenció con la obtención de una relación inversamente proporcional entre porcentaje de colonización micorrízica y fósforo disponible para las tres plantas medicinales.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación de Spearman entre variables medidas de las plantas medicinales.

	Colonización	Esporas	Fósforo disponible	Humedad aprovechable	pH	
<b>Carambolo</b>	Colonización	1,000	-0,138	-0,388	-0,198	0,259
	Esporas	-0,138	1,000	0,218	0,079	0,207
	Fósforo disponible	-0,388	0,218	1,000	-0,392	0,257
	Humedad aprovechable	-0,198	0,079	-0,392	1,000	-0,628*
	pH	0,259	-0,207	0,257	-0,628*	1,000
<b>Uña de gato</b>	Colonización	1,000	-0,051	-0,975**	0,444	-0,410
	Esporas	-0,051	1,000	0,100	0,000	0,200
	Fósforo disponible	-0,975**	0,100	1,000	-0,289	0,500
	Humedad aprovechable	0,444	0,000	-0,289	1,000	0,577
	pH	-0,410	0,200	0,500	0,577	1,000
<b>Yarumo</b>	Colonización	1,000	0,423	-0,587*	0,128	-0,624*
	Esporas	0,423	1,000	-0,214	0,096	-0,375
	Fósforo disponible	-0,587*	-0,214	1,000	-0,440	0,307
	Humedad aprovechable	0,128	0,096	-0,440	1,000	0,332
	pH	-0,624*	-0,375	0,307	0,332	1,000

\*\*Significancia a  $\alpha = 0,01$ ; \*Significancia a  $\alpha = 0,05$ .

Con respecto a las muestras de carambolo se obtuvo una correlación media, mientras que la correlación fue significativa en las muestras de uña de gato ( $\alpha=0,01$ ) y en las de yarumo ( $\alpha=0,05$ ).

Adicionalmente, en las muestras de las plantas de yarumo y uña de gato el promedio de fósforo disponible fue mayor (15,51 y 16,68 ppm) con respecto al carambolo (9,97 ppm). A pesar de que estas concentraciones tuvieron un amplio rango de valores, hubo colonización micorrízica en todas las muestras, lo que sugiere que la relación simbiótica entre planta y HFMA se da

en amplias variaciones de contenido de fósforo (Arcos, 2003).

En la Figura 4 se observa una relación inversamente proporcional entre el contenido de fósforo disponible y el porcentaje de colonización en la mayoría de las muestras de carambolo, donde el mayor porcentaje (54%) se presentó en la muestra C6 con un nivel muy bajo de fósforo.

Múltiples estudios (Covacevich *et al.*, 2005; Toro *et al.*, 2008; Álvarez-Sánchez *et al.*, 2013) han indicado que las concentraciones de fósforo afectan la colonización micorrízica. En suelos pobres de este elemento, los hongos formadores

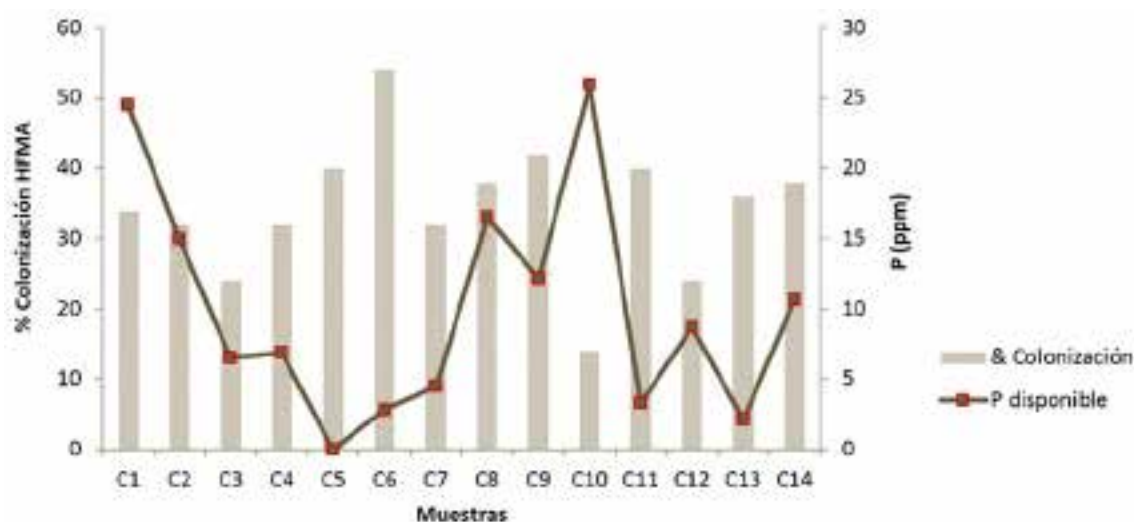


Figura 4. Relación de porcentaje de colonización y fósforo disponible en suelo rizosférico de muestras de carambolo.

de micorrizas prefieren usar la red de micelio extraradical establecida para colonizar otros huéspedes, que incrementar su gasto energético al generar propágulos como las esporas para su dispersión (Peña-Venegas *et al.*, 2006).

Por otro lado, la uña de gato se puede encontrar en zonas muy húmedas, cerca de quebradas y ríos (Zevallos-Pollito y Tomazello, 2010), lo que explica el mayor contenido promedio de fósforo de las tres plantas analizadas (16,68 ppm), aunque el porcentaje de colonización micorrízica no fue el menor. Al igual que el carambolo, hubo una relación inversa entre porcentaje de colonización y fósforo que se evidencia en la muestra U17 con un nivel bajo de fósforo (6,24 ppm) y la más alta colonización para esta planta correspondiente al 42% (Figura 5).

Rodríguez *et al.* (1992) encontraron que en áreas inundables a orillas del río Amazonas el contenido de aluminio y compuestos hidroxilados de hierro disminuye por lo que la fijación de fósforo es mayor. Asimismo, Posada *et al.* (2007) reportaron un mayor contenido de fósforo disponible en paisajes de vega (22,5 ppm) que en paisajes de loma (11,4 ppm) por procesos de lavado, escorrentía y acumulación propios de zonas inundables.

Las muestras del yarumo presentaron niveles de fósforo disponible que variaron de muy

bajos (4,66 ppm) a muy altos (28,84 ppm - 38,28 ppm). En la mayoría de las muestras analizadas se encontró una relación inversa entre fósforo y colonización micorrízica (Figura 6), especialmente en la muestra Y29 (tomada en el Colegio Francisco de Orellana, cerca a la quebrada Cuyaté) que presentó un nivel muy alto de fósforo (38,28 ppm) y un nivel bajo de colonización de HFMA (26%).

Esta diferencia puede deberse a que en zonas más bajas o zonas inundables el contenido de fósforo es mayor que en zonas altas (Peña-Venegas *et al.*, 2006). La mayoría de las muestras tomadas en chagras, de la zona centro y alta de la comunidad, presentaron valores muy bajos a medios de fósforo. No obstante, las muestras cercanas al río Amazonas y a las quebradas Cuyaté y Mata-matá reportaron niveles medios a muy altos de fósforo, en comparación con las tomadas en zonas lejanas a fuentes de agua.

Lo anterior coincide con el estudio de Arcos (2003) en el sur del Trapecio Amazónico, el cual reportó mayor porcentaje de colonización en relieves de loma y terraza que en planos de inundación. Estos resultados se asociaron con el bajo contenido de fósforo, pH muy ácido y escasa disponibilidad de micronutrientes en zonas no inundables.

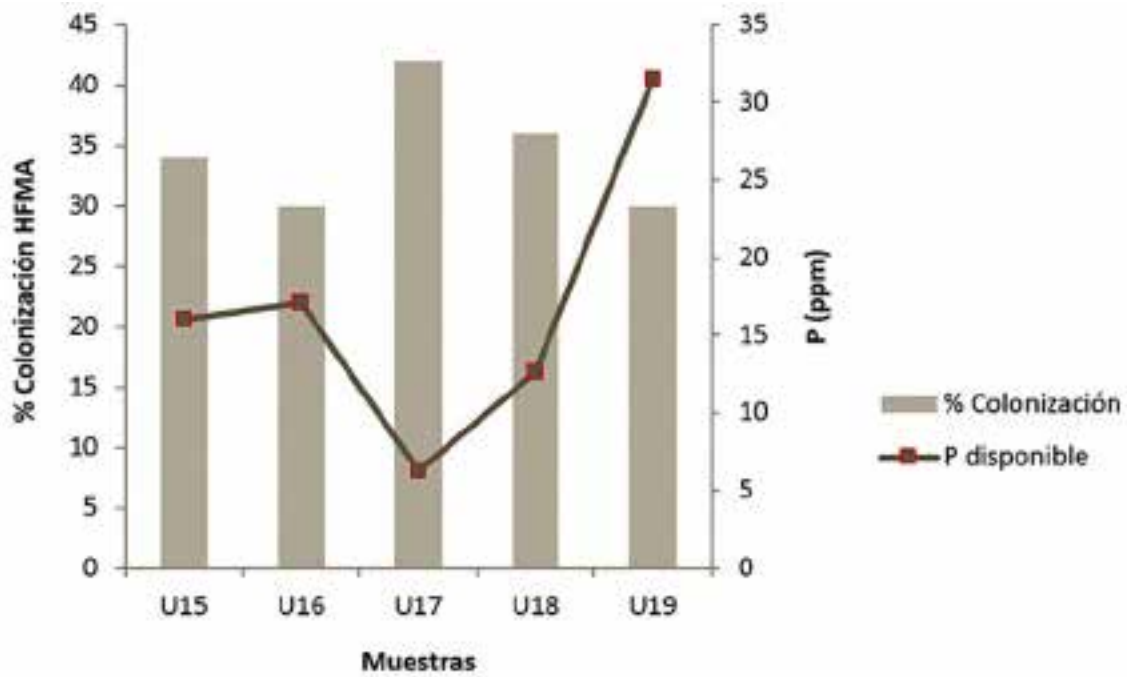


Figura 5. Relación de porcentaje de colonización y fósforo disponible en suelo rizosférico de muestras de uña de gato.

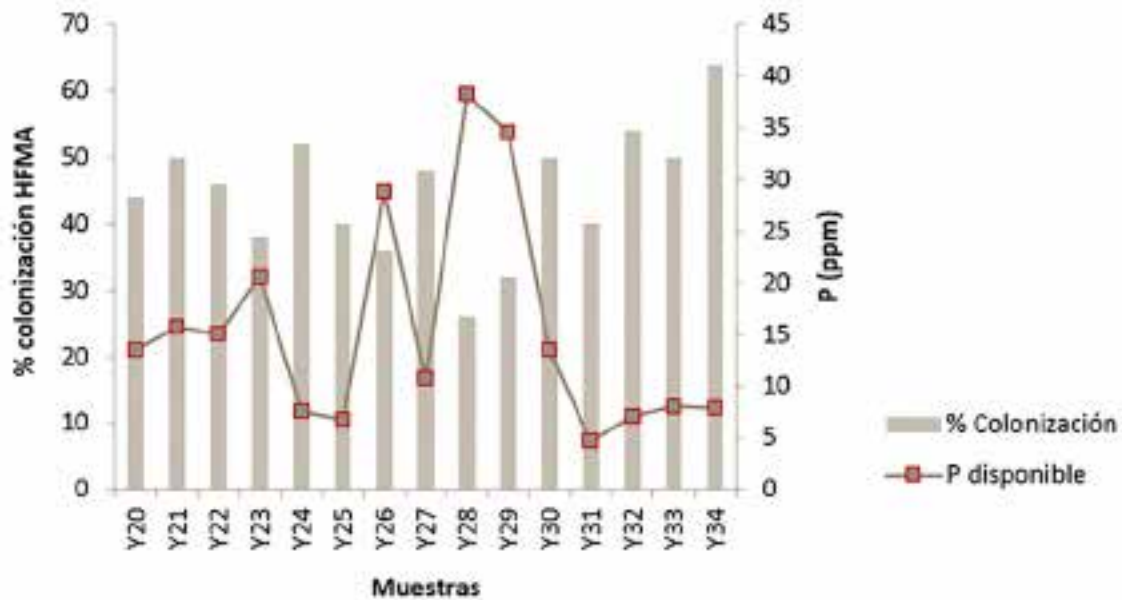


Figura 6. Relación de porcentaje de colonización y fósforo disponible en suelo rizosférico de muestras de yarumo.

## CONCLUSIONES

Las características de los suelos del resguardo, tales como: alta humedad aprovechable, baja fertilidad, condiciones extremas de acidez, bajo contenido de bases intercambiables y baja saturación de bases, han permitido la identificación de cuatro unidades cartográficas: LMa, LLb, LBd y LAc. Debido a sus propiedades fisicoquímicas y ubicación en el territorio es recomendable establecer el cultivo de las plantas medicinales en las dos últimas unidades.

Es posible que por su característica de planta pionera, el yarumo haya presentado la mayor afinidad con las micorrizas, al igual que una alta abundancia de esporas. La presencia de los géneros *Glomus* y *Acaulospora* como morfotipos dominantes en las muestras analizadas, indica que éstos tienen la capacidad de tolerar rangos más altos de acidez del suelo. Igualmente, la presencia de plantas micotróficas, como la yuca, pudo haber influido en la colonización micorrízica y la formación de propágulos en las muestras tomadas en la zona de chagra.

Las plantas medicinales presentaron una afinidad media por los HFMA con las vesículas como estructura dominante del hongo. Asimismo, la baja correlación de la humedad aprovechable con el porcentaje de colonización, indicó que hay una respuesta independiente de la colonización micorrízica y la presencia de esporas a este factor. No obstante, el contenido de fósforo disponible influyó de forma inversa sobre el porcentaje de colonización, especialmente en zonas de tierra firme donde son menores los procesos de lavado y escorrentía.

Debido a esa capacidad que tienen las micorrizas arbusculares para alterar la estructura de las comunidades de plantas, su incorporación a las prácticas agrícolas es una opción viable económica y ecológica para fortalecer los procesos productivos, pues se pueden constituir en una tecnología limpia de bioinsumo y una herramienta para combatir la degradación del suelo cultivado.

En Macedonia, la articulación del conocimiento generado en esta investigación sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y la colonización de los géneros de micorrizas, es básico para seguir desarrollando estudios que permitan determinar las especies de HFMA

que tienen mayor especificidad con las plantas analizadas y que podrían ser útiles para la recuperación de suelos bajo distintas prácticas de manejo.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Fernández, M., V. J. Jaramillo, L. Varela-Fregoso and M. E. Gavito. 2009. Short-term consequences of slash-and-burn practices on the arbuscular mycorrhizal fungi of a tropical dry forest. *Mycorrhiza*. 19(3):179-186.
- Álvarez-Sánchez, M. E., E. Hernández-Acosta, R. Maldonado-Torres y M. Rivera-González. 2013. Encalado y micorriza para corregir deficiencia de fósforo en un Andisol cultivado con *Pinus halepensis*. *Madera y Bosques*. 19(1):7-16.
- Arcos, A. L. 2003. Distribución de la asociación micorrízica arbuscular en ecosistemas naturales e intervenidos. **En:** Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Aspectos ambientales para el ordenamiento territorial del Trapecio Amazónico, Bogotá. pp. 1-39.
- Aristizabal, C. 2008. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance the acquisition of mineral nutrients from leaf litter by *Morella cerifera*. Tesis doctoral. Universidad de Miami, Miami, Florida. 35 p.
- Barriga, J., M. Visbal y J. Acero. 2011. Relación entre los caracteres de las micorrizas arbusculares nativas con las propiedades fisicoquímicas del suelo y bromatología del pasto estrella en ganadería de carne. *Revista Científica UDO Agrícola*. 11(1):134-141.
- Bray, R. H. and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphate in soils. *Soil Sci*. 59:39-45.
- Cardona, G., C. P. Peña-Venegas y A. L. Arcos. 2008. Ocurrencia de hongos formadores de micorriza arbuscular asociados a ají (*Capsicum* sp.) en la Amazonía colombiana. *Agronomía Colombiana*. 26(3):459-470.
- Cardona, G. I., A. L. Arcos y U. G. Murcia. 2005. Abundancia de actinomicetes y micorrizas arbusculares en paisajes fragmentados



- de la Amazonía colombiana. *Agronomía Colombiana*. 23(2):317-326.
- Covacevich, F., H. R. Sainz, P. Barbieri y H. E. Echeverría. 2005. Formas de colocación de fósforo sobre el crecimiento y la micorrización espontánea del cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo*. 23(1):39-45.
- Garzón, L. P. 2014. Zonificación de áreas para el cultivo sostenible de las plantas medicinales de yarumo (*Cecropia sciadophylla*), carambolo (*Averrhoa carambola*) y uña de gato (*Uncaria tomentosa*), asociadas con la presencia de micorrizas arbusculares en los suelos del Resguardo Indígena de Macedonia, Amazonas. Tesis de maestría Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. 36 p.
- Gazey, C., L. Abbot and A. Robson. 1992. The rate of development of mycorrhiza effects the onset of sporulation and production of external hyphae by two species of Acaulospora. *Mycological Research*. 96(8):643-650.
- Gerdemann, J. W. and T. H. Nicolson. 1963. Spores of Mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transactions of the British Mycological Society*. 46(2):235-244.
- Guerra, B. H. y M. R. Chacón. 2012. Simbiosis micorrizica arbuscular y acumulación de aluminio en *Brachiaria decumbens* y *Manihot esculenta*. *Bioteconología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 10(2):87-98.
- Guerra, S. B. 2008. Micorriza Arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. *Tecnología en Marcha*. 2(1):191-201.
- IBM (International Business Machines Corporation). 2012. SPSS Statistics for Windows, versión 21.0. IBM corp., New York.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 2003. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras de Amazonas. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Leticia, Colombia. pp. 193-333.
- Kalinhoff, C., A. Cáceres y L. Lugo. 2009. Cambios en la biomasa de raíces y micorrizas arbusculares en cultivos itinerantes del Amazonas Venezolano. *Interciencia*. 34(8):571-576.
- León, D. 2006. Evaluación y caracterización de micorrizas arbusculares asociadas a yuca (*Manihot esculenta* sp.) en dos regiones de la Amazonía colombiana. Tesis de grado de Microbiología Agrícola y Veterinaria, Universidad Pontificia Javeriana, Bogotá. 125 p.
- Malagón, D. 2003. Ensayo sobre tipología de suelos colombianos - énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 27(104):319-341.
- Martín, J. y G. Pérez. 2009. Evaluación agroproductiva de cuatro sectores de la provincia de Pastaza en la Amazonía ecuatoriana. *Cultivos Tropicales*. Disponible en línea: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000100003&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000100003&script=sci_arttext). [Mar. 16, 2014].
- Méndez, J. C. y F. Bertsch. 2012. El uso de bases de datos en el estudio de la fertilidad de los suelos agrícolas de Costa Rica: Estado actual y principales cambios en el tiempo. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 8(1):27-33.
- Peña-Venegas, C. P., G. I. Cardona, A. Mazorra, J. H. Arguelles y A. L. Arcos. 2006. Micorrizas arbusculares de la Amazonía colombiana. *Instituto Colombiano de Investigaciones Científicas - Sinchi, Leticia, Colombia*. 90 p.
- Peña-Venegas, C. P., G. I. Cardona, J. H. Arguelles y A. L. Arcos. 2007. Micorrizas arbusculares del sur de la Amazonía colombiana y su relación con algunos factores fisicoquímicos y biológicos del suelo. *Acta Amazónica*. 37(3):327-336.
- Peña-Venegas, C. P. y J. C. Arias. 2009. Las leguminosas amazónicas y su importancia en la recuperación de suelos. *Revista Colombia Amazónica*. 2(10):161-172.



- Pérez, A., C. Botero y M. Cepero. 2012. Diversidad de micorrizas arbusculares en pasto colosuana (*Bothriochloa pertusa* [L.] A. Camus) de fincas ganaderas del municipio de Corozal-Sucre. *Revista MVZ Córdoba*. 17(2):3024-3032.
- Posada, R. H., L. A. Franco y E. Medina. 2006. El tiempo de establecimiento de pasturas y su relación con la micorriza arbuscular en paisajes de loma y vega. *Acta Biológica Colombiana*. 11:55-65.
- Posada, R. H., L. A. Franco, A. P. Cuellar, W. Sánchez y A. P. Sánchez. 2007. Inóculos de hongos de micorriza arbuscular en pasturas de *Brachiaria decumbens* (Poaceae) en las zonas de loma y vega. *Acta Biológica Colombiana*. 12(1):113-120.
- Rodríguez, F., G. Paredes, R. Bazán y J. Ramírez. 1992. Algunas propiedades físicas, químicas y mineralógicas de materiales sedimentarios recientes en un complejo de orillares del río Amazonas. *Folia Amazónica*. 4(2):5-29.
- Roveda, G. y C. Polo. 2007. Mecanismos de adaptación de maíz asociado a *Glomus* spp. en suelos con bajo fósforo disponible. *Agronomía Colombiana*. 25(2):349-356.
- Ruiz, P. O., K. C. Rojas y E. Sieverding. 2011. La distribución geográfica de los hongos de micorriza arbuscular: Una prioridad de investigación en la Amazonía peruana. *Espacio y Desarrollo*. 23:47-63.
- Ruiz, P. O. y C. B. Davey. 2005. Micorrizas arbusculares en ultisoles de la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*. 14(2):57-74.
- Sieverding, E. 1984. Aspectos básicos de la investigación de la micorriza vesículo-arbuscular. **En:** Investigaciones sobre Micorrizas en Colombia, Memorias del I Curso Nacional sobre Micorrizas, Universidad Nacional, Palmira. pp. 1-14.
- Tapia-Goné, J. J., R. Ferrara-Cerrato, L. Varela-Fregoso, J. C. Rodríguez-Ortiz, J. C. Soria-Colunga, M. A. Tiscareño-Iracheta, C. Loredó-Osti, J. Alcalá-Jáuregui y C. Villar-Morales. 2010. Infectividad y efectividad de hongos micorrízicos arbusculares nativos de suelos salinos en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). *Revista Mexicana de Micología*. 31:69-74.
- Toro, M., I. Bazó y M. López. 2008. Micorrizas arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento vegetal, biofertilizantes nativos de sistemas agrícolas bajo manejo conservacionista. *Agronomía Tropical*. 58(3):215-221.
- Trouvelot, A., J. Kough et V. Gianinazzi-Pearson. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. **En:** V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi. Physiological and genetical aspects of mycorrhizae, Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), Paris. pp. 101-109.
- Useche, Y. M., H. Valencia y H. Pérez. 2004. Caracterización de bacterias y hongos solubilizadores de fosfato bajo tres usos de suelo en el sur del Trapecio Amazónico. *Acta Biológica Colombiana*. 9(2):129-130.
- Zagal, E. y A. Sadzawka. 2007. Protocolo de métodos de análisis para suelos y lodos. Facultad de de Agronomía Chillán, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 19 p.
- Zevallos-Pollito, P. A. e M. Tomazello. 2010. Levantamento e caracterização de duas espécies do gênero *Uncaria* Schreb. (Rubiaceae) correntes no Estado do Acre, Brasil. *Ecologia Aplicada*. 9(1):19-30.



## Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica no estado nutricional da cevada cervejeira

### Effects of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization on nutritional status of malting barley

### Efectos de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica sobre el estado nutricional de cebada cervecera

Walter Quadros Ribeiro Junior<sup>1</sup>, Anderson Cordeiro<sup>2</sup>, Sebastião Alberto de Oliveira<sup>2</sup>, Maria Lucrécia Gerosa Ramos<sup>2</sup>, Andre Freiré Cruz<sup>3</sup>, Renato Fernando Amabile<sup>1</sup> e Adley Camargo Ziviane<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Cerrados). <sup>2</sup>Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. <sup>3</sup>Kyoto Prefectural University, Graduate School of Life and Environmental Sciences. \*Correo electrónico: andre@kpu.ac.jp

#### RESUMO

O estudo do estado nutricional e do equilíbrio entre os nutrientes é de fundamental importância para uma boa fertilização das culturas. Os objetivos deste trabalho foram: avaliar o efeito das doses de Nitrogênio (N), Fósforo (P) e Potássio (K) com relação ao estado nutricional da cultura, e calcular os níveis de suficiência de macro e micronutrientes para a cevada, por intermédio do Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação (DRIS) e Índice de Balanço Nutricional (IBN). Este foi conduzido em condição de campo, na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, Distrito Federal, durante o período de junho a novembro de 2004, utilizando-se o cultivar BRS 195. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando-se a matriz experimental Plan Puebla II. Foram coletadas amostras de 50 folhas bandeira no perfilhamento e no enchimento dos grãos, para a determinação dos nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu, para se definir a melhor época de amostragem e os níveis de suficiência dos nutrientes. A diagnose nutricional da cultura deve ser feita no perfilhamento. Os nutrientes com alta probabilidade de resposta a adubação, em ordem crescente em percentagem de tratamentos foram: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%). O IBN não apresentou correlação significativa com a produtividade.

**Palavras chave:** *Hordeum vulgare* L., nutrientes, diagnose foliar, DRIS.

#### ABSTRACT

The study of nutritional status and the equilibrium among nutrients is very important to an efficient crop fertilization. The objectives of this research were to evaluate the Nitrogen (N), Phosphorus (P) and Potassium (K) dosage related to nutritional status of the crop and to estimate the levels of sufficiency of macro and micronutrients for Barley through the Diagnosis Recommendation Integrated System (DRIS) and the Nutritional Balance Rate (NBR). The currently research was conducted in field conditions at Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, Brazil, from June to November 2004 using the cultivar BRS 195. The experimental design was in randomized blocks with four replicates using the experimental matrix Plan Puebla II. Fifty leaf samples were taken during the flowering and grain formation for the determination of these nutrients: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn and Cu, to determine the best sampling time and the levels of nutrient sufficiency. The nutritional diagnosis of the crop should be done in the tillering. The nutrients with high probability of response to fertilization in crescent sequence in terms of treatments percentage were: B (28.6%) > K (21.5%) > Mn=Ca=P (14.3%). There was no correlation between NBR and productivity.

**Key words:** *Hordeum vulgare* L., nutrient, leaf diagnosis, DRIS.

## RESUMEN

El estudio del estado nutricional y del equilibrio entre los nutrientes es de fundamental importancia para una buena fertilización de los cultivos. Los objetivos de esta investigación fueron: evaluar el efecto de las dosis de Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K), relacionadas al estado nutricional de la cebada y estimar los niveles de suficiencia de macro y micronutrientes para este cultivo a través del Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS) e Índice de Balance de Nutrientes (IBN). Este trabajo se llevó a cabo en campo, en la estación experimental Embrapa Cerrados, ubicada en Planaltina, Distrito Federal, Brasil, de junio a noviembre de 2004, utilizando el cultivar BRS 195. El experimento fue diseñado en bloques al azar con cuatro repeticiones, usando la matriz experimental Plan Puebla II. Se recogieron 50 muestras de hojas durante las fases de macollaje y llenado del grano para determinar los nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn y Cu, así como definir el mejor tiempo para la toma de muestras y los niveles de suficiencia de nutrientes. El diagnóstico nutricional del cultivo debe hacerse al macollaje. Los nutrientes con alta probabilidad de respuesta a la fertilización, en orden ascendente de porcentaje de tratamientos, fueron: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn = Ca = P (14,3%). El IBN no mostró correlación significativa con la productividad.

**Palabras clave:** *Hordeum vulgare* L., nutrientes, análisis foliar, DRIS.

## INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é produzida comercialmente no Brasil desde 1930, e até meados de 1979 era cultivada somente na região sul do país e mesmo após o lançamento do plano nacional de auto-suficiência de cevada e malte (Amabile *et al.*, 2002), as importações continuaram devido à produção de cevada estar estrita a região Sul.

A auto-suficiência da cevada no Brasil pode ser favorecida pela viabilidade deste cereal no Cerrado que, cultivado no inverno, podem ser obtidas altas produtividades e boa qualidade de grãos, além do menor risco de ocorrência de chuva na colheita, o que causaria diminuição na qualidade dos grãos, e redução da incidência de doenças fúngicas (Amabile *et al.*, 2002).

Para a região do cerrado, há seis cultivares de cevada recomendadas e a cultura tem apresentado boa adaptação às condições de cerrado, devido à baixa incidência de doenças e sua eficiência no uso de água, apresentando alta produtividade (Amabile *et al.*, 2007; Amabile *et al.*, 2013). Apesar disso, são necessárias pesquisas relacionadas à utilização e à redução de insumos e defensivos para se obter grãos com melhor qualidade.

A diagnose foliar pode ser uma ferramenta útil para avaliar o estado nutricional da planta, mas deve ser utilizada com cautela, pois a composição do tecido foliar é influenciada pela idade da planta, maturação e interação entre os nutrientes (Walworth e Sumner, 1987). Deve-se levar em consideração, ainda, que os nutrientes na planta podem possuir sinergismo ou antagonismo entre si (Malvi, 2011).

Há vários métodos para se avaliar o estado nutricional das plantas, sendo que os de nível crítico e faixa de suficiência são os mais usados (Beaufils, 1973; Walworth e Sumner, 1987; Serra *et al.*, 2012; Serra *et al.*, 2014).

Com base na diagnose fisiológica, Beaufils (1973) propôs o método de Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS, pela suas siglas no inglês), que foi desenvolvido como mais um instrumento para a diagnose nutricional, com base em estudos com seringueiras (*Hevea brasiliensis*), nas décadas de 50 e 60, e admite-se que as relações entre dois nutrientes são os melhores indicadores do estado nutricional das plantas e é calculado um índice para cada nutriente e se considera sua relação com os demais (Mourão *et al.*, 2002).

O sistema DRIS, vem sendo utilizado como o método de diagnose do estado nutricional da planta e aplicado com sucesso em diversas culturas como a seringueira (Beaufils, 1971), cana-de-açúcar (Santos *et al.*, 2013), trigo (Chacón-Pardo *et al.*, 2013, Kaiser *et al.*, 2014), café (Arboleda *et al.*, 1988), milho (Escano *et al.*, 1981, Modesto *et al.*, 2014), entre outras.

O método DRIS utiliza relações binárias entre os macros e micronutrientes (N/P, P/N, N/K, K/N, etc), porque há relação entre dois nutrientes, introduzindo o conceito de índice primário (Costa, 1999; Wadt *et al.*, 2012). Com a utilização da relação entre dois nutrientes, o problema

com a acumulação da biomassa e redução da concentração de nutrientes com a idade da planta é resolvido (Beaufils, 1973; Walworth e Sumner, 1987; Singh *et al.*, 2000).

A primeira etapa para utilizar o método DRIS é o estabelecimento de normas DRIS (Walworth e Sumner, 1987; Bailey *et al.*, 1997). Para a determinação destas normas tornam-se necessárias a utilização de um banco de dados contendo informações que relacionem teores foliares e a produtividade, e com base neste banco de dados as variâncias das relações entre os teores dos nutrientes, média e coeficientes de variação são calculados (Beaufils, 1973; Malavolta *et al.*, 1998; Serra *et al.*, 2014).

As populações devem ser divididas em duas categorias, a população de referência, que não sofre influências adversas e que apresente produtividade superior ao nível estabelecido, e a população não referência, que sofre influência de outros fatores e com a produtividade menor que a estabelecida (Beaufils, 1973; Walworth e Sumner, 1987).

A utilização de diferentes doses de nutrientes na cultura da cevada, como o nitrogênio, através do método DRIS, pode ser um bom indicador da resposta da cultura à fertilização nitrogenada e, portanto o índice DRIS é sensível para diagnosticar a ordem de limitação dos nutrientes na cultura (Landriscini *et al.*, 2010).

Os objetivos deste trabalho foram: avaliar o efeito das doses de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) com relação ao estado nutricional da cultura, e calcular os níveis de suficiência de macro e micronutrientes para a cevada, por intermédio do Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) e Índice de Balanço Nutricional (IBN).

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em condição de campo, na Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina, DF, em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa, com altitude de 720 m, nas coordenadas geográficas 15° 35' 42" S e 47° 43' 27" W, em área de cerrado, durante o período de junho a novembro de 2004.

O experimento foi conduzido em área de primeiro ano de plantio direto, sobre a resteva de soja (*Glycine max*) e *Brachiaria decumbens*; a gramínea foi dessecada com glifosato, na dosagem de 3,0 L.ha<sup>-1</sup> do produto comercial, pós-emergente.

A análise química do solo foi realizada anteriormente à implantação do experimento, os resultados podem ser observados na Tabela 1.

As plantas foram irrigadas por sistema de irrigação por aspersão, em função da tensão de água no solo, quando blocos de gesso, instalados a 15 cm de profundidade no solo, mostravam valores médios de 100 kPa. Foram aplicados 400 mm de água durante o ciclo da cultura.

Os teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O aplicados, foram determinados de acordo com as tabelas de recomendação de adubação proposta por Minella (2003). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, utilizando-se a matriz experimental Plan Puebla II (Figura 1), segundo Fernandez e Laird (1978). As doses e fontes dos fertilizantes utilizados foram: a) N: 0, 30, 60 e 90 kg.ha<sup>-1</sup> de N, na forma de sulfato de amônio; b) P: 0, 40, 80 e 120 kg.ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, na forma de super fosfato simples; c) K: 0, 30, 60 e 90 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio e os tratamentos foram a combinação dos quatro níveis de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo, antes da implantação do experimento

Profundidade	pH	Al	Ca+Mg	H + Al	CTC	P	K	MO	Argila
(m)	H <sub>2</sub> O		(cmol <sub>c</sub> 1dm <sup>-3</sup> )			(mg.dm <sup>-3</sup> )		(g.kg <sup>-1</sup> )	
0,20	6,0	0,02	6,0	4,5	10,9	20,4	146,0	25,5	510,0

O plantio do experimento foi realizado no dia 10 de junho de 2004, utilizando-se o cultivar BRS 195 e coletado em novembro de 2004.

A parcela experimental constituiu-se de 9 linhas de 3,5 m de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,20 m (6,3 m<sup>2</sup>). A área útil das linhas centrais das parcelas era de 4,9 m<sup>2</sup>.

No perfilhamento e no enchimento dos grãos foram coletadas 50 folhas bandeira em cada parcela, de forma aleatória, de acordo com a recomendação de Oliveira (2004). As folhas foram secas em estufa a 65 °C com ventilação forçada de ar por 72 horas, moídas e retirados 20g para análise foliar de macro e micronutrientes, segundo a metodologia da Embrapa (1999). Foram determinados os seguintes nutrientes: N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu.

Com os resultados das concentrações de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu nas folhas e das produtividades, foi constituído o banco de dados necessário para a aplicação do método DRIS (Beaufils, 1973).

O melhor período de amostragem foi definido por meio da análise de regressão linear múltipla, entre a produtividade e os teores foliares dos nutrientes. Para o cálculo dos índices DRIS utilizou-se como critério de diferenciação entre as populações, a média de todas as produtividades mais o desvio padrão, que foi de 3264 kg.ha<sup>-1</sup>.

Os cálculos dos índices DRIS foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Malavolta (1997).

A obtenção da ordem de limitação dos nutrientes nos diferentes tratamentos, assim como a determinação do nível de interação entre os macro e os micronutrientes, foram obtidos por intermédio dos valores dos índices DRIS.

Os cálculos dos níveis de suficiência dos nutrientes da primeira aproximação, foram realizados de acordo com a metodologia de Oliveira e Souza (1993), entre os índices DRIS e os teores foliares.

Foi calculado o Índice de Balanço Nutricional (IBN), para determinar estado nutricional da

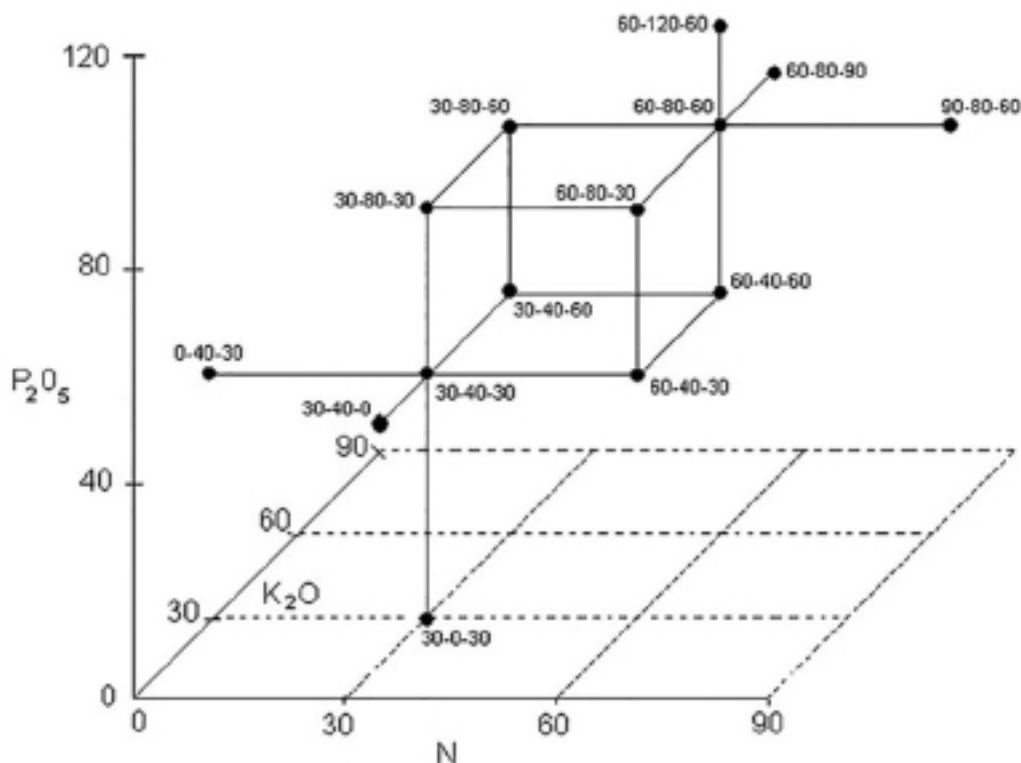


Figura 1. Representação gráfica da matriz experimental Plan Puebla II.

cultura, através da soma dos módulos do índice DRIS de cada tratamento nos diferentes macro e micronutrientes.

A colheita das plantas para a quantificação da produtividade foi realizada manualmente. Após a trilhagem, foi determinada a umidade dos grãos em cada parcela, e corrigida posteriormente para 13%, para a obtenção da produtividade ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises foliares, de macro e micronutrientes, e da produtividade, nos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 2. Esta indica que todos os elementos estão dentro do nível crítico recomendado, dependendo da adubação suas concentrações podem oscilar.

A análise de regressão múltipla determinou que a primeira época de amostragem (perfilhamento) apresentou maior correlação com a produtividade, com o valor de  $R^2$  de 0,649 quando comparado com a segunda época de amostragem (enchimento de grãos), que apresentou o valor de  $R^2$  igual a 0,636. Foi escolhida a época de amostragem no perfilhamento para se realizar a análise DRIS, pois neste período, ainda é possível fazer adubações corretivas, caso necessário.

Após o cálculo dos índices DRIS, os nutrientes foram classificados por ordem de limitação, utilizando-se a ordenação crescente, ou seja, quanto mais negativos foram os valores, maior foi a sua limitação, e quanto maior o valor positivo, menor foi a sua limitação, e os valores próximos a zero representaram a existência de equilíbrio do nutriente na planta (Tabela 3).

Em relação à ordem de limitação obtida pelo índice DRIS (Tabela 3), o boro foi o nutriente mais limitante para 28,6% dos tratamentos, sendo que deste, 50% se encontram dentro da população de referência ( $3264 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). O segundo mais limitante foi o K apresentando índice negativo em 21,5% dos tratamentos. Destes, 66,7% estão acima da população de referência. Em seguida, os mais limitantes foram P, Ca, Mn e Mg com valores percentuais em relação à ordem de limitação de 14,3%, 14,3%, 14,3%, 7,2 % respectivamente. Os nutrientes N, S, Cu,

Fe e Zn foram os que menos apresentaram limitações nos tratamentos comparados com os outros.

Com estes resultados, é possível visualizar as contradições existentes entre os métodos de avaliação nutricional, valores de referência (níveis críticos) e o DRIS. Nos níveis críticos, foi observado que todos os nutrientes encontravam-se dentro dos teores adequados para a cultura (Tabela 2). Já através do método DRIS, os nutrientes P, Ca, Mn e Mn encontram-se limitantes (Tabela 3). Além destas divergências, o uso dos níveis críticos não permite a identificação das possíveis causas das limitações dos nutrientes (Malavolta *et al.*, 1998).

A limitação do B, observada através do método DRIS, nos tratamentos 2 (30-40-30) e 6 (60-40-30) foi devido ao Ca ser menos limitante, já que o Ca, pode causar adsorção do B, podendo provocar a limitação deste nutriente. No tratamento 14 (30-00-30) o B apresentou menos limitante, provavelmente devido à maior limitação de Ca (Olsen, 1972). Contudo, as produtividades de metade dos tratamentos estavam abaixo da população de referência, (Tabela 3), demonstrando que a deficiência de B neste experimento pode ter afetado a produtividade.

A limitação por escassez do B, nos tratamentos 3 (30-40-60) e 5 (30-80-60), pode ser devido ao N apresentar-se menos limitante no tratamento 3 (30-40-60), e o segundo menos limitante no tratamento 5, causando o efeito diluição de massa. A menor limitação de N proporciona um crescimento da planta mais rápido do que a translocação do B na planta, já que este nutriente não é móvel na mesma (Santos *et al.*, 2013).

Nos tratamentos 13 (00-40-30) e 8 (60-80-30), a limitação de Ca e Mg pode ter sido causada pelo seu antagonismo com o K, que apresentou-se menos limitante nestes tratamentos (Tabela 3). O excesso de K pode causar deficiência de Ca e Mg, e o excesso de Ca e Mg podem causar a limitação de K (Castro e Meneghelli, 1989; Gransee e Fühns, 2013). O mesmo efeito de antagonismo foi observado nos tratamentos 7 (60-40-60), 9 (60-80-60) e 10 (60-120-60), onde a maior limitação do K, foi decorrente da menor limitação de Mg e Ca.

Tabela 2. Resultados da análise foliar e produtividade nos diferentes tratamentos, no início do perfilhamento na cevada, cultivar BRS 195.

Tratamentos	N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O											Produtividade kg.ha <sup>-1</sup>	
	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>	g.kg <sup>-1</sup>		
1	30-40-00	29,09	2,33	34,53	4,74	1,80	3,32	8,30	9,88	88,55	62,75	57,83	2964
2	30-40-30	27,88	2,63	28,41	5,22	1,85	2,76	7,25	10,33	78,33	45,63	44,78	3187
3	30-40-60	29,34	2,64	31,75	4,93	1,85	3,16	7,35	10,03	88,25	36,95	46,08	2905
4	30-80-30	27,43	2,80	34,32	4,69	1,74	2,86	7,85	8,78	138,73	35,58	36,08	2681
5	30-80-60	28,61	2,93	30,49	4,75	1,66	2,81	7,80	9,73	97,03	44,30	44,75	4328
6	60-40-30	29,62	2,81	30,83	5,20	1,78	2,79	8,05	10,38	86,85	45,35	43,70	3506
7	60-40-60	26,39	2,44	25,76	4,94	1,84	2,72	8,03	9,23	75,93	50,68	40,80	3462
8	60-80-30	27,59	3,03	31,16	4,10	1,63	3,25	7,75	10,03	85,28	41,90	43,85	3237
9	60-80-60	26,46	3,12	27,39	4,53	1,90	2,95	8,08	9,68	81,85	42,20	42,75	3617
10	60-120-60	25,99	3,06	27,14	4,63	1,63	2,79	8,03	9,93	80,78	43,83	40,95	3216
11	60-80-90	26,43	2,84	28,20	4,52	1,59	2,88	7,93	9,78	96,30	36,80	38,03	4290
12	90-80-60	25,72	2,41	27,01	4,46	1,53	2,47	8,50	9,88	107,65	44,08	39,55	3377
13	00-40-30	26,81	2,88	33,53	4,33	1,56	2,91	8,83	9,63	92,63	44,08	42,63	3012
14	30-00-30	25,07	2,73	26,56	3,86	1,64	2,73	8,68	9,78	82,75	43,48	37,60	3286
Níveis críticos ideais <sup>(1)</sup>		17-30	2-5	15-30	2,5-6	1,5-5	1,5-4	5-20	5-25	25-100	20-100	15-70	

<sup>(1)</sup> Fonte: Oliveira (2004).



Tabela 3. Índice DRIS e ordem de limitação dos nutrientes para os diferentes tratamentos.

Tratamentos	Índice DRIS											Ordem de limitação	
	N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> e K <sub>2</sub> O kg.ha <sup>-1</sup>												
	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn		
1	30-40-00	97	-87	112	2	6	103	43	66	63	175	175	P>Ca>Mg>B>Fe>Cu>N>S>K>Mn=ZN
2	30-40-30	15	-32	-20	56	51	-28	-51	15	-18	1	3	B>P>S>K>Fe>Mn>Zn>N=Cu>Mg>Ca
3	30-40-60	58	-16	38	47	36	17	-66	12	25	-52	-1	B>Mn>P>Zn>Cu>S>Fe>Mg>K>Ca>N
4	30-80-30	44	-9	75	37	-18	-19	-85	-49	171	-155	-96	Mn>Zn>B>Cu>S>Mg>P>Ca>N>K>Fe
5	30-80-60	33	-9	32	10	-10	5	-24	15	52	2	21	B>Mg>P>Mn>S>Ca>Cu>Zn>K>N>Fe
6	60-40-30	7	-17	-8	37	22	-34	-38	-2	-1	-27	-21	B>S>Mn>Zn>P>K>Cu>Fe>N>Mg>Ca
7	60-40-60	-26	-37	-48	40	48	-39	-3	-19	-36	32	-7	K>S>P>Fe>N>Cu>Zn>B>Mn>Ca>Mg
8	60-80-30	32	39	48	-34	-30	46	-4	21	17	-17	17	Ca>Mg>Mn>B>Fe=Zn>Cu>N>P>S>K
9	60-80-60	-35	33	-47	3	23	-37	-19	-25	-42	-43	-44	K>Zn>Mn>Fe>S>N>Cu>B>Ca>Mg>P
10	60-120-60	-26	30	-31	-6	-6	-28	-8	-7	-24	-24	-29	K>Zn>S>N>Fe=Mn>B>Cu>Ca=Mg>P
11	60-80-90	-2	17	1	3	-18	-22	-34	-7	42	-74	-51	Mn>Zn>B>S>Mg>Cu>N>K>Ca>P>Fe
12	90-80-60	9	-53	19	-1	-31	-21	2	24	106	25	18	P>Mg>S>Ca>B>N>Zn>K>Cu>Mn>Fe
13	00-40-30	15	10	57	-36	-44	21	28	1	40	0	15	Mg>Ca>Mn>Cu>P>N=Zn>S>B>Fe>K
14	30-00-30	-43	22	-22	-45	-24	-25	30	-8	-13	-15	-29	Ca>N>Zn>S>Mg>K>Mn>Fe>Cu>P>B

A deficiência do Ca, segundo nutriente mais limitante no tratamento 1 (30-40-00), foi causada provavelmente pela menor limitação de Zn, já que a interação entre estes nutrientes gera a inibição competitiva, ou seja, diminuição na absorção de um nutriente pela combinação de outro por um sítio ativo carregador (Malavolta, 1997; Hafez *et al.*, 2013).

O excesso de K causa ainda a diminuição dos níveis foliares de Mg (Rhue *et al.*, 1986) e de Ca (Locascio *et al.*, 1992), pois estes elementos competem por sítios de absorção pela planta e o potássio reduz a concentração de Mg na parte aérea, através da redução da sua translocação das raízes para a parte aérea e reduz a absorção de Mg pelas raízes (Claassen e Wilcox, 1974; Gransee e Fühns, 2013). A alteração dessas concentrações de nutrientes pode trazer problemas ao crescimento vegetal, à morfologia da planta e afetar sua produção.

A limitação de P, nos tratamentos 1 (30-40-00) e 12 (90-80-60), ocorreu devido a seu

antagonismo com os nutrientes Fe e Zn (Malavolta *et al.*, 1998; Malvi, 2011). O mesmo foi observado no tratamento 11 (60-80-90), onde o Mn foi mais limitante, devido a menor limitação de P.

A matriz de correlação entre os índices DRIS (Tabela 4), possibilita estimar as futuras interações entre os nutrientes, balanceando de forma adequada os macro e micronutrientes. As maiores correlações positivas bem como suas significâncias foram: K x N (0,953\*\*); Zn x Mn (0,953\*\*); S x K (0,938\*\*); Zn x S (0,915\*\*); Zn x Cu (0,910\*\*); N x S (0,904\*\*); Cu x N (0,850\*\*) e Zn x K (0,850\*\*). As maiores correlações negativas foram: B x Ca (-0,823\*\*); Fe x P (-0,732\*\*); Mg x K (-0,708\*\*); P x N (-0,700\*\*); P x Zn (-0,690\*\*); Mg x S (-0,688\*\*); Mn x P (-0,663\*\*) e Cu x P (-0,658\*).

A interação negativa entre Ca e B foi devido ao Ca em excesso promover a adsorção do B nos colóides do solo. O mesmo ocorre na interação negativa entre K e Mg, pois segundo Castro e Meneghelli (1989) e estes nutrientes são antagonísticos.

Tabela 4. Matriz de correlação entre os nutrientes, através do índice DRIS utilizando todos os tratamentos.

	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
N	1,000	-0,700	0,953	-0,127	-0,536	0,904	0,036	0,850	0,835	0,658	0,840
P		1,000	-0,601	-0,230	0,155	-0,500	0,026	-0,658	-0,732	-0,663	-0,690
K			1,000	-0,360	-0,708	0,938	0,241	0,810	0,820	0,678	0,850
Ca				1,000	0,789	-0,475	-0,823	-0,350	-0,081	-0,445	-0,433
Mg					1,000	-0,688	-0,493	-0,619	-0,634	-0,508	-0,603
S						1,000	0,402	0,842	0,671	0,783	0,915
B							1,000	0,237	-0,089	0,621	0,494
Cu								1,000	0,720	0,815	0,910
Fe									1,000	0,506	0,649
Mn										1,000	0,953
Zn											1,000

R > 0,55 significativo a 5%; R > 0,68 significativo a 1%.

A interação P x Fe ocorre tanto no metabolismo da planta (Malvi, 2011) quanto no solo (Bataglia, 1991); no presente trabalho, obteve-se interação negativa entre estes nutrientes. A interação entre Fe x Mn é bastante comum nos solos brasileiros (Bataglia, 1991); neste experimento ocorreu interação positiva entre estes nutrientes. A interação negativa entre P e Mg, também foi observada na cultura da cevada por Pedas *et al.* (2011).

Ao determinar os índices de suficiência dos nutrientes entre os índices DRIS (Tabela 5), observou-se a ocorrência de pouca variação entre a primeira e segunda aproximação, isto devido às altas correlações observadas.

Entretanto, verificou-se que todos os elementos apresentaram alta correlação entre suas concentrações e índice DRIS destes, sugerindo que o balanço nutricional de cada elemento está interligado com os outros na planta.

Os valores do Índice de Balanço Nutricional (IBN), obtidos pela soma em módulo dos índices DRIS de cada tratamento, variaram de 213 a 929 (dados não apresentados), mostrando a existência do desequilíbrio nutricional entre os diferentes tratamentos, contudo na Figura 2, foi observada a falta de correlação entre as produtividades e o IBN, mostrando que se deve ter cautela quando se utiliza este índice como critério para estimar resposta à adubação.

Tabela 5. Níveis de suficiência e correlações entre os teores foliares e os índices DRIS dos nutrientes.

Nutriente	1ª aproximação	R <sup>2</sup>	2ª aproximação
N (g.kg <sup>-1</sup> )	31,89	0,77	32,18
P (g.kg <sup>-1</sup> )	2,60	0,80	2,59
K (g.kg <sup>-1</sup> )	14,63	0,86	14,70
Ca (g.kg <sup>-1</sup> )	7,54	0,83	7,77
Mg (g.kg <sup>-1</sup> )	2,35	0,74	2,34
S (g.kg <sup>-1</sup> )	4,14	0,86	4,17
B (mg.kg <sup>-1</sup> )	24,36	0,80	24,40
Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )	11,37	0,71	11,21
Fe (mg.kg <sup>-1</sup> )	92,70	0,99	91,83
Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )	61,11	0,94	61,27
Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )	37,20	0,91	37,02

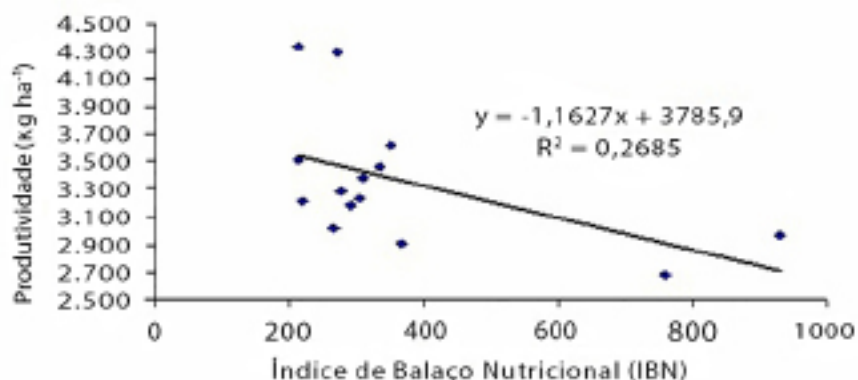


Figura 2. Produtividade de grãos de cevada, em kg.ha<sup>-1</sup>, dos 14 tratamentos em função do Índice de Balanço Nutricional (IBN).

## CONCLUSÕES

A avaliação do estado nutricional da cultura, obtida por meio da análise foliar, apresentou concordância entres os níveis tabelados e o DRIS. É recomendado que se faça a diagnose nutricional da cultura no perfilhamento, para que se tenha tempo para possíveis correções na adubação.

Os nutrientes com maior probabilidade de resposta à adubação são, tendo como base a análise foliar: B (28,6%) > K (21,5%) > Mn=Ca=P (14,3%) > Mg (7,2%).

O Índice de Balanço Nutricional (IBN) não apresentou correlação significativa com a produtividade.

## REFERÊNCIAS

- Amabile, R. F., F. G. Faleiro, E. A. Vieira, J. R. Peixoto, F. Capettini and W. Q. Ribeiro Júnior. 2013. Genetic diversity of irrigated barley based on molecular and quantitative data and on malting quality. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 48(7):748-756.
- Amabile, R. F., E. Minella, C. Ciulla, F. H. Carvalho e C. Iora. 2002. Avaliação da safra de cevada cervejeira no Cerrado em 2001. XXII reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata. Passo Fundo, Rio Grande del Sur, Brasil. pp. 79-83.
- Amabile, R. F., E. Minella, M. de O. Oliveira y V. Fronza. 2007. Cevada (*Hordeum vulgare* L.). In: Paula Júnior, T.J. de y M. Venzon (Ed.). 101 culturas: manual de tecnologías agrícolas. Belo Horizonte: Epamig. pp. 263-268.
- Arboleda, C. V., J. P. Arcila y R. B. Martínez. 1988. Sistema integrado de recomendación y diagnosis: una alternativa para la interpretación de resultados del análisis foliar en café. *Agronomía Colombiana*. 5(1):17-30.
- Bailey, J. S., J. A. M. Beattie and D. J. Kilpatrick. 1997. The diagnosis y recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: I. Model establishment. *Plant and Soil*. 197(1):127-135.
- Bataglia, O. C. 1991. Ferro. In: Ferreira, M. E. e M. C. P. da Cruz. Micronutrientes na agricultura. Piracicaba. Potafos. pp. 159-172.
- Beaufils, E. R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). A general scheme for experimentation y calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Science Bulletin*, Pietermararitzburg: University of Natal. 132 p.
- Beaufils, E. R. 1971. Physiological diagnosis, a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. *The Fertilizer Society of South Africa Journal*. (1):1-30.
- Castro, A. F. e N. A. Meneghelli. 1989. As relações  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})^{1/2}$  e  $K^+/(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  no solo e as respostas a adubação potássica. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. 24(6):751-760.
- Chacón-Pardo, E., J. H. Camacho-Tamayo and O. Arguello. 2013. Establishment of DRIS norms for the nutritional diagnosis of rubber (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) clone RRIM 600 on the Eastern Plains of Colombia. *Agronomía Colombiana*. 31:215-222.
- Claassen, N. and G. E. Wilcox. 1974. Comparative reduction of calcium and magnesium composition of corn tissue by  $NH_4-N$  and K fertilization. *Agronomía Journal*. 66:521-522.
- Costa, A. N. 1999. Sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS). Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, São Paulo, Brasil. 24(1):13-15.
- Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1999. Manual de análise químicas de solos, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos. Embrapa Informática Agropecuária. Brasília, Distrito Federal, Brasil. 370 p.
- Escano, C. R., C. A. Jones and G. Uehara. 1981. Nutrient diagnosis in corn on Hydric Dystryepts: II. Comparison of two systems

- of tissue diagnosis. Soil Science Society of America Journal. 45(6):1140-1144.
- Fernández, A. T. y R. J. Laird. 1978. Rama de suelos. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos 3ª ed., Rev. Agric. 19, México. 28 p.
- Gransee, A. and H. Führs. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. Plant and Soil. 368:5-21.
- Hafez, B., Y. M. Khanif and M. Salem. 2013. Role of Zinc in Plant Nutrition- A Review. American Journal of Experimental Agriculture. 3:374-391.
- Kaiser, D. E., J. J. Wiersma and J. A. Anderson. 2014. Genotype and environment variation in elemental composition of spring wheat flag leaves. American Journal of Plant Sciences. 4:497-507.
- Landriscini, M. R., M. A. Lázari y J. A. Galantini. 2010. Fertilización nitrogenada y balance de nutrientes en cebada cervecera. Ciencia del Suelo. 28:201-214.
- Locascio, S. J., J. A. Bartz and D. D. Weigartner. 1992. Calcium and potassium fertilization of potato grown in North Florida I. Effects on potato yield and tissue Ca and K concentration. American Potato Journal. 69(2):95-104.
- Malavolta, E. 1997. Nutrição Mineral das Plantas. **In:** Curso de Atualização em Fertilidade do Solo. Fundação Cargill. Campinas, São Paulo, Brasil. pp. 33-101.
- Malavolta, E., G. C. Vitti e S. A. Oliveira. 1998. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. Piracicaba, São Paulo, Brasil. Potafos. 201 p.
- Malvi, U. R. 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium. Karn, The Journal of Agricultural Science. 24:106-109.
- Minella, E. 2003. Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira: safras 2003 e 2004. XVIII reunião anual de pesquisa de cevada. Anais e Ata. Passo Fundo, Rio Grande del Sur, Brasil. 32 p.
- Modesto, V. C., S. Parent, W. Natale and L. E. Parent. 2014. Foliar nutrient balance standards for maize (*Zea mays* L.) at high-yield level. American Journal of Plant Sciences. 5:497-507.
- Mourão Filho, F. A. A., J. C. Azevedo e J. A. Nick. 2002. Funções e ordem da razão dos nutrientes no estabelecimento de normas DRIS em laranja 'Valência'. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 37:185-192.
- Oliveira, S. A. de. 2004. Análise Foliar. **In:** Souza, D. M. G., Lobato, E. (Eds). Cerrado correção do solo e adubação. Embrapa Cerrados, Planaltina, Distrito Federal, Brasil. pp. 245-256.
- Oliveira, S. A. de e D. M. G. Souza. 1993. Uso do DRIS modificado na interpretação de análise de solo para a soja no leste de Mato Grosso. Cerrados: Fronteira agrícola no século XXI. **In:** XXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Vol. II. Goiânia, GO, Brasil. pp. 83-84.
- Olsen, S. R. 1972. Micronutrients Interactions. **In:** J. J. Mortvedt, P. M. Giordano and W. L. Lindsay (Eds.). Micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America Monograph. Madison (Wisconsin), United State of America. pp. 243-288.
- Pedas, P., S. Husted, K. Skytte and J. K. Schjoerring. 2011. Elevated phosphorus impedes manganese acquisition by barley plants. Frontiers in Plant Science. 2(37):1-12.
- Rhue, R. D., D. R. Hensel and G. Kidder. 1986. Effect of K fertilization on yield and leaf nutrient concentrations of potatoes grown on a sandy soil. American Potato Journal. 63:665-681.
- Santos, E. F. dos, R. M. A. Donha, C. M. M. de Araújo, J. Lavres Junior e M. A. Camacho. 2013. Faixas normais de nutrientes em cana-de-açúcar pelos métodos ChM, DRIS e CND e nível crítico pela distribuição normal reduzida. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 37:1651-1658.

- Serra, A. P., M. E. Marchetti, S. C. Ensinas, H. S. de Moraes, V. do A. Conrad, F. C. N. Guimarães and G. P. de O. Barbosa. 2014. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) to assess the nutritional state of cotton crop in Brazil. *American Journal of Plant Sciences*. 5:508-516.
- Serra, A. P., M. E. Marchetti, E. P. Rojas and A. C. T. Vitorino. 2012. Beauflis ranges to assess the cotton nutrient status in the southern region of Mato Grosso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36(1):171-182.
- Singh, N. P., R. P. Awasthi and A. Sud. 2000. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS) norms for apple (*Malus x Domestica* Borkh. L. CV. Starking Delicious) in Himachal Pradesh, *Indian Journal of Horticulture*. 53(3):196-204.
- Sumner, M. E. 1977. Preliminary NPK foliar diagnostic norm for wheat. *Comm. Soil Science Plant Analysis, New York, United State of America*. 8(2):149-167.
- Wadt, P. G. S., J. R. M. Dias, D. V. Pérez e C. O. Lemos. 2012. Interpretação de índices DRIS para a cultura do cupuaçu. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 36:125-135.
- Walworth, J. L. y M. E. Summer. 1987. The diagnosis y recommendation integrated system (DRIS). *Adv. Soil Science*. 6:149-188.

## Diferentes distanciamientos de plantación para un sistema de cultivos consociados de mandioca-maíz-maní en el noreste de Argentina

### Different plantation frames for an intercropping system of cassava-maize-peanut in the northeast of Argentina

Angela M. Burgos\*, Pedro J. Cénoz y Daniel O. Leiva

Universidad Nacional del Nordeste (UNNE) - Facultad de Ciencias Agrarias. \*Correos electrónicos: burgosangela@agr.unne.edu.ar, burgosangela@hotmail.com.

#### RESUMEN

Una de las maneras de incorporar la diversidad en los sistemas agrícolas, es el uso de especies consociados en el espacio y en el tiempo, como los cultivos consociados (CC). Con ellos, el sistema se vuelve más productivo que con la aplicación de monocultivos (MC). Para evaluar el efecto de diferentes marcos de plantación de mandioca (M), como cultivo principal, sobre el rendimiento del mismo y de los cultivos asociados como maíz (Z) y maní (A), fue llevado a cabo un experimento factorial en el Campo Didáctico-Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Corrientes, Argentina. Se establecieron 6 tratamientos: T1=MC-M; T2=MC-Z; T3=MC-A; T4=CC-M-Z-A a 0,50 m entre surcos; T5=CC-M-Z-A a 0,75 m entre surcos; T6=CC-M-Z-A a 1,00 m entre surcos. La densidad de plantas de M se mantuvo constante, por consiguiente se modificó el distanciamiento entre plantas a 1,0; 0,67 y 0,50 m para T4, T5 y T6, respectivamente. El diseño experimental se realizó en bloques completos al azar con tres repeticiones, los resultados se analizaron estadísticamente por medio del Análisis de la Varianza con separación de medias a través del test de Tukey ( $P \leq 0,05\%$ ). Los resultados demostraron que con las mayores densidades de los CC correspondientes al T4, consistentes en surcos estrechos distanciados a 0,50 m y distanciamientos entre plantas de M a 1,00 m, se obtuvo la máxima eficiencia y productividad, bajo un modelo sustentable y conservacionista.

**Palabras clave:** *Manihot esculenta* Crantz, *Zea mays* L., *Arachis hypogaea* L., policultivos, raíces amiláceas.

#### ABSTRACT

One of the ways to incorporate the diversity in agricultural systems is the use of associated species in space and time as intercropping plants (CC), so that the system becomes more productive compared with the application of monocultures (MC). In order to evaluate the effect of different plantation frame of cassava (M) as the main crop on its performance and on its associated crops, maize (Z) and peanuts (A); a factorial experiment was conducted in the Experimental Field of the School of Agronomy, National University of the Northeast (FCA-UNNE, its Spanish acronym), in Corrientes, Argentina. Six treatments were established: T1=MC-M; T2=MC-Z; T3=MC-A; T4=CC-M-Z-A with 0.50 m between rows; T5=CC-M-Z-A 0.75 m between rows; T6=CC-M-Z-A 1.00 m between rows. The cassava (M) plant density was kept constant, as a result the distance between plants in the rows was modified: 1.0; 0.67 and 0.50 m for T4, T5 and T6, respectively. The experimental design was a randomized complete block with three replicates, the results were statistically analyzed using the analysis of variance with mean separation by Tukey's test ( $P \leq 0.05\%$ ). The results showed that with the highest densities of CC, T4, which consisted of narrow rows spaced 0.50 m and 1.00 m between plants of M, maximum efficiency and productivity were obtained under a conservation and sustainable model.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz, *Zea mays* L., *Arachis hypogaea* L., polyculture, starchy roots.

## INTRODUCCIÓN

Nicholls y Altieri (2002) afirman que una de las maneras de incorporar la diversidad en los sistemas agrícolas productivos, es el uso de especies asociadas en el espacio y en el tiempo como los cultivos consociados (CC). Esta tecnología de bajos insumos constituye entre el 50 y el 80% de los sistemas de cultivo en zonas tropicales y subtropicales. La coexistencia de diferentes especies establece una competencia parcial entre cultivos que utilizan diferentes (o los mismos) recursos del ecosistema; pero en tiempo y espacios distintos, basados en el principio de producción competitiva (Sarandón y Labrador Moreno, 2002). Otro beneficio de los CC se sustenta en la facilitación: una especie modifica el ambiente facilitando el crecimiento y desarrollo de otras; además, ejercen control sobre las malezas y posibilitan una compensación productiva y económica, si algún componente del sistema falla debido a factores adversos.

Frecuentemente, se puede obtener un mayor rendimiento en la siembra de una determinada área como CC, que de un área equivalente sembrada en forma de monocultivo (MC), dependiendo de diferentes diseños y ordenamientos espaciales y temporales (Altieri y Nicholls, 2000).

El sistema de cultivo de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) más difundido en Argentina es el MC, con labranza convencional y plantación de estacas en un marco de 1 m entre plantas y entre surcos, dando rendimientos promedios de 10000 kg.ha<sup>-1</sup> de raíces (Montaldo, 1985), que dejan el suelo descubierto los primeros 3-4 meses del ciclo del cultivo. Por su lento desarrollo inicial, es considerado un cultivo tardío, que no aprovecha en forma completa los factores luz, agua y nutrientes durante los tres primeros meses de su ciclo vegetativo, lo que permite la asociación con un cultivo precoz. De igual manera, al final de su ciclo vegetativo, ya en una fase fenológica de reposo, se produce abscisión foliar, reducción de la intercepción de la radiación incidente y de la tasa de crecimiento. Por lo tanto, ésta última fase del ciclo nuevamente se presta para consociar con otro cultivo (Leihner, 1986).

Las posibles especies a ser consociadas dependen del sitio de producción y de las

posibilidades del productor para su manejo. En este sentido, la consociación con leguminosas y cereales es una alternativa interesante y sustentable; la de mandioca-maíz (*Zea mays* L.) ha sido caracterizada como ecológicamente ventajosa por Olsantan *et al.* (1996) y los pequeños productores de África frecuentemente asocian mandioca con leguminosas de ciclo largo y corto (Adjei-Nsiah *et al.*, 2007). En esta experiencia se evaluó el cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.) como leguminosa en consociación.

Si bien en el ámbito mundial (Mattos y Souza, 1986; 1987; 1989; 2005; Andrade *et al.*, 1986; Noguera *et al.*, 1991; Alves 2002; Mojena y Bertolí, 2004; Iijima *et al.*, 2004; Adjei-Nsiah *et al.*, 2007) y por experiencias a nivel local (Cenóz *et al.*, 1995; 1998; 2010; Cenóz y Ferrero, 2002) se conocen resultados de numerosos ensayos sobre el CC de mandioca; estos han focalizado el estudio en el uso eficiente de la tierra y en el rendimiento final, además del análisis económico de productividad del sistema. Sin embargo, son escasas y muy recientes las experiencias donde se analiza la dinámica de los componentes ecofisiológicos del rendimiento bajo el sistema de CC, en términos de las interrelaciones de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y modificaciones en la determinación de la biomasa total de cada cultivo participante.

A partir de ello, el objetivo del trabajo ha sido evaluar el desarrollo y rendimiento de la mandioca como cultivo principal en un sistema consociado con maíz y maní, bajo diferentes distanciamientos de plantación respecto a sus monocultivos, para las condiciones agroecológicas del noreste de Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Campo Didáctico-Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), ubicado en el Departamento Capital de la Provincia de Corrientes (27° 28' LS y 58° 16' LO), Argentina.

El clima se caracteriza por presentar precipitaciones promedio anuales de 1300 mm, y temperatura media anual de 21,6 °C. El período libre de heladas es de 340 a 360 días por año y la frecuencia de ocurrencia de las mismas es de 0,5. Tomando la clasificación de Köppen modificada



(Pascale y Damario, 2004), el clima en la región se clasifica como mesotermal húmedo Cf w'a (h). El suelo es clasificado como Udipsamment árgico, mixto, hipertérmico, presenta una granulometría gruesa en superficie, mediano a débilmente ácido en el horizonte A, arenoso, sin impedimentos mecánicos, de baja fertilidad (Soil Survey Staff, 1990).

Los materiales biológicos utilizados fueron: especies de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv. Blanca de Santa Catarina), maíz (*Zea mays* L. híbrido tropical) y maní (*Arachys hipogaea* L. tipo Valencia cv. Colorado irradiado).

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar, se distribuyeron 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno. Tres tratamientos (T1, T2 y T3) constituían los MC de cada especie sembrada a la distancia tradicional de la zona. Los 3 tratamientos consociados (T4, T5 y T6) surgen de diferentes distancias entre los surcos de las diferentes especies; para poder mantener la misma densidad de mandioca ( $6666 \text{ pl. ha}^{-1}$ ) se modificaron los distanciamientos de plantas en el surco (Figura 1).

El distanciamiento entre plantas de maíz y maní dentro de sus respectivos surcos, no se modificó; siendo de 0,25 m para todos los tratamientos.

T1: Monocultivo de Mandioca (M): 1,00 m x 1,00 m =  $10000 \text{ pl. ha}^{-1}$

T2: Monocultivo de Maíz (Z): 0,70 m x 0,25 m =  $57143 \text{ pl. ha}^{-1}$

T3: Monocultivo (A): 0,70 m x 0,25 m =  $57143 \text{ pl. ha}^{-1}$

T4: 0,50 m entre surcos y entre plantas de M 1,00 m

T5: 0,75 m entre surcos y entre plantas de M 0,67 m

T6: 1,00 m entre surcos y entre plantas de M 0,50 m

Cada repetición de los MC contó con 4 surcos, de los que se muestrearon solo los 2 centrales y cada repetición de los CC con 6 surcos de 6 m de largo, de los cuales solo se muestrearon los 4 centrales. De cada repetición se muestrearon 5 plantas por cultivo (15 por tratamiento y por fecha de muestreo).

Las siembras se realizaron en el mes de septiembre (M), octubre (Z) y noviembre (A) durante los años 2010-2011 y 2011-2012. Las cosechas y muestreos se hicieron oportunamente según el ciclo de cada cultivo: en enero (Z), marzo (A) y mayo (M). En Z a madurez fisiológica (R6), que corresponde al máximo peso de granos. En A a madurez de cosecha (R8), cuando un 30% de los frutos llega a su madurez y el 75% de las plantas han alcanzado ese estado. En M a fase de maduración, con máxima acumulación de fécula referida para el cultivar.

Se midieron diferentes variables de acuerdo al cultivo.

### Mandioca

Peso Total Raíces Reservantes (PTRR) por planta ( $\text{kg. pl}^{-1}$ ) y por hectárea ( $\text{kg. ha}^{-1}$ )

Peso Raíces Reservantes Comerciales (PRRC) por planta ( $\text{kg. pl}^{-1}$ ) y por hectárea ( $\text{kg. ha}^{-1}$ ).

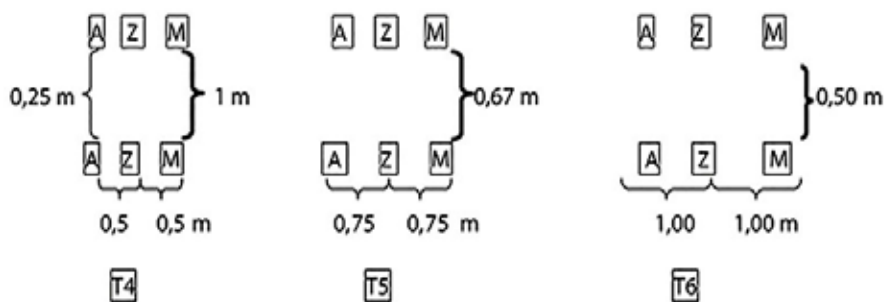


Figura 1. Esquema de distribución de los 3 tratamientos consociados (T4, T5, T6), detallando la distancia entre surcos (0,50; 0,75; 1,00 m) y la distancia entre plantas de mandioca (M) dentro del surco (1,00; 0,67; 0,50 m) para cada tratamiento. Las distancias entre plantas en los surcos de maní (A) y maíz (Z) se mantuvieron constantes (0,25 m).

Peso Raíces Reservantes No Comerciales (PRRNC) por planta ( $\text{kg.pl}^{-1}$ ) y por hectárea ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

Biomasa Aérea (BA) por planta ( $\text{kg.pl}^{-1}$ ) y por hectárea ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

Todas las variables mencionadas se hallan expresadas en peso fresco.

Número de Raíces Reservantes Totales (NRRT) por planta y por hectárea.

Longitud (cm) de Raíces Comerciales (LRC).

Diámetro (cm) de Raíces Comerciales (DRC).

### Maíz

Número choclos (NCh) por planta y por hectárea.

Radiación interceptada por el Z medido sobre el ápice de las plantas de M (%), utilizando ceptómetro de medición de radiación PAR entre las 11 y las 13 h en 3 lugares por cada parcela según fórmula  $li/lo=e^{-ki}$  (Gardner *et al.*, 1985).

### Maní

Peso de Maníes en Vainas (PMV) por hectárea ( $\text{kg.ha}^{-1}$ ).

Número de Vainas Llenas (NVL).

Número de Vainas Vanas (NVV).

El número de vainas llenas y vanas se calculó sobre una muestra de 30 maníes totales por tratamiento.

### El Uso Eficiente de la Tierra (UET)

El UET es la suma de dos o más cocientes, según el número de cultivos que intervengan en la asociación. Cada cociente representa la relación entre la producción obtenida en la asociación y en el monocultivo, para cada una de las especies. La sumatoria de estos cocientes nos indica el UET del sistema, que representa la superficie relativa cultivada en monocultivo necesaria para obtener la misma producción que en la asociación:  $UET = I_x + I_y + I_z... = A_x/M_x + A_y/M_y + A_z/M_z...$

Los  $A_x$ ,  $A_y$  y  $A_z$  representan los rendimientos obtenidos en la asociación; y  $M_x$ ,  $M_y$  y  $M_z$  los rendimientos de las especies en monocultivo (Mead and Willey, 1980; Mattos y Souza, 2005).

Todas estas variables se expresaron por unidad de superficie en función a la densidad utilizada.

Los datos fueron evaluados estadísticamente con el software InfoStat versión 2002. Se realizaron los análisis de varianza y la comparación de medias entre tratamientos por medio del test de Tukey ( $P < 0,05\%$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos permitieron establecer la significancia de las diferencias de medias para las variables relativas a cada cultivo y tratamiento, promediándose ambos ciclos productivos, sin discriminar comportamiento entre años.

Las respuestas encontradas en M se muestran en el Cuadro 1.

A excepción del T6, todos los demás tratamientos superaron el rendimiento promedio de  $10 \text{ t.ha}^{-1}$  citado por Montaldo (1985) para Argentina (Cuadro 1).

El PTRR. $\text{pl}^{-1}$  del T1 y T6 fueron estadísticamente menores que los del T4 y T5, mientras el T1 logró compensar el PTRR. $\text{ha}^{-1}$  debido a la mayor densidad de plantación ( $10000 \text{ pl.ha}^{-1}$ ). El T6 con igual número de plantas por hectárea que los otros dos CC ( $6.666 \text{ pl.ha}^{-1}$ ), no logró compensar el rendimiento (Cuadro 1). Del total de raíces producidas, las comerciales son particularmente aptas para la venta en fresco, mientras las clasificadas como no comerciales son apropiadas para la industrialización o para la alimentación animal.

Particularmente, el PRRC. $\text{pl}^{-1}$  fue la variable que manifestó diferencias de significancia estadística que explicaron las encontradas en el PTRR. $\text{pl}^{-1}$ . Por su parte, en el PRRNC no hubo diferencias estadísticas, si bien en el T1 se obtuvo una ventaja de  $1200 \text{ kg.ha}^{-1}$  promedio, en respuesta a la mayor densidad de plantas por hectárea, respecto a los demás tratamientos. El PRRNC contribuyó en un 38% al PTRR en T1 y T6; siendo en T4 y T5 un 25%, demostrándose que en T4 y T5 no solo se alcanza mayor rendimiento, sino también mejor calidad de raíces, más aptas para la comercialización en fresco. De esta manera, se postula que probablemente debido a modificaciones en el área foliar y en la capacidad de interceptar la radiación incidente, la fase de llenado de raíces habría sido afectada en T1 y T6, por lo que no alcanzó a incrementar el PRRC.

Asimismo, se infiere que la estrecha distancia entre plantas (0,5 m) del T6 impondría una alta competencia intraespecífica, que no favorece el PTRR.pl<sup>-1</sup>, y particularmente el PRRC.pl<sup>-1</sup>.

El mejor comportamiento de M en T4 y T5 podría asociarse a que los otros cultivos consociados (Z y A) fueron fertilizados y dada la estrecha distancia entre surcos, la M resultó beneficiada indirectamente; esto demostraría la ventaja de producirla dentro del sistema de consociación.

Por planta, el componente del rendimiento asociado al NRRT.pl<sup>-1</sup>, no mostró diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 2), pero al estudiarlas en la hectárea, se observó que el reducido número de raíces de T1 es

compensado por la mayor densidad de plantas del tratamiento, lo que determina las diferencias estadísticas que se establecen.

En este sentido, Mojena y Bertolí (2004) señalan que el número de raíces por planta está más influenciado por el clon que por el ambiente, lo cual corrobora los resultados de este trabajo, en los que se observó que el número de raíces fue estadísticamente estable para el cultivar, independientemente del tratamiento utilizado.

En referencia a las variables LRC y DRC promedio de las raíces comerciales de las plantas, no fueron modificadas por los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 1. Peso Total de Raíces Reservantes (PTRR), Peso de Raíces Reservantes Comerciales (PRRC) y Peso de Raíces Reservantes No Comerciales (PRRNC) de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) expresadas en kilogramos por planta (kg.pl<sup>-1</sup>) y en kilogramos por hectárea (kg.ha<sup>-1</sup>).

Tratamiento	PTRR (kg.pl <sup>-1</sup> )	PTRR (kg.ha <sup>-1</sup> )	PRRC (kg.pl <sup>-1</sup> )	PRRC (kg.ha <sup>-1</sup> )	PRRNC (kg.pl <sup>-1</sup> )	PRRNC (kg.ha <sup>-1</sup> )
T1	1,18 a	11801 b	0,73 a	7303 a	0,45 a	4498 a
T4	1,99 b	13280 b	1,51 b	10080 b	0,48 a	3200 a
T5	1,83 b	12217 b	1,36 b	9071 b	0,47 a	3147 a
T6	1,27 a	8522 a	0,79 a	5288 a	0,49 a	3234 a
CV (%)	22,0	22,87	22,99	23,68	26,07	24,3

Letras distintas indican diferencias significativas dentro de las columnas (Tukey P<sub>≤</sub>0,05)

Cuadro 2. Número de Raíces Reservantes Totales (NRRT) por planta (pl) de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) y por hectárea (ha).

Tratamiento	NRRT.pl <sup>-1</sup>	NRRT.ha <sup>-1</sup>
T1	4,86 a	48600 b
T4	6,62 a	44128 b
T5	6,43 a	43329 b
T6	4,13 a	27530 a
CV (%)	22,03	23,00

Letras distintas indican diferencias significativas dentro de las columnas (Tukey P<sub>≤</sub>0,05).

La BA fresca que está representada por los tallos y hojas, es estadísticamente menor en el MC-T1 (Cuadro 3). Las fuentes (hojas) disminuidas explicarían los destinos (raíces) también disminuidos (Cuadro 1), explicando las diferencias en los rendimientos.

En los tratamientos CC, del mes de diciembre, se midió la radiación interceptada por el cultivo de Z a la altura del ápice superior de las plantas de M, a fin de evaluar el grado de sombreado de las primeras sobre las segundas, bajo diferentes distancias de entresurcos. A pesar de los distintos espaciamentos, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de CC, mostrando valores de intercepción de 35, 34 y 40% en el T6, T5 y T4, respectivamente, mientras que las plantas de M del MC (T1) recibieron el 100% de la radiación incidente.

En este sentido, Z se cosechó en el mes de enero, cuando la planta de M aún no iniciaba el estado de engrosamiento de raíces que se da entre los 148 y 175 DDP, según experimentos realizados en esta misma localidad por Burgos *et al.* (2013). Por esta razón, el corto periodo de convivencia con el cultivo de mayor altura no habría afectado el rendimiento de las raíces de M.

Respecto a Z, el número de choclos (espigas) logrados por planta, fue significativamente menor únicamente en el T6, respecto a los otros tratamientos, incluido el MC (Cuadro 4). En el T6, la mayor cantidad de plantas de M en el líneo, podrían haber generado alta competencia por los recursos edáficos (hídricos y nutricionales). Las diferencias en los rendimientos de choclos por hectárea, se explican por el componente asociado al número de plantas.ha<sup>-1</sup> de Z que impone cada tratamiento: 57143, 26666, 17857 y 13333 para el MC-T2 y los CC-T4, T5 y T6, respectivamente (Cuadro 4).

En lo que respecta al cultivo A, el rendimiento expresado en maníes en vainas por hectárea no se diferenció estadísticamente entre los obtenidos en MC-T3 y los de los CC en los tratamientos T4 y T5 (Cuadro 5). El T6 no favoreció el rendimiento, encontrándose gran cantidad de vainas vanas. Según Pedelini (2008) si bien la siembra se realiza tradicionalmente con distanciamientos de 0,70 m (T3), el aumento de plantas (T4 y T5) no disminuye el rendimiento.

Las observaciones realizadas a través de este ensayo en el campo permiten hacer notar que en el T6, el A cubrió el amplio entresurco de 1 m con un importante volumen de masa verde y si bien su rendimiento fue significativamente inferior al de los demás tratamientos, logró un excelente control de malezas respecto del T1 con igual distancia de entresurco; situación que es sumamente valorada por los pequeños productores de mandioca.

Finalmente, en la Cuadro 6 se muestra el UET calculado para cada uno de los tratamientos CC respecto del MC, habiéndose obtenido el máximo aprovechamiento (2,83) con alta densidad de siembra dentro de la asociación T4.

En lo que respecta a los tratamientos T5 y T6, con densidades intermedias y bajas, respectivamente, si bien los valores del UET van disminuyendo como consecuencia del menor número de plantas por hectárea, estos siguen siendo positivos, lo que indica que la asociación es eficiente, independientemente de la densidad utilizada. El UET del T5 es 2,72 y el de T6 es 1,74. De esta forma, serían necesarios 2,83 ha (1,56 ha de M+ 0,46 ha de Z + 0,81 ha de A); 2,72 ha (1,44 ha de M+ 0,41 ha de Z + 0,87 ha de A) y 1,74 ha (1,00 ha de M+ 0,23 ha de Z + 0,51 ha de A) de monocultivo para los tratamientos T4, T5 y T6, respectivamente, necesarias para poder obtener las producciones equivalentes a 1 ha en sistema CC. Estos resultados concuerdan con evaluaciones realizadas por Damasceno *et al.* (2001) y Mattos y Souza (2005) en asociaciones de maíz-porotomandioca, en las que se encontraron ventajas relacionadas al análisis del UET para los tratamientos CC respecto a los monocultivos. Asimismo, Cenóz *et al.* (2010) coincidentemente encontraron que los mayores rendimientos dentro de los sistemas CC se presentaron con altas densidades de siembra de maíz-maní-mandioca-caupí.

En términos generales, el T4 resultó más favorable para los tres cultivos, con resultados significativos en relación a los componentes del rendimiento de raíces de M (peso y número), longitud y diámetro de las mismas; mayor número de choclos por hectárea para Z; menor vaneos de vainas y mayor rendimiento por hectárea y por planta de A.

Cuadro 3. Longitud (LRC) y Diámetro (DRC) de Raíces Comerciales promedio por planta (cm) y peso de la Biomasa Fresca Aérea (BA) por planta de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) y por hectárea.

Tratamiento	LRC (cm)	DRC (cm)	BA (kg.pl <sup>-1</sup> )	BA (kg.ha <sup>-1</sup> )
T1	30,15 a	4,92 a	0,294 a	2947,67 a
T4	33,38 a	5,63 a	0,526 ab	3510,76 ab
T5	31,40 a	4,96 a	0,800 b	5338,36 b
T6	29,83 a	4,90 a	0,595 ab	3966,27 ab
CV (%)	10,47	7,10	30,00	29,00

Letras distintas indican diferencias significativas dentro de las columnas (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

Cuadro 4: Número de Choclos (NCh) por planta (pl) y por hectárea (ha).

Tratamiento	Nch.pl <sup>-1</sup>	Nch.ha <sup>-1</sup>
T2	1 b	57143 d
T4	1 b	26800 c
T5	0,9 b	15840 b
T6	0,5 a	6800 a
CV (%)	14,66	15,00

Letras distintas indican diferencias significativas dentro de las columnas (Tukey  $P < 0,05$ ).

Cuadro 5. Peso de Maníes en Vainas (PMV), Número de Vainas Llenas (NVL) y Número de Vainas Vanas (NVV).

Tratamiento	PMV (kg.ha <sup>-1</sup> )	NVL	NVV
T3	1166,26 b	19 b	11 a
T4	948,73 b	19 b	11 a
T5	1019,17 b	10 a	20 b
T6	598,00 a	15 b	15 a
CV (%)	25	9,78	10,08

Letras distintas indican diferencias significativas dentro de las columnas (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

Cuadro 6. Comparación del Uso Eficiente de la Tierra (UET) obtenido para diferentes tratamientos en sistemas consociados (CC) respecto a cada monocultivo (MC).

	T4	T5	T6
Mandioca	1,56	1,44	1,00
Maíz	0,46	0,41	0,23
Maní	0,81	0,87	0,51
TOTAL	2,83	2,72	1,74

En esencia, lo que se pretende es promover la autosuficiencia alimentaria del campesino, dejando de lado el modelo de agricultura especializada orientada a la exportación, por un modelo que reconozca la diversidad ecológica y cultural del nordeste de Argentina (Altieri y Nicholls, 2000).

Lograr una densidad óptima por hectárea en el cultivo, constituye una forma económica y sencilla para aumentar los rendimientos. El espacio agrícola se aprovecha si se diseñan arreglos espaciales con posibilidades para intercalar cultivos con mínima competencia interespecífica, que mantengan rendimientos elevados y a la vez permitan efectuar las prácticas culturales (Mojena y Bertolí, 2004).

### CONCLUSIONES

Con las mayores densidades del sistema consociado de cultivo T4 se aprovecha el espacio agrícola, obteniéndose la máxima eficiencia del sistema productivo, con la mínima competencia interespecífica.

El sistema de cultivos asociados mandioca-maní-maíz es más beneficioso en términos productivos respecto a los monocultivos. Así pues, la incorporación de especies leguminosas contribuye a la sustentabilidad del sistema productivo tradicional; mientras que los cultivos de mandioca y maíz, que en conjunto aportan los mayores beneficios en términos económicos de eficiencia (UET) y productividad; son los que no deberían faltar dentro del sistema.

### AGRADECIMIENTO

A la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional del Nordeste (P.I. A002/11 y P.I. A002/14) por el financiamiento del presente trabajo.

### LITERATURA CITADA

- Adjei-Nsiah, S., T. W. Kuyper, C. Leeuwis, M. K. Abekoe and K. E. Giller. 2007. Evaluating sustainable and profitable cropping sequences with cassava and four legume crops: Effects on soil fertility and maize yields in the forest/savannah transitional agro-ecological zone of Ghana, *Field Crops Research*. 103:87-97.
- Altieri, M. y C. I. Nicholls. 2000. *Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México. 257 p.
- Alves, A. A. C. 2002. *Cassava Botany and Physiology*. En: RJ Hillocks, JM Thresh; AC Belloti (eds). *Cassava: Biology, Production and Utilization*. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI) Publishing, New York. 5:67-89.
- Andrade, A. G. A., L. A. Nogueira, N. Fernandez e J. D. Galvao. 1986. Produção e componentes da produção em sistemas de cultivos asociados e exclusivos de milho e feijão. *Revista Ceres*. 33:69-78.

- Burgos, A. M., J. Prause, J. A. Arguello y P. J. Cenóz. 2013. Fenología de los estados vegetativos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en base al tiempo térmico. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Cuyo (UNCUYO), Argentina. 45:43-52.
- Cenóz, P. J. y A. Ferrero. 2002. Análisis productivo y alimentario de cultivos asociados. Revista Internacional del Centro de Información Tecnológica (CIT). La Serena, Chile. 13:9-14.
- Cenóz, P. J., J. Schroeder y R. Karacinque. 1995. Análisis comparativo del efecto de la densidad y distribución de plantas en una consociación Mandioca-Caupí. Revista Horticultura Argentina. 14:12-16.
- Cenóz, P. J.; R. Karacinque y J. Schroeder. 1998. Efecto de una consociación Mandioca-Batata, en su aspecto cultural y económico. Revista Horticultura Argentina. 17:32-35.
- Cenóz, P. J., A. M. Burgos y C. N. Balbi. 2010. La densidad de plantas como variable de rendimiento cultural y económico de cuatro cultivos consociados bajo las condiciones agroecológicas del nordeste de Argentina (NEA). Revista Horticultura Argentina. 29:18-25.
- Damasceno, L. S. da P., P. L. P. de Mattos e R. C. Caldas. 2001. Arranjos espaciais de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en monocultivo e consorciada con feijao (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). Revista Magistra. 13:21-28.
- Gardner, F. P., R. Brent Pearce and R. L. Mitchel. 1985. Carbon Fixation by crop canopies. **En:** Physiology of Crop Plants. Gardner, F. P.; R. Brent Pearce; R. L. Mitchel (eds). Iowa State University Press. pp. 31-57.
- Iijima, M., I. Yasuhiro, E. Yuliadi, S. Sunyoto and W. S. Ardjasa. 2004. Cassava-Based Intercropping System on Sumatra Island in Indonesia: Productivity, Soil erosion, and rooting zone. Plant Production Science. 7:347-355.
- Leihner, D. 1986. Yuca en cultivos asociados Manejo y Evaluación. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 700 p.
- Mattos, P. L. P. e A. S. Souza. 1986. Consorciacao de mandioca com amendoim. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas. 5(1):71-76.
- Mattos, P. L. P. e A. S. Souza. 1987. Mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) consorciada com milho (*Zea mays* L.) no sistema de fileras duplas. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas. 6:49-53.
- Mattos, P. L. P. e A. S. Souza. 1989. Adaptacao de espacamentos na consorciacao de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). Plantadas en fileras duplas com caupí (*Vigna unguiculata* L.) Revista Brasileira de Mandioca. 8:77-81.
- Mattos, P. L. P. e A. S. Souza. 2005. Consorciacao da Mandioca plantada em fileras duplas e simples com culturas de ciclo curto I. mandioca x caupi x milho. Revista Brasileira de Mandioca. 18:25-30.
- Mead, R. and R. Willey. 1980. The concept of a "Land Equivalent Ratio" and advantages in yield from intercropping. Experimental Agriculture. 16:217-228.
- Mojena, M. y M. P. Bertolí. 2004. Rendimiento en la yuca (*Manihot esculenta*) en diferentes arreglos espaciales. Agronomía Costarricense. 28:87-94.
- Montaldo, A. 1985. La yuca o mandioca. Ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Costa Rica. 386 p.
- Nicholls, C. y M. Altieri. 2002. Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. Manejo integrado de Plagas y Agroecología. 65:50-64
- Noguera, N., M. Ch. Douglas y J. Viera. 1991. Evaluación eco fisiológica de cultivos asociados. I. Cannavalia -Sorgo. Agronomía Tropical. 39:1-3.
- Olasantan, F. O., H. C. Ezumah and E. O. Lucas. 1996: Effects of intercropping with maize on the micro-environment, growth and yield of cassava. Agriculture, Ecosystems and Environment. 57:149-158.

- Pascale, A. J. y E. A. Damario. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 550 p.
- Pedelini, R. 2008. Mani. Guía Práctica para su cultivo. Publicaciones Regionales Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Boletín de Divulgación Técnico. 2:21.
- Sarandón, S.J. y J. Labrador Moreno. 2002. El uso de policultivos en la agricultura sustentable. **En:** Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. S. Sarandón (Ed.). Ediciones Científicas Americanas, La Plata. pp. 189-222.
- Soil Survey Staff. 1990. Keys to Soil Taxonomy by Survey Staff SMSS Technical Monograph N° 6 Fourth Edition. Blacesburg, Virginia. United States of America. pp. 195-224.



## Evaluación de 16 clones élites de yuca con prácticas de manejo integrado en el eje panamericano de los estados Mérida-Zulia

### Evaluation of 16 cassava elite clones with an integrated management practices on the pan american area of Mérida-Zulia states

María A. Ormeño D.<sup>1\*</sup>, José C. Garnica<sup>1</sup>, Noris Terán<sup>2</sup> y Juan C. Rey<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA - Mérida). <sup>2</sup>Fundación de Capacitación e Innovación para Apoyar la Revolución Agraria (CIARA). <sup>3</sup>Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA - CENIAP).  
\*Correo electrónico: mormeno@inia.gob.ve

#### RESUMEN

El eje panamericano de los estados Mérida y Zulia forma parte de la subregión de la costa sur-oriental del Lago de Maracaibo, Venezuela. En esta zona se cultiva la yuca en condiciones de secano y con escaso manejo agronómico. Predomina el cultivar Armenia de ciclo corto (7 a 9 meses). Con el objetivo de identificar variedades productivas y adaptadas a esas condiciones se evaluó el rendimiento de 16 clones élites de yuca provenientes del Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP con el uso de abonos orgánicos. Fueron establecidas tres parcelas demostrativas en los municipios Alberto Adriani (Mérida), Tulio Febres Cordero (Mérida) y Sucre (Zulia), con 3 bloques al azar cada una. Se plantaron 10 estacas/clon/bloque a 1 x 1 m. Las estacas fueron desinfectadas con *Trichoderma* al 20%. Se aplicó fertilización química de acuerdo al análisis de suelo; adicionalmente, se complementó la fertilización con té de estiércol (20%) + vermicompost líquido (10%), quincenalmente; fue usado repelente para plagas a base de ruda (*Ruta graveolens*) al 10%, mensualmente. La cosecha se realizó a los 9 meses, se promediaron los rendimientos de 10 plantas/clon/bloque seleccionadas al azar, resultando como los mejores clones para los tres sectores estudiados: 'Paiguanera' (amarga) y 'CM6740-7' (dulce) con rendimientos superiores a los 53000 kg.ha<sup>-1</sup>. El uso de abonos orgánicos como complemento de la fertilización química de la yuca permitió obtener buenos rendimientos para la mayoría de los clones élites evaluados, superiores a los obtenidos por los mismos clones en otros estados del país y de los rendimientos de los productores, sin uso de abonos orgánicos.

**Palabras clave:** *Manihot esculenta* Crantz, abonos orgánicos, agricultura ecológica.

#### ABSTRACT

The panamerican axis of Mérida and Zulia states are part of the sub-region of the southeast coast of Maracaibo Lake in Venezuela. In this area, cassava is cultivated under rainfall conditions and with very little agronomic management. The predominant short cycle cultivar is Armenia (7 to 9 months). To identify production and adaptation cultivars to such conditions and assess the performance with the use of organic fertilizers, three demonstration plots were established with 16 elite clones from the germplasm bank of INIA-CENIAP elite cultivars. Plots were established in the Alberto Adriani and Tulio Febres Cordero municipalities (Mérida) and Sucre (Zulia), with three (3) randomized blocks design; 10 cuttings/clone/block to 1 x 1 m. The cuttings were disinfected with *Trichoderma* to 20%. Chemical fertilization was applied accordingly to the soil study. Additionally, fertilization was complemented with manure tea (20%) + liquid vermicompost (10%) each fifteen days; insect repellent made of *Ruta graveolens* (10%), each month. The harvest was done after 9 months and the yield of 10 plants/clone/block randomly selected were averaged. Results showed that the best, of all sectors evaluated were the following: 'Paiguanera' (bitter) and 'CM6740'-7 (sweet) with yields superior to 53000 kg.ha<sup>-1</sup>. The use of organic fertilizers as a complement to chemical fertilization of cassava produced better yields for almost elite clones under study, superior to the same clones produced in other parts of the country and yields obtained by farmers without use of organic fertilizers.

**Key words:** *Manihot esculenta* Crantz, organic fertilizers, agroecology agriculture.

## INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es un cultivo originario de América Tropical, consumida por los indígenas en forma de raíces frescas o procesadas para hacer harinas, casabe, masato o chicha de yuca. Fue llevada a otros países después de la invasión al continente americano, encontrándose actualmente entre los 30° de latitud norte y sur (INIAP, 1995; Montaldo, 1991). Se considera a la yuca como una de las principales fuentes energéticas en la alimentación humana y animal, además de poseer un gran potencial a nivel industrial (Torres *et al.*, 1999).

Para el año 2013 Venezuela produjo 558000 t, con un rendimiento promedio de 12 t.ha<sup>-1</sup> (FEDEAGRO, 2015). Los principales estados venezolanos productores de yuca son Monagas, Sucre, Bolívar, Amazonas y Zulia. Según datos del Censo Agrícola Nacional del año 2008, la superficie cosechada fue de 7363 ha (Monagas), 4976 ha (Bolívar), 4172 ha (Sucre) y 4146 ha (Amazonas). En el estado Mérida se sembraron 757 ha de yuca dulce con una producción de 5998 t (MPPAT, 2008).

En Venezuela, la mayoría de los estudios relacionados con la fertilización de la yuca reportan el uso de fertilizantes químicos o aplicación de roca fosfórica. Solo un par de trabajos se refieren al estudio del uso de micorrizas asociadas a la yuca en el oriente del país (Arismendi, 2001).

La cantidad de nutrientes removidos por las raíces de la yuca son más bajos comparados con los removidos por otros cultivos (Howeler, 2001); sin embargo, pueden ser altos cuando los rendimientos son altos (Howeler, 2001, Wichmann, 1992); por esta razón los rendimientos de la yuca bajan progresivamente cuando no son aplicados nutrientes en el suelo.

El potasio es el nutriente que más es removido del suelo por las plantas de yuca, por lo cual debe ser adicionado en mayores cantidades que los otros nutrientes, sin exagerar su cantidad, pues excesos de potasio pueden perjudicar la absorción de calcio y magnesio por su antagonismo. La aplicación de estiércol de bovino y compost, más cantidades balanceadas de fertilizantes NPK, pueden minimizar el antagonismo entre estos cationes (Wargiono *et al.*, 2002).

Cada tonelada de raíces crudas de yuca producidas por hectárea, remueven cerca de 3 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 7 kg de potasio del suelo por hectárea. La mayoría de los nutrientes a excepción del potasio se encuentran en las hojas y tallos, por lo cual si estos son incorporados en el suelo, habrá poca carencia de los mismos (FiBL, 2011).

El uso de fertilizantes inorgánicos es la forma más fácil de aumentar la productividad de la yuca; sin embargo, los elevados precios y la disponibilidad para los pequeños agricultores limitan su uso a nivel mundial. Los agricultores tienen otras alternativas para mejorar la productividad de la yuca, siendo importante aumentar la disponibilidad de los nutrientes y reducir las pérdidas de los mismos dentro de los sistemas agrícolas. Para ello, se debe incluir el manejo de las arvenses, el control de la sequía, mejorar la fertilidad del suelo, la rotación de cultivos con especies que aporten nutrientes al suelo como abonos verdes, entre otros (Ormeño y Ovalle, 2011; Ormeño y Zambrano, 2011; FiBL, 2011; Fermont, 2010; Ormeño *et al.*, 2010 a; Howeler, 2007; Wargiono *et al.*, 2002).

Burgos *et al.* (2012) indicaron que en suelos arenosos (Entisoles) y clima subtropical en Corrientes (Argentina), con moderadas cantidades de K y bajos contenidos de P, la aplicación de fertilizantes químicos potásicos no afectó los rendimientos de la yuca; sin embargo, la aplicación de fósforo si tuvo incidencia positiva en los rendimientos para mantener niveles de 20 t.ha<sup>-1</sup>.

Las parcelas demostrativas fueron establecidas en los estados Mérida y Zulia del eje panamericano, que forma parte de la subregión conformada por varios municipios de los estados Táchira, Mérida, Zulia y Trujillo, que bordean la costa sur-oriental del Lago de Maracaibo en Venezuela. En esta zona se cultiva la yuca en condiciones de secano y con escaso manejo agronómico. Predomina el cultivar de yuca Armenia (proveniente de Colombia) de ciclo corto (7 a 9 meses). Los factores limitantes para su producción son los intensos períodos de lluvia (1900 a 2809 mm.año<sup>-1</sup>) alternados con fuertes períodos de sequía, el ataque de algunas plagas como el gusano cachudo (*Erinnyis ello*) y el alto nivel freático de los suelos aluviales cercanos a los bordes del Lago. Según productores del

municipio Sucre (Zulia) en sus parcelas se han obtenido rendimientos con fertilización química de hasta 5 kg.planta<sup>-1</sup> (50 t.ha<sup>-1</sup>) y sin fertilización de 2,5 kg.planta<sup>-1</sup> (25 t.ha<sup>-1</sup>) bajo estas condiciones. Con el fin de probar otros cultivares de yuca utilizados en el país, se evaluaron 16 clones élites de yuca (dulces y amargos), conservados en el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Palmira-Colombia), INIA Anzoátegui e INIA Barinas; y como testigo la yuca 'Armenia', por ser la más difundida y de ciclo corto en la región. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue identificar clones productivos, adaptados a estas condiciones y evaluar el rendimiento con el uso de abonos orgánicos como complementos de la fertilización, así como el uso de otras prácticas de manejo integrados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en tres localidades diferentes del eje panamericano Mérida - Zulia: Cooperativa Pan y Amor, Fundo Zamorano Río Chama, sector Caño Balza municipio Alberto Adriani (Mérida), coordenadas UTM E-212.750 y N-957.400. Altura de 57 m.s.n.m., suelos de textura media, franco arcillosa (FA), bajo en nutrientes, fuertemente ácido (pH = 5,1).

Consejo Comunal Campesinos Unidos, Comuna 12 de Octubre (ex Fundo Zamorano Santa Ana), parroquia Independencia, municipio Tulio Febres Cordero (Mérida), coordenadas UTM E-264.666 y N-1.006.266. Altura de 54 m.s.n.m., suelos de texturas medias, franco arenoso (Fa), bajo en todos los nutrientes y contenido de materia orgánica, moderadamente ácido (pH = 5,8).

Asentamiento Campesino Los Aguacates, sector Caja Seca, parroquia Rómulo Gallegos, municipio Sucre, estado Zulia, coordenadas UTM E-272.317 y N-1.012.606. Altura de 84 m s. n. m., suelos con texturas livianas, areno francosa (aF), bajo en todos los nutrientes y materia orgánica, suelos neutros (pH = 6,6). Los datos de los análisis físico-químicos de suelos se presentan en el Cuadro 1.

En los tres lotes se tomaron muestras de suelo, dos meses antes de la siembra, con

el fin de conocer la fertilidad inicial de los mismos y el estado fitosanitario. Las muestras fueron tomadas utilizando el método en zigzag (Ormeño *et al.*, 2008a). Los análisis de fertilidad de suelos y fitosanitarios fueron realizados en los Laboratorios de Suelos y de Fitopatología del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Mérida, respectivamente. Los análisis de fertilidad de los abonos orgánicos fueron realizados en el Laboratorio de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes (Cuadro 2).

### Cooperativa Pan y Amor

La siembra se realizó en el mes de abril del año 2008. Se seleccionaron estacas "semilla" de aproximadamente 20 cm de longitud de los 16 clones élites que fueron evaluados (Cuadro 3). Se establecieron tres bloques al azar conformados por 10 estacas/clon, sembradas 1 x 1 m. Las semillas fueron desinfectadas por inmersión con *Trichoderma* al 20%, por 15 min. La siembra se realizó en surcos, se enterraron las estacas de forma horizontal a unos 6 cm de profundidad y se aplicó la solución de *Trichoderma* sobre las estacas sembradas. Al transcurrir un mes, se realizó el conteo de la brotación y se repitió la aplicación de *Trichoderma* (25 g/asperjadora de 18 L). Se fertilizó con vermicompost líquido (650 ml/asperjadora de 18 L) el primero y segundo mes después de la siembra. En el tercer mes se aplicaron fertilizantes químicos para cubrir los requerimientos del cultivo en ese suelo N:P:K (60-60-85), utilizando 50 g.planta<sup>-1</sup> de fertilizante 12-12-17SP.

El desmalezado se hizo manual el primer mes y luego se usó cortadora (guadaña). Se encontró el insecto plaga gusano cachudo (*Erinnyis ello*) al mes de la siembra, por lo que se aplicó el insecticida Lorsban® (Clorpirifós) una sola vez en todo el ciclo del cultivo. Se aplicó el repelente para insectos plaga a base de ruda (*Ruta graveolans*) al 10% mensualmente los tres primeros meses del cultivo (Ormeño y Rosales, 2008). Se realizó la cosecha a los 9 meses, se tomaron las medidas de 5 plantas/clon/bloque: peso de la parte aérea, hojas y tallo (PPA); peso total de las raíces (PTR); peso de las raíces comerciales o útiles (PUR); número total de raíces (NTR); diámetro de raíz en la región ecuatorial (DR); longitud de las raíces (LR); y gravedad específica (GE)

Cuadro 1. Análisis físico-químicos de fertilidad de los suelos de las tres parcelas bajo estudio.

		Cooperativa Pan y Amor	Santa Ana	Caja Seca
Textura	(%)	FA	Fa	aF
pH	(1:2,5)	5,1	5,8	6,6
MO	(%)	2,85	0,97	0,8
N	(%)	0,14	0,12	0,11
CE	(dS.m <sup>-1</sup> )	0,03	0,08	0,03
P	(mg.kg <sup>-1</sup> )	4	19	19
Ca	(mg.kg <sup>-1</sup> )	305	269	90
Mg	(mg.kg <sup>-1</sup> )	62	75	10
K	(mg.kg <sup>-1</sup> )	96	421	66

FA (franco arcillosa), Fa (franco arenosa), aF (areno francosa), MO (materia orgánica), CE (conductividad eléctrica). Métodos: textura (Bouyoucos), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> disponible y K<sub>2</sub>O disponible (Olsen, pH 8,5), Calcio y Magnesio disponible (Morgan modificado, pH 4,2), Materia Orgánica (Walkley & Black), pH (suspensión 1:2,5), CE (conductímetro relación 1:5). UCV, 1993.

Cuadro 2. Análisis físico-químicos de fertilidad de los abonos usados en las parcelas de yuca

		Té estiércol	Vermicompost líquido
pH	(1:2)	7,6	7,04
N	(%)	0,9	0,03
P	(mg.kg <sup>-1</sup> )	42	-
Ca	(mg.kg <sup>-1</sup> )	3700	6000
Mg	(mg.kg <sup>-1</sup> )	4145	2369
K	(mg.kg <sup>-1</sup> )	67825	45386
Na	(mg.kg <sup>-1</sup> )	85	1401

N (nitrógeno), método de Kjeldhal (modificado).

Cuadro 3. Clones utilizados en los ensayos de adaptabilidad y su procedencia.

Clon	Procedencia	Amarga	Dulce
Vara de Arpón	Barinas		X
Concha rosada	Barinas		X
CM 3306-4	CENIAP		X
CM 6740-7	CENIAP		X
SM 805-15	CENIAP		X
SM 909-25	CENIAP		X
Sardina	CENIAP		X
Lengua de pájaro	CENIAP		X
Cubana	CENIAP		X
IM 220	Monagas	X	
IM 225	Monagas	X	
Venezuela 7	Anzoátegui	X	
Cacho de Venado	Anzoátegui	X	
Paiguanera	Anzoátegui	X	
Llavitera	Anzoátegui	X	
INIA 2000	Anzoátegui	X	
Armenia	Colombia		X

para estimar el porcentaje de materia seca y almidón (Toro y Cañas, 2002).

Al finalizar el ensayo (enero, 2009) se seleccionaron semillas de cada clon para repetir el ensayo en las otras dos localidades, incluyendo además, la repetición en la Cooperativa Pan y Amor. En marzo del año 2009 se estableció nuevamente una parcela de yuca con 30 estacas/surco/bloque para evaluar 10 estacas/clon/bloque. Luego de un mes se realizó el conteo de la brotación.

La determinación del contenido de materia seca y almidón se hizo con raíces frescas, se utilizó el método de la gravedad específica de las raíces (Toro y Cañas, 2002).

### **Asentamiento Campesino Los Aguacates (Caja Seca) y Santa Ana (Tulio Febres Cordero)**

Para el manejo del ensayo en estas localidades se mejoraron algunas prácticas, considerando los resultados obtenidos en el 2008. Principalmente, la aplicación continua de abonos orgánicos y repelentes de insectos plaga. No se usaron insecticidas químicos.

El procedimiento de siembra de las estacas de yuca y su desinfección, se realizaron de la misma forma que en la Cooperativa Pan y Amor. La siembra se llevó a cabo en marzo del año 2009. Trascorridos dos meses después de la siembra, se aplicaron 50 g.planta<sup>-1</sup> de fertilizante 12-12-17SP más 20 g.planta<sup>-1</sup> de urea (46-0-0), según estudio de suelo, y se comenzó a aplicar té de estiércol (20%) más vermicompost líquido al 10% (Ormeño y Ovalle, 2007) cada 15 días hasta la cosecha, como complemento de la fertilización química. La aplicación se realizó al suelo, a una cuarta (15 cm) del tallo de las plantas. Cuando las plantas alcanzaron un crecimiento de 70 cm de altura, también se aplicaron los abonos orgánicos de forma foliar. Se usó el repelente a base de ruda al 10% junto con un surfactante, una vez por mes hasta la cosecha.

En Santa Ana se sembró una parcela demostrativa de 20 estacas/clon/bloque para seleccionar 10 estacas/clon/bloque. Hubo presencia del gusano cachudo (sólo 3 gusanos en toda el área del ensayo) a los dos meses de la siembra, se controló de forma manual. Se

aplicó repelente a base de ruda mensualmente. El manejo fue similar al de Caja Seca.

El procesamiento estadístico consistió en un análisis univariado para conocer el comportamiento de las variables. Seguidamente, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro - Wilk (1965), apoyada por los gráficos de distribución empírica de cada variable. Finalmente, se comprobó el comportamiento de cada clon de yuca bajo un mismo manejo en los tres sectores estudiados por un Análisis de Varianza y una Prueba de Medias de Tukey  $\alpha = 0,05$  (Tukey, 1977), utilizando para ello el programa estadístico InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Porcentaje de brotación**

En las tres parcelas hubo 100% de brotación, lo que indica la buena selección del material primario proveniente del Banco de Germoplasma del CENIAP para el 2008, y la multiplicación de la semilla para la siembra en el año 2009.

### **Cooperativa Pan y Amor**

No se encontraron datos anómalos en esta localidad. Los datos cumplen con el supuesto de normalidad al  $P > 0,05$ . En los valores de comparación de medias (Cuadro 4), se observa que no hay diferencias significativas entre los diferentes clones para el rendimiento (kg.planta<sup>-1</sup>), contenido de almidón y porcentaje de materia seca (%MS), siendo los clones amargos IM 220 y Paiguanera, y los clones dulces Cubana y CM6740-7 los que presentaron mayores valores de rendimiento (Ormeño *et al.*, 2010 a).

En el momento de la cosecha se pudo constatar que los clones dulces Cubana y Sardina presentaban ataques severos de bachaco en uno de los bloques del ensayo. Los clones Cubana, INIA 2000, Cacho de Venado y Paiguanera fueron susceptibles al aguachinamiento.

En cuanto a la calidad de la yuca, los resultados de la Cooperativa Pan y Amor (Cuadro 4) indican que en todos los clones evaluados no hubo variación significativa en el contenido de materia seca ni almidón. Los valores reportados en esta localidad son superiores a los reportados

Cuadro 4. Análisis estadístico (comparación de medias) por clon para las variables de peso útil raíces (PUR), porcentaje de almidón y materia seca (%MS) de yuca en el sector Caño Balza, Cooperativa Pan y Amor (Mérida).

Clon	PUR	% Almidón	% MS
IM 220	6,33 a	38 a	40 a
Paiguanera	6,00 a	40 a	42 a
Cubana	5,90 a	40 a	42 a
CM 6740-7	5,60 a	35 a	37 a
SM 909-25	5,07 a	40 a	42 a
Sardina	4,67 a	39 a	41 a
INIA 2000	4,55 a	40 a	42 a
SM 805-15	4,53 a	32 a	34 a
Cacho de Venado	4,45 a	39 a	41 a
Venezuela 7	4,17 a	41 a	43 a
Llavitera	4,00 a	38 a	40 a
CM 3306-4	3,40 a	41 a	43 a
IM 225	2,95 a	38 a	40 a
Vara de Arpón	2,93 a	40 a	42 a
Concha Rosada	2,47 a	37 a	39 a
Lengua e' Pájaro	2,47 a	42 a	44 a
DMS	5,03	0,067	10,88

Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ); Letras diferentes indican diferencias significativas.  
PUR = Peso Útil de Raíces; %MS = Porcentaje de Materia Seca.

por Fuenmayor *et al.* (2012) para los ensayos establecidos en Anzoátegui, Aragua y Barinas para los mismos clones, y superan los valores requeridos por la agroindustria (30%); siendo los mejores clones Lengua e' pájaro (42%) y CM3306-4 (41%).

### Santa Ana

La prueba de normalidad indicó que los datos cumplen con este supuesto ( $P > 0,05$ ) para todas las variables, con excepción de PPA y NTR; sin embargo, sus datos están muy cercanos a la normal y los valores de W son superiores a 0,9. La comparación en la media (Cuadro 5), se observa que no hay diferencias significativas entre los clones para el PPA y NTR, no así para las variables PTR, PUR y LR donde se observa que existen tres grupos bien diferenciados, así

como en la variable DR donde se observan dos grupos bien diferenciados.

Los clones dulces CM3306-4 y CM6740-7 resultaron ser los mejores para la mayoría de las variables estudiadas. Los clones amargos IM 225 y Paiguanera le siguen en valores. Las plantas del clon amargo IM 220 no se desarrollaron en esta parcela, por lo cual se descartó de este ensayo.

### Caja Seca

En esta parcela no se encontraron valores anómalos en las variables estudiadas. La prueba de normalidad indicó que los datos son normales ( $P > 0,05$ ) para todas las variables, con excepción de PPA y NTR; sin embargo, sus valores están muy cercanos a lo normal y los valores de W son superiores a 0,9.

Cuadro 5. Análisis estadístico por clon para las variables de desarrollo de plantas de yuca en sector Santa Ana (Mérida).

Clon	PTR	PUR	PPA	NTR	DR	LR
CM 3306-4	6,47 a	5,90 a	1,97 a	9 a	7,47 a	30,83 abc
CM 6740-7	6,03 abc	5,73 ab	1,50 a	11 a	5,58 a	37,67 abc
IM 225	6,30 ab	5,70 ab	2,13 a	7 a	8,02 a	33,00 abc
Paiguanera	5,90 abc	5,37 ab	2,17 a	10 a	6,92 ab	30,00 abc
Sardina	5,17 abc	4,53 ab	1,83 a	11 a	6,53 ab	32,37 abc
SM 805-15	4,15 abc	3,83 ab	1,60 a	8 a	6,60 ab	24,67 abc
Venezuela 7	3,65 abc	3,77 ab	0,90 a	7 a	5,98 ab	35,50 abc
Llavitera	4,17 abc	3,33 ab	3,17 a	9 a	5,82 ab	28,68 abc
Concha Rosada	3,63 abc	3,07 ab	2,53 a	9 a	5,25 ab	31,33 abc
Cubana	3,27 abc	2,83 ab	2,60 a	6 a	5,30 ab	44,83 a
Vara de Arpón	3,05 abc	2,82 ab	1,87 a	5 a	5,60 ab	24,38 bc
Cacho de Venado	3,42 abc	2,78 ab	1,93 a	7 a	5,48 ab	38,00 ab
Lengua de Pájaro	2,58 abc	2,13 ab	2,03 a	8 a	5,07 ab	23,17 bc
INIA 2000	2,30 abc	2,00 bc	1,07 a	4 a	6,20 ab	25,17 bc
SM 909-25	1,70 c	1,47 c	1,00 a	6 a	7,65 a	19,17 c
Armenia	1,80	1,32 c	2,07 a	5 a	4,42 b	25,33 bc
%CV	37,71	35,29	41,63	38 a	16,13	20,49
DMS	4,54	3,78	2,39	8,68	2,99	18,77

Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ); letras diferentes indican diferencias significativas. Peso total de las raíces (PTR); peso de las raíces comerciales -útiles- (PUR); peso de la parte aérea -hojas y tallo- (PPA); número total de raíces (NTR); diámetro de raíz (DR); longitud de las raíces (LR).

Cuadro 6. Análisis estadístico por clon para las variables de desarrollo de plantas de yuca en sector Caja Seca (Zulia).

Clon	PTR	PUR	PPA	NTR	DR	LR
Armenia	7,03 ab	5,70 a	7,07 a	9 abc	5,79 abcd	48,55 a
CM 3306-4	5,78 ab	5,45 a	7,07 a	14 a	5,67 abcd	38,33 ab
Lengua de Pájaro	6,93 ab	5,03 a	6,73 a	14 ab	5,45 bcd	38,83 ab
Llavitera	5,43 ab	3,70 a	4,97 a	14 a	6,50 abc	27,33 ab
Venezuela 7	7,83 ab	6,07 a	4,97 a	9 abc	6,92 ab	40,67 ab
Vara de Arpón	3,8 ab	2,70 a	4,80 a	8 abc	6,69 ab	22,33 b
SM 805-15	5,1 ab	4,07 a	4,57 a	13 abc	5,55 bcd	34,00 ab
IM 225	5,27 ab	4,33 a	4,30 a	9 abc	7,75 a	32,83 ab
Paiguanera	6,53 ab	5,63 a	4,23 a	10 abc	6,23 abcd	44,07 ab
Sardina	3,53 ab	4,90 a	3,97 a	6 bc	6,35 abc	42,00 ab
CM 6740-7	7,23 ab	5,83 a	3,67 a	13 abc	5,22 bcd	42,33 ab
Concha Rosada	1,80 ab	1,42 a	3,63 a	6 c	4,42 cd	31,50 ab
SM 909-25	2,03 ab	1,40 a	3,17 a	7 abc	4,83 bcd	26,20 ab
Cacho de venado	2,57 ab	2,03 a	3,03 a	7 abc	5,35 bcd	32,11 ab
INIA 2000	2,17 ab	1,40 a	2,87 a	8 abc	4,30 d	26,53 ab
IM 220	4,27	3,47 a	2,70 a	9 abc	6,88 ab	30,17 ab
%CV	39,6	40,01	36,54	26	11,74	21,32
DMS	5,8	4,78	4,96	7,75	2,09	22,5

Prueba de Tukey ( $P \leq 0,05$ ); letras diferentes indican diferencias significativas; peso total de las raíces (PTR); peso de las raíces comerciales -útiles- (PUR); peso de la parte aérea (hojas y tallo) (PPA); número total de raíces (NTR); diámetro de raíz (DR); longitud de las raíces (LR).

En la de comparación de medias (Cuadro 6), se observa que no hay diferencias significativas entre los diferentes clones para el PPA y PUR, no así para las variables PTR y LR donde existen dos grupos bien diferenciados. En la variable NTR se observan tres grupos y en DR cuatro grupos bien diferenciados. En esa zona, el mejor clon de acuerdo a la mayoría de las variables estudiadas importantes para el comercio fue Venezuela 7 (amargo), seguido de los clones dulces CM6740-7 y Armenia (testigo), y Paiguanera (amarga). En Caja Seca las plantas del clon Cubana se desarrollaron normalmente; sin embargo, al momento de hacer las mediciones la mayoría de las raíces estaban podridas, por lo cual se descartó de este ensayo.

En el ensayo se utilizaron cultivares dulces y amargos, los cuales se diferencian por la concentración de ácido cianhídrico (HCN) presente en las plantas, sin embargo, se comprobó, que el sabor podía variar de una zona a otra. Dependiendo del contenido de HCN, las raíces pueden ser utilizadas para consumo fresco, tanto humano como animal, o para la industria.

En cuanto a los rendimientos por hectárea ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) los mejores clones adaptados a las 3 zonas del eje panamericano (Mérida-Zulia) son los clones Paiguanera (amargo) y el CM 6740-7 (dulce) con rendimientos superiores a los  $53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ . También presentaron buenos rendimientos: CM 3306-4, Sardina, SM 805-15 y Vara de Arpón (dulces) y los clones amargos Venezuela 7 y Clon IM 225 (Cuadro 7).

Aun cuando a nivel experimental los rendimientos son siempre más altos que en parcelas comerciales, se puede apreciar que todos los clones evaluados, incluyendo al testigo (Armenia) produjeron más de  $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de yuca con el manejo aplicado, rendimientos mayores que el promedio nacional de producción (FEDEAGRO, 2015).

Torres *et al.* (1999) indicaron que los clones o cultivares recomendados para el occidente del país con buen manejo de fertilización, controles fitosanitarios y sembrados a comienzo de la temporada de lluvia pueden ser los siguientes: Vara de Arpón ( $32,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Concha Rosada ( $31,0 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), Sardina ( $21,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), entre otros. Esto pudiese indicar que bajo condiciones de

ambiente y manejo dado en el eje panamericano estos clones expresaron mejor su potencial de rendimiento.

El complemento de uso de abonos orgánicos líquidos junto al manejo integrado del cultivo en las localidades estudiadas en este ensayo, influyó positivamente en los rendimientos de clones de yuca. Los abonos orgánicos aplicados contenían calcio y magnesio para contrarrestar la acidez de los suelos y elevado contenido de potasio disponible, necesario para la producción de yuca. Esto coincide con lo reportado por Gómez-Brandon *et al.* (2015) para varios cultivos, Ormeño (2011); Ormeño *et al.* (2010 b) en producción de papa y Ormeño y Ovalle (2011), y Ormeño *et al.* (2008 b) en plantaciones productivas de cacao.

Fuenmayor *et al.* (2012) utilizaron los mismos clones evaluados en este ensayo, aplicaron abonos orgánicos sólidos y obtuvieron rendimientos mayores al promedio nacional en localidades de los estados Anzoátegui, Aragua y Barinas. Sin embargo, el uso de abonos orgánicos líquidos como complemento, aumentó el rendimiento por hectárea entre 14 y 100% dependiendo del clon, comparado con lo reportado por Fuenmayor *et al.* (2012).

En el caso de los rendimientos por planta ( $\text{kg}\cdot\text{planta}^{-1}$ ) de raíces comerciales (útiles) en el sector Santa Ana (Cuadro 5), todos los clones estudiados a los cuales se les aplicó abonos orgánicos líquidos cada 15 días, presentaron mayor rendimiento comparados con el testigo (yuca Armenia) a la cual sólo se le aplicó fertilizante químico sin abonos orgánicos. Lo que indica que el aporte de nutrientes a través de los abonos orgánicos fue representativo en los rendimientos de las plantas. Estos valores coinciden con los reportados por Velásquez (1983) en donde la producción fue de 300-500 g de raíces por pie de planta en suelos de sabanas orientales de Venezuela, donde no se aplican fertilizantes o se aplican en pequeñas cantidades.

Fermont (2010) indica que la yuca es un cultivo capaz de tener buenos rendimientos donde otros cultivos fallan, por lo que existe la creencia que la fertilidad del suelo no es importante para la producción de este cultivo; no obstante, en estudios realizados en Kenia, donde se utilizó



Cuadro 7. Rendimiento total de yuca expresado en kg.ha<sup>-1</sup> de los clones evaluados en los sectores Pan y Amor, Santa Ana y Caja Seca.

Clon	Pan y Amor	Santa Ana	Caja Seca
	kg.ha <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>	kg.ha <sup>-1</sup>
IM 220	63300	0	34700
Paiguanera	60000	53700	56300
Cubana	59000	28300	0
CM 6740-7	56000	57300	58300
SM 909-25	50700	14700	14000
Sardina	46700	45300	49000
INIA 2000	45500	20000	14000
SM 805-15	45300	38300	40700
Cacho Venado	44500	27800	20300
Venezuela 7	41700	37700	60700
Llavitera	40000	33300	37000
CM 3306-4	34000	59000	54500
IM 225	29500	57000	43300
Vara de Arpón	29300	28200	27000
Concha Rosada	24700	30700	14200
Lengua Pájaro	24700	21300	50300
Armenia	0	13200	57000

semilla de variedades mejoradas plantadas en suelos pobres, el rendimiento bajó a 6,7 t.ha<sup>-1</sup>. La fertilidad del suelo fue la principal causa de la reducción de los rendimientos, superior a la sequía (5,4 t.ha<sup>-1</sup>), mal manejo de las arvenses (5,0 t.ha<sup>-1</sup>) y plagas y enfermedades (3,8 t.ha<sup>-1</sup>).

En Kenia y Uganda, los pequeños agricultores produjeron entre 7 y 10 t.ha<sup>-1</sup> de yuca utilizando prácticas agrícolas tradicionales (Fermont, 2010), lo que coincide con lo obtenido por los productores del eje panamericano cuando no aplican prácticas de manejo mejoradas como la fertilización. El mismo autor indica que cuando se aplican prácticas de manejo integradas como variedades mejoradas y fertilización (NPK), los rendimientos de los agricultores tradicionales

aumentan de 8,6 a 20,8 t.ha<sup>-1</sup>, donde el 60% se debe a la fertilización.

Experiencias en Indonesia realizadas por Wargiono *et al.* (2002) en suelos de fertilidad pobre indican que cuando un suelo no es fertilizado, los rendimientos pasan de 25 t.ha<sup>-1</sup> el primer año a 5 t.ha<sup>-1</sup> en el octavo año. Cuando se aplicó materia orgánica todos los años o cada dos años, los rendimientos de yuca se mantuvieron en 20 t.ha<sup>-1</sup>, aumentando la fertilidad del suelo, las características físicas y la disponibilidad de nutrientes.

En este trabajo no se estudió la presencia de micorrizas en las raíces de yuca, sin embargo, la suplencia de fósforo fue aportada por el fertilizante químico utilizado y por los abonos líquidos aplicados quincenalmente. Por otro

lado, el aporte de los nutrientes de los abonos orgánicos líquidos es mayor y más fácil de absorber por las plantas que los abonos orgánicos sólidos y la mayoría de los fertilizantes sintéticos, considerando además que los sólidos necesitan condiciones especiales para que sean utilizados de forma eficiente por las plantas, como incorporación en el suelo, humedad, entre otras condiciones (Ormeño *et al.*, 2013). En adición, los abonos orgánicos líquidos aportan, además de los nutrientes, hormonas y otros estimulantes que aceleran el crecimiento, desarrollo radicular y floración (Gómez-Brandon *et al.*, 2015).

### Sanidad del suelo y cultivo

Con el fin de sembrar el cultivo con manejo de prácticas integradas, se usó el hongo antagonista *Trichoderma* sp. para desinfectar la semilla y mantener sano el cultivo durante su desarrollo. Los suelos de las tres localidades estudiadas no presentaron patógenos al momento de la siembra, solo en Santa Ana se encontró *Pectobacterium* sp.; sin embargo, no se estudió la cepa encontrada para conocer si es específica para yuca. No se determinaron problemas en las plantas al final de la cosecha. Sólo se presentaron microorganismos benéficos en Pan y Amor y Santa Ana (*Penicillium* sp.). En las muestras finales de suelo no hubo presencia de *Trichoderma* sp. lo que indica que bajo esas condiciones ambientales el hongo no subsistió por lo que debe estudiarse el uso de otra cepa o hacer mayor número de aplicaciones con el fin de que este hongo pueda estar presente en la microflora del suelo para mantenerlo libre de patógenos.

### CONCLUSIONES

En suelos de baja fertilidad natural el uso de abonos orgánicos como complemento de la fertilización química de la yuca permitió obtener altos rendimientos para todos los clones evaluados, superiores a los obtenidos por los mismos clones en otros estados del país. En general, todos los clones superaron los rendimientos nacionales, por lo cual pueden ser usados tanto para la alimentación humana y animal como para la agroindustria. Sin embargo, los mejores clones adaptados a las 3 zonas del eje panamericano (Mérida -Zulia) son Paiguanera (amargo) y el CM 6740-7 (dulce)

con rendimientos superiores a los 53000 kg.ha<sup>-1</sup>. También presentaron buenos rendimientos: CM 3306-4, Sardina, SM 805-15 y Vara de Arpón (dulces) y los clones amargos Venezuela 7 y Clon IM 225. Todos los clones evaluados obtuvieron valores superiores a los requeridos por la agroindustria (30% almidón y materia seca).

### LITERATURA CITADA

- Arismendi, L. G. 2001. Investigación sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el Oriente de Venezuela. Revista Científica UDO Agrícola. 1(1):1-10.
- Burgos, A. M. y P. J. Cénoz. 2012. Efectos de la aplicación de fósforo y potasio en la producción y calidad de raíces de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) en un suelo arenoso y clima subtropical. Revista Científica UDO Agrícola. 12(1):143-151.
- Di Rienzo J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. González, M. Tablada y C. W. Robledo. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en línea: <http://www.infostat.com.ar> [Mar. 24, 2014].
- FEDEAGRO (Confederación de Asociaciones de Productores Agropecuarios). 2015. Rendimiento por rubro: raíces y tubérculos. Estadísticas. Disponible en línea: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp>. [May. 31, 2015].
- Fermont, A. 2010. Cassava: improving sustainability of farming systems. International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Available online: <http://r4dreview.org/2010/03/cassava-improving-sustainability-of-farming-systems/>. [Oct. 27, 2014].
- FiBL (Research Institute of Organic Agriculture). 2011. African Organic Agriculture Training Manual: A Resource Manual for Trainers. Module 9, unit 6 (online). Switzerland. Available online: [http://www.organic-africa.net/fileadmin/documents-africanmanual/training-manual/chapter-09/Africa\\_Manual\\_M09-6.pdf](http://www.organic-africa.net/fileadmin/documents-africanmanual/training-manual/chapter-09/Africa_Manual_M09-6.pdf). [Nov. 27, 2014].

- Fuenmayor C., F. C., J. Montilla, J. G. Albarrán, M. Pérez, L. C. Vaccarino A. y V. Segovia. 2012. Evaluación y selección de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) del Plan Nacional de Semilla del Instituto Nacional de Investigaciones (INIA). Resultados preliminares. Revista Científica UDO Agrícola. Venezuela. 12(1):17-24.
- Gómez-Brandón, M., M. Vela, M. V. Martínez-Toledo, H. Insam and J. Domínguez. 2015. Effects of compost and vermicompost teas as organic fertilizers. In: Sinha, S., Pant, K.K., Bajpai, S. (Eds). Advances in fertilizer technology: Synthesis. Studium Press, LLC, United States of America. pp. 300-318.
- Howeler, R. H. 2001. Cassava mineral nutrition and fertilization. In: R.J Hillocks, M.J. Thresh and A. Belloti (eds). Cassava: Biology, production and Utilization. Centre for Agriculture and Biosciences International (CABI) Publishing. Wallingford (UK). pp. 115-147.
- Howeler, R. H. 2007. Cassava research and development in Asia: Exploring new opportunities for an ancient crop. Proceedings of the seventh regional workshop held in Bangkok, Thailand. Oct 28-Nov 1, 2002. Howeler, Reinhardt H. (ed). Available online: [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/books/Cassava\\_Research\\_and\\_Development\\_in\\_Asia.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/books/Cassava_Research_and_Development_in_Asia.pdf). pp. 288-314. [Mar. 24, 2014].
- INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias). 1995. Manual de la yuca. Estación Experimental Portoviejo, Programa de Raíces y Tubérculos. Manual N° 29. Quito, Ecuador. 62 p.
- Montaldo, A. 1991. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2da ed. San José, Costa Rica. pp. 131-230.
- MPPAT (Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierras). 2008. VII Censo Agrícola Nacional, mayo 2007 - abril 2008 (en línea). Caracas (VE). Disponible en línea: <http://www.censo.mat.gob.ve>. [Jul. 10, 2014].
- Ormeño D., M. A., A. Ovalle S., D. Mendoza, S. Dugarte, S. Rojas y R. J. Varela (a). 2013. La aplicación de abonos orgánicos mejora la calidad química de los sustratos en vivero de café (*Coffea arabica*). In: Memorias de las II Jornadas de Investigación y Tecnología Aplicada de la Universidad Politécnica Territorial de Mérida. Del 20 al 22 de noviembre del 2013. Mérida, Venezuela. pp. 149-158.
- Ormeño D., M. A. 2011. El uso de prácticas agroecológicas como alternativa para la producción rentable de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Los Andes Venezolanos. Journal of InterAmerican Society for Tropical Horticulture. 54:131-133.
- Ormeño D., M. A. y A. Ovalle. 2011. Efectos de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero. In: XIX Congreso Venezolano de Ciencia del Suelo (2011, Calabozo, Guárico). Memoria. Venezuela. 6 p.
- Ormeño D., M. A. y A. Zambrano. 2011. Los cultivos asociados al cacao (*Theobroma cacao* L.) como parte de un agroecosistema son una alternativa para el mejoramiento de la calidad de los suelos. Journal of InterAmerican Society for Tropical Horticulture. 53:31-33.
- Ormeño D., M. A., V. Morales, J. C. Garnica y N. Terán. 2010 a. Rendimientos de clones mejorados de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) cultivados agroecológicamente en el Eje Panamericano, Sur del lago de Maracaibo (Venezuela). In: 61° Congreso Agronómico de Chile, 56th Annual Meeting ISTH, 11° Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura (2010, Santiago). Sociedad Agronómica de Chile. Memoria. Revista Simiente 80(3-4):141.
- Ormeño D., M. A., S. Pizzani y P. Pizzani. 2010 b. La producción agroecológica de papa una alternativa para los pequeños y medianos productores del estado Mérida (Venezuela). In: 61° Congreso Agronómico de Chile, 56th Annual Meeting ISTH, 11° Congreso de la Sociedad Chilena de Fruticultura (2010, Santiago). Sociedad Agronómica de

- Chile. Memoria. Revista Simiente. 80(3-4):141-142.
- Ormeño, M. A., C. Garnica y R. Varela. 2008 a. Recomendaciones para la toma de muestras de suelo con fines de diagnóstico de fertilidad y sanitario. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay, Venezuela. (Serie D). 9:16.
- Ormeño D., M. A., A. Ovalle y J. C. Garnica. 2008 b. Recuperación de plantaciones improductivas de cacao con prácticas orgánicas en el occidente del país. Revista INIA Divulga (ene - dic 2008). Maracay, Venezuela. 11:17-22.
- Ormeño D., M. A. y R. Rosales. 2008 b. Control eficiente de la pulguilla de la papa (*Epitrix* spp.) con repelente a base de ruda. Revista INIA Divulga (ene - dic 2008). Maracay, Venezuela. 11:49-51.
- Ormeño D., M. A. y A. Ovalle. 2007. Producción y aplicación de abonos orgánicos. Revista INIA Divulga (ene - dic 2007). Maracay, Venezuela. 10:29-35.
- Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality, Complete Samples. Biometrika. 52(3-4):591-611.
- Toro, J. C. y A. Cañas. 2002. Tecnología 2. Determinación de materia seca de raíces frescas por el método de la gravedad específica. In: Ospina, B., Ceballos H. (Comps.). La yuca en el tercer milenio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 426-431.
- Torres, J., N. Moreno y N. Contreras. 1999. El cultivo de la yuca. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Barinas (CIAE-Barinas). Maracay, Venezuela. (Serie B). 36:28.
- Tukey, J. 1977. Exploratory data analysis. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Massachusetts. 668 p.
- UCV (Universidad Central de Venezuela). 1993. Métodos de análisis de suelos y plantas utilizados en el laboratorio general del Instituto de Edafología. Instituto de Edafología, Cuadernos Agronomía, noviembre 1993 (año 1). Maracay, Venezuela. 6:89.
- Velásquez, E. 1983. El cultivo de la yuca en sabana. FONAIAP Divulga (ene - feb 1983). 8:2.
- Wargiono, J., J. Widodo and W. Hadi Utomo. 2002. Cassava agronomy research and adoption of improved practices in Indonesia - mayor achievements during the past 20 years. Proceedings of the seventh regional workshop. Bangkok, Thailand. Oct 28-Nov 1, 2002. Howeler, Reinhardt H. (ed). pp. 259-278.
- Wichmann, W 1992. World fertilizer use manual BASF. Aktiengesellschaft. Agricultural Research Station. Limburgerhof, Germany. 632 p.

## Caracterización de productores y mercadeo de la piña en la comunidad rural El Arbolito, municipio Valencia, estado Carabobo (2007-2009)

### Characterization of growers and the marketing of pineapple in the rural community El Arbolito, Valencia municipality, Carabobo state (2007-2009)

Catalano Diana<sup>1\*</sup>, Piña-Dumoulin Grigna J. <sup>1</sup>, Marín R., Carlos <sup>1</sup>, Meléndez Juan<sup>2</sup> y Thomas Thais<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. <sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela. \*Correo electrónico: catalano.diana11@gmail.com

#### RESUMEN

La piña (*Ananas comosus* var. *comosus*) es cultivada comúnmente por comunidades que practican un manejo agronómico con poco nivel tecnológico, observándose bajos rendimientos por unidad de superficie e inferior calidad a la demandada por el mercado. Se realizó un estudio en la comunidad El Arbolito, municipio Valencia, estado Carabobo con la participación de 15 familias productoras de piña existentes en la zona, con el objetivo de caracterizar la comercialización en la cadena local de este producto durante los años 2007-2009. La investigación fue de tipo descriptiva-participativa. Se efectuaron observaciones de campo y entrevistas para obtener información colectiva de las necesidades técnicas, organizativas y de comercialización. Además, se aplicó una encuesta al 100% de la población representativa. Se evaluaron las características físicas de los frutos, respetando la clasificación que hacen los productores de la zona como grandes, medianos y pequeños. Una vez realizado el análisis estadístico, los resultados evidencian que 76% de las familias poseen parcelas entre 3 y 20 ha. El 73,3% de los productores venden al intermediario, camionero o mayorista, sin actuación directa en el proceso de comercialización. El resultado del análisis de la calidad física indicó que, solo en dos unidades de producción, los frutos superan 1,8 kg. Sin embargo, estos son aceptables en el mercado, aunque no obedecen a la clasificación por tipo, vigente en la norma nacional de calidad para el producto. Los productores reconocen la escasa organización y participación en el proceso.

**Palabras clave:** *Ananas comosus* var. *comosus*, agricultura familiar, participación, organización.

#### ABSTRACT

Pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*) is commonly cultivated by communities poor agronomic management with technological level, showing low yields per unit area and lower quality demanded by the market. A study was conducted in the community El Arbolito, Valencia municipality, Carabobo state with the participation of 15 farming families pineapple existing in the area, aiming to characterize the marketing in the local chain of this product during the years 2007-2009. There search was descriptive-participative type. Field observations and interviews to obtain collective information about technical, organizational and marketing were made. In addition, a survey to 100% of the population was applied. The physical characteristics of the fruits were evaluated, respecting the classification made by producers in the area as large, medium and small. Once performed the statistical analysis, the results show that 76% of households own plots between 3 and 20 ha. The 73.3% of producers sell to intermediaries, truck or wholesaler and do not act directly in the marketing process. The result of physical quality analysis indicated that only two farms, the fruits exceed 1.8 kg. However, these are acceptable in the market, but do not obey the classification by type, existing in the national quality standard for the product. Producers recognize the poor organization and participation in the process.

**Key words:** *Ananas comosus* var. *comosus*, family farming, participation, organization.

## INTRODUCCIÓN

La comercialización de productos agrícolas es un proceso orientado hacia el consumidor, que genera ganancias a productores, transportistas, comerciantes, entre otros. Comprende diversas actividades interconectadas, iniciando con la planificación de la producción, la siembra y la cosecha; posteriormente, la clasificación de los productos y su empaque; el transporte, almacenamiento, procesamiento, distribución y venta; el envío de información desde la zona de producción hasta el mercado (cantidades/productos disponibles) y desde el mercado hacia la zona de producción (precios/niveles de oferta/preferencias del consumidor). Esto indica que los sistemas de comercialización son dinámicos y requieren de continuos procesos de cambio y mejoramiento (Grahame, 2005).

La comercialización que realizan los pequeños productores rurales es tal vez uno de los aspectos económicos más dispersos y desorganizados en Latinoamérica. En Venezuela, este proceso se ve afectado, entre otras cosas, por la estacionalidad de la producción, los volúmenes de negociación, la dispersión de las unidades de producción, la distancia de los mercados y el desconocimiento de las opciones para colocar los productos en mano de los consumidores (Rincón *et al.*, 2004).

En el territorio venezolano, existen áreas extensas con adecuadas condiciones agroclimáticas para la explotación del cultivo de la piña. El clima tropical proporciona ventajas comparativas que facilitan su producción durante todo el año, mediante planes de siembra, garantizando la provisión permanente del fruto en el mercado nacional e internacional. Además, en el país existe la capacidad para generar tecnologías mejoradas que permitan un desarrollo comercial sustentable del cultivo. La piña, para el año 2010, era el cuarto rubro vegetal en importancia después de la caña de azúcar, el maíz y el banano. A nivel mundial, Venezuela ocupa el puesto número 13, entre los principales productores, con una producción anual de 371410 t (Pineda *et al.*, 2012).

Actualmente, este rubro es cultivado por pequeños productores con un tradicional nivel sociocultural y experiencia en el cultivo (Montilla *et al.*, 1997), quienes practican un manejo agronómico de bajo nivel tecnológico,

con bajos rendimientos por unidad de superficie cultivada. Ello conduce a una oferta deficitaria con características de calidad inferior a las demandadas por el mercado.

Para impulsar el mejoramiento de las actividades que realiza el productor, especialmente en el ámbito de la comercialización de los productos cosechados, es necesaria la adopción de alternativas relacionadas con el área social, económica y demás aspectos organizativos del entorno (Guerra, 1998).

En el presente estudio fue seleccionada la comunidad rural El Arbolito, parroquia Negro Primero del municipio Valencia, estado Carabobo, ubicada en un Área Bajo Régimen de Administración Especial (ABRAE), circundada por la cuenca del Lago de Valencia y el río Pao. Esta población cuenta con 153 habitantes y una superficie de 141 ha, donde residen 31 familias emparentadas entre sí, distribuidas a lo largo de la carretera principal, en casas multifamiliares que albergan de dos a tres familias cada una. En esta comunidad conviven 15 familias con vocación agrícola dirigida principalmente al cultivo de la piña y a la producción animal (bovino, porcino y avícola), en condiciones de ladera, sobre una superficie aproximada de 13 km<sup>2</sup> (MPPCTII, 2007).

Con base en lo anterior, se planteó la necesidad de realizar un estudio dirigido a caracterizar la comercialización de la piña en la cadena local durante los años 2007-2009; analizándose las opciones de mercadeo en función de algunas características de calidad, así como la participación de los pequeños productores en el proceso de intercambio. Además, se prevé generar propuestas en procura de mejorar las condiciones de vida del pequeño productor y su familia, mediante el proceso de venta del producto cosechado, tanto de forma individual como comunitaria.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de la zona de estudio

El área de estudio se ubicó en la comunidad rural El Arbolito (latitud 9,98294 y longitud -67,9707) a 13 km de la ciudad de Valencia, capital del municipio (Figura 1). Las plantaciones de piña en esa comunidad

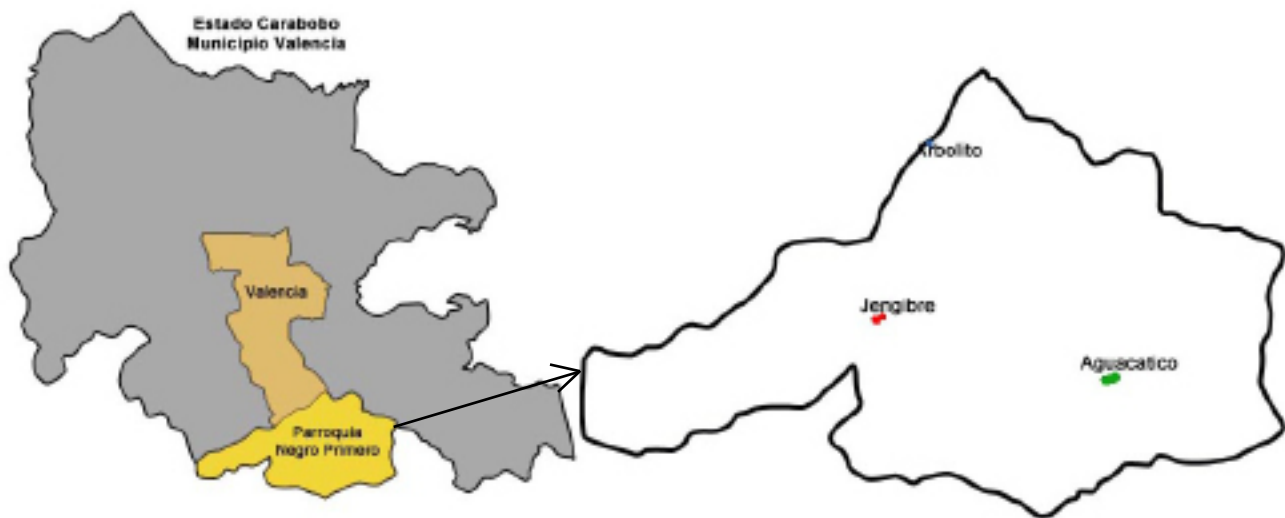


Figura 1. Ubicación de la parroquia Negro Primero, del municipio Valencia y de los caseríos El Arbolito, Aguacatico y Jengibre estado Carabobo. Fuente: Alcaldía del municipio Valencia (2004).

se ubican entre los 400 y 800 m.s.n.m., en terrenos con restricciones naturales de uso del suelo, por la abundancia de laderas muy erosionadas y fuertes pendientes que van desde 8 hasta 45%, donde cultivan pequeños productores en zonas específicas (MPPCTII, 2007). Estos suelos de textura franco arcilloso se caracterizan por su baja fertilidad natural y alta acidez (pH entre 4,5 a 4,9) que aunado a la alta pedregosidad, poca profundidad y alta heterogeneidad en su pendiente e irregular topografía, se definen como suelos marginales, correspondiendo a la clase VII por capacidad de uso (COPLANARH, 1975).

La precipitación oscila entre los 700 hasta los 900 mm anuales (Alcaldía del municipio Valencia, 2004), cantidades que se ubican por debajo de los requerimientos óptimos para el cultivo (entre 1000 a 1500 mm anuales) señalados por Pérez y Garbati (2004).

La evaporación es de 1700 a 2300 mm anuales. La temperatura presenta poca variación; registrando valores máximos de 32 °C y mínimos de 19,9 °C, los cuales se encuentran dentro del rango reportado como ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo (Avilán *et al.*, 1992).

### Tipo y diseño de investigación

La investigación es de tipo descriptiva (Ballestrini, 2004) y fue realizada entre los años 2007 y 2009. Se utilizó el análisis situacional propuesto por Fred (1997) para generar soluciones estratégicas. Se apoyó en una revisión de literatura, que permitió identificar y describir algunos de los aspectos del proceso de comercialización de productores de piña durante el año 2009. Asimismo, se aplicaron métodos pertenecientes a la investigación participativa, con instrumentos que aportan información cualitativa y cuantitativa confiable y verificable, tales como encuestas y entrevistas personales, así como la observación directa y el diagnóstico rápido. Se interpretaron y analizaron varios factores que determinan las características de este sistema (Cuadro 1), con el objeto de explicar las situaciones existentes en las distintas actividades del pequeño productor en su unidad de producción, así como su participación en el proceso de mercadeo (Rincón *et al.*, 2004).

### Población, muestra y análisis estadístico

La población total de El Arbolito, de acuerdo con el censo poblacional realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2008),

Cuadro 1. Sistema de variables con sus dimensiones e indicadores operacionales.

Variable nominal	Variable conceptual	Dimensiones	Sub-dimensiones	Indicadores operacionales
Características de los productores de piña en la comunidad El Arbolito	Aspectos socioeconómicos de los productores de piña en la comunidad El Arbolito	Social	Composición del grupo familiar	Sexo, edad y ocupación
				Nivel educativo
				Organización
Comercialización de la piña	Proceso desarrollado con el fin de facilitar la venta de la piña producida en El Arbolito en los mercados de consumo, ubicados en el área urbana y periurbana del municipio.	Económica	Características físicas	Mercados
				Tipos de mercado
				Normas COVENIN
				Tamaño
				Peso

fue de 153 habitantes, distribuidos en 15 familias de pequeños productores ubicados en una superficie de 141 ha, caracterizadas por la diversificación de cultivos como yuca, naranja, mandarina, limón, ocumo, plátano para hoja, topocho y maíz. También se encuentran comúnmente asociados a la ganadería bovina y porcina para la venta y autoconsumo.

El muestreo se efectuó al 100% de la población, realizándose una distinción en las familias en cuanto a sexo, grupos de edad y nivel educativo.

Esta información permitió levantar un croquis de ubicación de cada unidad de producción y conocer a sus propietarios y encargados.

Para la selección de la muestra se establecieron los siguientes criterios:

- Actividad agrícola principal: producción de piña.
- Superficie: entre 1 y 20 ha.

Las variables analizadas fueron: número de miembros, familia (número secuencial), sexo (masculino o femenino), edad (años), tiempo viviendo en la comunidad (años), grado de instrucción (analfabeta, estudios formales, estudios no formales y estudiando actualmente).

Fueron entrevistadas 15 familias, totalizando 113 miembros o integrantes, lo que generó una matriz de 113x10.

La matriz de datos fue procesada mediante la hoja de cálculo electrónica MS Excel 2007 y posteriormente, analizados con el programa estadístico InfoStat (2008).

Se aplicó análisis descriptivo, para determinar consistencia de datos y descartar la presencia de valores atípicos. Posteriormente, se realizó un análisis de frecuencia por cada variable, basada en puntos porcentuales. Con ello, se logró describir a las familias y el sistema de comercialización.

Para el procesamiento de datos cualitativos se aplicó la técnica de análisis de correspondencias múltiple sobre la matriz de Burt, ya que con esta metodología se pueden estudiar, global y simultáneamente, las relaciones entre las modalidades de las distintas variables cualitativas y las familias entrevistadas (Greenacre, 1994).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez procesados los datos de las encuestas, los resultados fueron discutidos en función de las variables que caracterizan al productor y a la



Cuadro 2. Características de los productores de piña de El Arbolito y sus unidades de producción.

<b>Características</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>a. Productor</b>	
Población Económicamente Activa (PEA)	60,2
Sexo: masculino	55,0
Edad entre 15-24 años	40,0
Nivel educativo: educación formal (primaria básica)	28,6
Nivel educativo: educación no formal	67,0
Nivel de analfabetismo	4,4
Organizaciones: Consejo Comunal, Asociación de Piñeros, Redes Socialistas de Innovación Productiva (RSIP) de productores de piña.	27,0
<b>Medios de comunicación</b>	
Radio	80,0
Prensa	15,0
<b>b. Unidades de producción</b>	
<b>Rubros cultivados</b>	
Frutales	80,0
Tubérculos	15,0
Aves	70,0
Ganadería	2,0
<b>Modalidad de producción</b>	
Monocultivo	26,7
Policultivo	73,4
<b>Superficie total cultivada (ha)</b>	
≥1-10	66,7
<10-20	33,3
<b>Método de siembra</b>	
Curvas de nivel	100,0
Control de malezas	53,3
Conservación de los suelos	51,4
<b>Limitación para sembrar toda la superficie</b>	
Falta de agua y recursos económicos.	90,0
Apoyo por parte de las instituciones del Estado.	90,0

unidad de producción, las cuales se ilustran en el Cuadro 2.

### Caracterización

**a. Del productor:** el 60,2% pertenece a la Población Económicamente Activa (PEA). La edad de la mayoría (40%) oscila entre 15 y 24 años, evidenciando una fuerza de trabajo joven, en su mayoría, nativa de la parroquia y tradicionalmente agricultores con experiencia de seis años en el cultivo de la piña. El nivel educativo de la comunidad es bajo, con una tasa de analfabetismo de 4,4% superando el valor de la tasa regional y nacional según el INE (2008), las cuales se ubican en 3,84 y 2,89%, respectivamente, para el área rural. El 99,49% de estos productores viven en su unidad de producción, con una alta carga familiar, donde la responsabilidad de mantener a más de cinco personas en su hogar, genera una demanda económica constante que debe ser satisfecha.

Se determinó además, que hay pocas organizaciones sociales conformadas, siendo los Consejos Comunales la más representativa,

aunque solamente 27% de los productores de piña señalaron que participa en los mismos.

En cuanto a los medios de comunicación para mantenerse informados, 80% de los miembros de la colectividad escuchan programas de radio (musicales y noticieros) y solo el 15% de los productores manifestó leer la prensa de la región.

**b. Unidades de producción:** el 73,4% de los productores mantienen como modalidad de producción principal el policultivo en rubros como frutales (80%), tubérculos (15%), aves (70%) y ganadería (2%). Un aspecto a resaltar es el hecho de que el 66,7% de los productores destinan entre 1 y 10 ha para el cultivo de piña, lo cual representa un total de 30 ha de las 144 ha sembradas. La variedad de piña cultivada es la Española Roja, por presentar la mejor adaptación a las condiciones edafo-climáticas de la zona, mayor aceptación en el mercado, buenas características físico-químicas y alta rentabilidad económica al productor.

El método de siembra utilizado por el 100% de los productores es en curvas de nivel, lo cual contribuye a la conservación del suelo, aunque

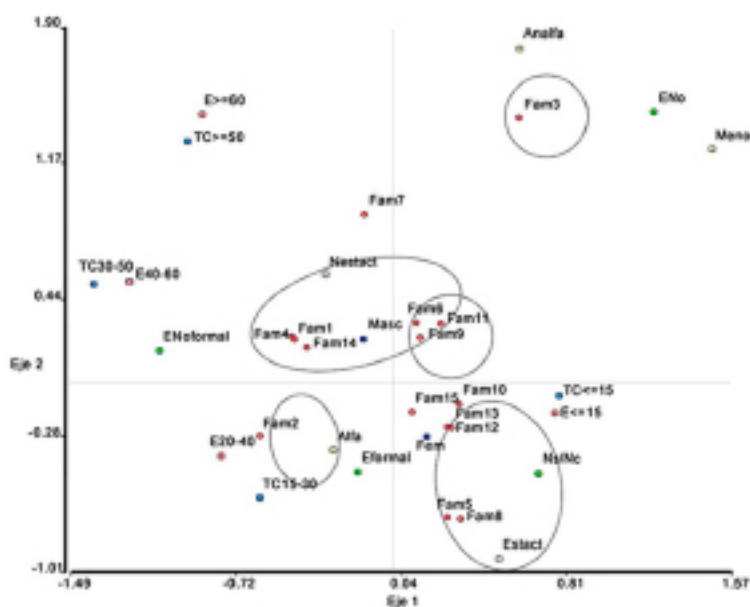


Figura 2. Población total según sexo, grupos de edad y nivel educativo de las familias productoras de piña en la comunidad El Arbolito, municipio Valencia, estado Carabobo (miembros/familia). E=edad; Fam=familia; Masc=masculino; Fem=femenino; Eforma=educación formal; Enoformal=educación no formal; Estac=estudia actualmente; Nestac=no estudia actualmente; Alfa=alfabetos; Analfa=analfabetos; TC=tiempo en la comunidad.

se hace uso indiscriminado de agro-químicos. Se evidenció que 53,3% de los productores de piña mantienen un fuerte control manual de malezas, con la consecuente demanda de mano de obra permanente. No obstante, el 90% manifiesta que la principal limitación para una mayor producción, se debe a la baja disponibilidad de agua para riego y poco apoyo por parte de los organismos del Estado relacionados con el desarrollo rural.

### **Análisis de correspondencia entre familias por sexo, grupos de edad y nivel educativo**

Se realizó una distinción en las familias en cuanto a sexo, grupos de edad y nivel educativo, observándose claramente en la Figura 2 que las modalidades con mayor grado de correlación en cada uno de los ejes factoriales, cuyos valores son relativamente altos (cercanía a los ejes).

Se observa que las familias 1, 4, 7 y 14 son las que presentan mayor número de individuos de sexo masculino, cuyas edades oscilan entre 40 y 60 años de edad, que viven en la comunidad El Arbolito desde hace más de 50 años. Se agrupan los productores sin estudios formales y que en su mayoría no están estudiando.

Se observa que en las familias 3, 6, 9 y 11, con características similares entre sí, predomina el sexo masculino y existe mayor presencia de menores de edad. Respecto al nivel educativo, prevalecen individuos con bajo nivel, aunque es reducido el número de analfabetas.

Por último, se agrupan las familias 2, 5, 8, 10, 12, 13 y 15, predominando el sexo femenino con edades entre 20 y 40 años de edad y con permanencia en la comunidad mayor a 15 años. Se ubican las familias productoras con mayor nivel educativo (educación técnica o mano de obra capacitada para realizar labores) o estudiando en la actualidad.

Moreno y Huanca (2001) realizaron una clasificación considerando las características asociadas de un grupo de niños y jóvenes trabajadores del distrito Comas en Perú, con el propósito de establecer relaciones según el grado de instrucción, ingreso económico, religión, vivienda y problemas familiares, a fin de recomendar estrategias de atención a la población objeto de estudio. Utilizando el análisis de coordenadas, obtuvieron tres

categorías diferentes, en las que las variables ingreso familiar y zona de ubicación de la vivienda presentaron mayor relevancia, siendo la variable sexo considerada menos relevante por encontrarse más próxima al origen.

Por su parte, Figuera (2003) estudió las variables sexo, nivel educativo y paro laboral, en grupos de individuos de tres provincias españolas, utilizando las relaciones de dependencia existentes entre las citadas variables, de manera que observó la tendencia de un mayor número de varones en condición de paro en los niveles de estudio más bajo (primaria).

Los análisis realizados por Moreno y Huanca (2001) y Figuera (2003) se corresponden con este trabajo, al relacionar múltiples variables de acuerdo a las características asociativas de las familias, considerándose de mayor relevancia la agrupación por sexo, la edad de los individuos, el tiempo en la comunidad y el nivel de estudio. Al respecto, coinciden que las familias en las cuales predominan los individuos de sexo masculino y con bajo nivel de estudio, son las que enfrentan mayores problemas de índole económico.

### **El proceso de comercialización**

En la comunidad El Arbolito, se constató que los productores venden su producción a quienes les ofrecen mejores condiciones y precios, sin necesidad de suscribir contratos. El nivel de participación de estos, está determinado por el trámite con el comprador. El 73,3% realiza intercambio de productos con los camioneros o intermediarios. Tan solo el 13,3% de los productores comercializan directamente sus frutos en los mercados mayoristas de las ciudades de Valencia, Maracay y Caracas (Cuadro 3).

Asimismo, se evidencia que poseer tierras y oportunidad para cultivar, no son elementos suficientes para decidir participar activamente en el proceso de comercialización. Estos productores poseen limitaciones relacionadas a la colocación en el mercado de la fruta, la mayoría de ellos (32%), prefiere vender a los intermediarios, aun cuando el 45% señala que los precios que perciben de su producto son bajos. Por tanto, proponen crear un mercado en la zona que les permita vender, para superar la dificultad del transporte de los frutos.

Cuadro 3. Características del proceso de comercialización de los productores de piña de El Arbolito.

<b>Características de la comercialización</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
<b>Nivel de participación (según a quien venden)</b>	
Directamente a los mercados (mayorista)	13,3
Camioneros	73,3
Camioneros y algunas veces al mercado	13,4
<b>Medios para transportar el producto</b>	
Vehículo propio	42
Vehículo prestado o alquilado	26
No posee	32
<b>Información de precios</b>	
Investigan el mercado	20
<b>Problemas</b>	
Precios bajos	45
Intermediarios	32
Ninguno	23
<b>Soluciones propuestas</b>	
Crear mercado donde vender sus productos	52
Acceso al mercado	22
Aumentar precios	16
Fijar precios justos	10

También señalan la posibilidad de aumentar los precios, considerando la clasificación por tamaño y la característica de la piña en esa zona.

La comunidad encuestada reconoce que no están debidamente integrados, ni participan en las pocas organizaciones existentes en la parroquia, pues no creen que pueda ser una alternativa para encontrar soluciones a los problemas y mejorar el ingreso. Esto pone en evidencia una conducta individualista que nada tiene que ver con los recursos financieros, ni con la cuantía de tierra que posean.

Los productores de El Arbolito, conjuntamente con otros de los caseríos Aguacatico y El Jengibre, intentaron conformar una Red Socialista de Innovación Productiva (RSIP) de piña con el fin de mejorar el sistema de cultivo, aplicando tecnologías sencillas y de fácil

acceso, así como desarrollar formas directas de comercialización de los frutos, con el apoyo de las instituciones del Estado. Sin embargo, la escasa participación de los productores, el bajo nivel educativo, la falta de valores y principios comunitarios, son factores que han impedido el éxito de las gestiones emprendidas.

Los resultados obtenidos coinciden con lo señalado por Rincón *et al.* (2004) y por Sepúlveda *et al.* (2003) quienes señalan que los pequeños productores no alcanzan el desarrollo y se mantienen en la pobreza, debido a las propias limitaciones y dependencias. Shepherd e Ilboudo (1995) apuntan hacia la combinación de áreas de producción lejanas, junto a precarias carreteras y vías férreas como factores que hacen bajar los precios de los productos. Si las infraestructuras son malas, parte del dinero que el intermediario podría pagar al productor será empleado en

pagar el transporte; por tanto, el intermediario tenderá a bajar el precio al productor, para afrontar el alto costo del traslado.

Otro de los problemas planteados por el 45% de los productores, son los bajos precios que reciben por la venta de los frutos. Reconocen que en las épocas de mayor cosecha, los precios disminuyen, lo cual genera un menor ingreso. De acuerdo con Shepherd e Ilboudo (1995), la variación de los precios tiene un componente estacional; son bajos en la época de cosecha, mientras que aumentan, al acercarse el tiempo de siembra. La capacidad de almacenamiento de los productores puede ayudar a minimizar las fluctuaciones estacionales por medio de la colocación en el mercado de cantidades suficientes para mantener un precio determinado. Sin embargo, los pequeños productores de El Arbolito no cuentan con un lugar acondicionado para acopiar o almacenar la producción; por tanto, deben venderla rápidamente, a riesgo de perder la cosecha.

#### Atributos de la calidad del fruto

**Características físicas de la piña:** la norma vigente para la piña fresca (COVENIN, 1983), clasifica sus frutos por variedad y tamaño. Para la variedad Española Roja, los frutos de Tipo 1 son aquellos que poseen un peso por encima de 1,8 kg y los de Tipo 2 entre 0,8 y 1,8 kg. Sin embargo, en la zona existe una clasificación local que los productores adoptan en relación a los tamaños logrados por cosecha.

Al agrupar los valores de clasificación en las denominaciones grande, mediana y pequeña, se observa que no existe una diferencia

significativa entre la denominada piña mediana y la pequeña, aunque tampoco hay entre la proporción del producto aprovechable (% fruto) entre la fruta grande y mediana; lo cual se explica por la alta proporción de la corona de los frutos pequeños en relación a los grandes y medianos (Cuadro 4).

En cuanto a las dimensiones del fruto, no existen diferencias significativas entre el diámetro ecuatorial de los frutos medianos y pequeños, pero sí entre el diámetro distal de los frutos grandes, medianos y pequeños. Por tanto, al relacionar ambos diámetros se observa que los frutos grandes y medianos poseen valores calculados ligeramente por debajo de 1 y los pequeños por encima de 1, evidenciando tendencia de frutos alargados en los dos primeros grupos y achatados en el tercero, respectivamente.

Al agrupar los datos de los frutos recolectados en las unidades de producción, sin separar por clasificación, puede observarse que no existen diferencias significativas entre las calidades para cada una de ellas en relación al peso (Cuadro 5). De igual forma, cuando se analizan los resultados de rendimiento de fruto y corona, se logra detectar una diferencia significativa mínima ( $P=0,0442$ ).

Por tanto al realizar el seguimiento de mercadeo de la fruta en relación al precio por calidad, se observa que el sistema de comercialización (productor-intermediario) asume una clasificación de frutos grandes (> 3 kg), medianos (2,9-1 kg) y pequeños (0,9-0,5 kg), lo cual difiere en precios entre dos clasificaciones consecutivas. Sin embargo, de acuerdo a los

Cuadro 4. Características físicas de los frutos (N=5) según los tamaños diferenciados por las unidades de producción (N=4).

Tamaño	Peso total (g)	Peso corona (g)	Fruto (%)	Corona (%)	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro distal (mm)	Relación De/Dd
Grande	1624,0 a	215,5 a	86,9 a	13,1 b	122,7 a	132,7 a	0,93 b
Mediano	1023,5 b	129,5 a	87,4 a	12,7 b	111,9 b	115,6 b	0,97 b
Pequeño	817,5 b	170,1 a	78,2 b	21,8 a	103,2 b	93,6 c	1,13 a
Valor P	0,001	0,0926	0,01	0,01	0,0017	0,0009	0,0022
R <sup>2</sup>	0,62	0,23	0,66	0,66	0,57	0,72	0,80
CV(%)	20,25	34,23	4,86	26,60	5,17	9,30	6,46
DMS	359,31	88,80	6,44	6,44	9,12	16,49	0,10

Letras diferentes verticalmente indican diferencias significativas. Tukey  $\alpha=0,05$ .

Cuadro 5. Características físicas promedio de los frutos (N=20), por unidad de producción (N=4), sin clasificación.

Unidad de Producción	Peso total (g)	Peso corona (g)	Fruto (%)	Corona (%)	Diámetro ecuatorial (mm)	Diámetro distal (mm)	De/Dd
1	1213,4 a	202,2 a	80,2 b	19,8 a	109,0 a	109,0 a	1,03 a
2	1189,3 a	191,8 a	83,6 ab	16,4 ab	117,3 a	111,8 a	1,08 a
3	1143,6 a	114,0 a	90,3 a	9,8 b	111,8 a	125,6 a	0,89 b
4	1073,7 a	178,8 a	82,5 ab	17,5 ab	112,3 a	109,4 a	1,05 a
Valor P	0,8186	0,2053	0,0442	0,0442	0,2837	0,165	0,0157
R <sup>2</sup>	0,62	0,23	0,66	0,66	0,57	0,72	0,80
CV(%)	20,25	34,23	4,86	26,60	5,17	9,30	6,46
DMS	454,37	114,77	6,44	8,32	11,78	21,31	0,13

Letras diferentes verticalmente indican diferencias significativas. Tukey  $\alpha=0,05$ .

Cuadro 6. Comparación entre clasificación por Unidad de Producción y la norma COVENIN 2075-83 (1983).

Unidad de producción	Clasificación por Unidad de Producción	Peso total (g)	Clasificación por norma COVENIN (Tipo)
1	Grande	1840,0 a	1
	Mediana	1058,3 ab	2
	Pequeña	742,0 ab	-
2	Grande	1875,0 a	1
	Mediana	1009,5 ab	2
	Pequeña	683,5 b	-
3	Grande	1374,7 ab	2
	Mediana	1029,0 ab	2
	Pequeña	1027,0 ab	2
4	Grande	1406,5 ab	2
	Mediana	997,0 ab	2
	Pequeña	817,5 ab	2
	Valor P	0,4282	
	R <sup>2</sup>	0,62	
	CV(%)	20,25	
	DMS	1151,05	

Letras diferentes verticalmente indican diferencias significativas. Tukey  $\alpha=0,05$ .

resultados de peso de las muestras tomadas y clasificadas por el productor (N=5), existe una total disparidad entre esta y la clasificación aportada por el intermediario.

Por otra parte, si aplicamos la norma COVENIN 2075-83 (1983) a los parámetros de calidad evaluados en relación al peso de los frutos, solo dos unidades de producción poseen piñas Tipo 1 y Tipo 2, coincidiendo con los denominados

grandes y medianos, respectivamente. Los frutos de las otras dos unidades de producción, calificarían en su totalidad como Tipo 2 (Cuadro 6).

## CONCLUSIONES

Se determinó que los productores de piña establecidos en la comunidad El Arbolito,

afrontan limitantes para participar en el proceso de comercialización de los frutos.

La evaluación física determinó que la mayor parte de la fruta cosechada en la zona, no obedece a la clasificación en la que se basa el proceso de comercialización de este producto.

La mayoría de la fruta colectada para la realización de este estudio fue clasificada Tipo 2, según la norma COVENIN 2075-83 (1983).

## RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se propone incentivar la organización de los productores, a fin de facilitar la capacitación de los integrantes en aspectos agrícolas y de mercadeo que sumen al mejoramiento del sistema productivo de la zona. Con el fin de mejorar y hacer más eficiente el manejo del cultivo, para incrementar los niveles de producción, reduciendo el uso de productos agro-químicos, que no solo perjudican el ambiente circundante con el Lago de Valencia y el río Pao (ubicado en una ABRAE), sino además repercute en los costos de producción del cultivo.

Es importante que los productores sepan cuándo, dónde y las cantidades que deben vender, teniendo en consideración la fluctuación de precios del mercado. Es fundamental que estos productores tengan acceso a un sistema de comunicación y base de datos actualizada que les permita conocer las variaciones de los precios de la piña y otros productos en el mercado, aunado a un acompañamiento técnico e información básica en relación a la normativa de calidad y manejo postcosecha, con el propósito de cosechar y conservar mejor el producto, optando, de esta forma, a un precio de venta justo que aporte mayores beneficios.

## AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a la Ing. Graciela Piñero su apoyo y colaboración en el logro de este artículo.

## LITERATURA CITADA

Alcaldía del municipio Valencia. 2004. Informe planificación del uso del suelo y desarrollo rural en la parroquia Negro Primero.

Instituto municipal del ambiente. Valencia. Venezuela. 53 p.

Avilán, L., F. Leal y D. Bautista. 1992. Capítulo VIII Bromeliaceae. Tomo 1. **En:** Manual de Fruticultura. Editorial América. 2da. Edición. Caracas, Venezuela. pp. 502-578

Ballestrini, M. 2004. Cómo se elabora el proyecto de investigación. Servicio Editorial BL, Consultores Asociados. 6ta. Edición. Caracas, Venezuela. 230 p.

COPLANARH (Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos). 1975 Inventario Nacional de Tierras Región Centro Costera. Atlas MAC-CENIAP. Caracas. 42 p.

COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1983. 2075-83. Piña.

Figuera, S. 2003. Análisis de correspondencias. 33 p. Disponible en línea: <http://www.5campus.com/leccion/correspondencias/Estadística>. [Feb. 08, 2015].

Fred, D. 1997. Conceptos de administración estratégica. 5ta. Edición. Editorial McGraw Hill. 382 p.

Grahame, D. 2005. Comercialización de productos agrícolas. Guía de extensión en comercialización. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. pp. 151.

Guerra, G. 1998. Manual de administración de empresas agropecuarias. 3ra. Edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) GTZ, El Salvador. 208 p.

Greenacre, M. 1994. Multiple and Joint Correspondence Analysis. **En:** Greenacre, M. J. y Blasius, J. (Ed.). Correspondence Analysis in the Social Sciences, London: Academic Press. 374 p.

INE (Instituto Nacional de Estadística). 2008. Resumen estadístico: Censo Poblacional, 2000. Caracas. Venezuela. Disponible en línea: <http://www.ine.gov.ve> [Jul. 07, 2009].

- InfoStat. 2008. Versión 1.1. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 276 p.
- MPPCTII (Ministerio para el Poder Popular de Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias) 2007. Estudio del proceso productivo de la piña en la comunidad El Arbolito, parroquia Negro Primero, municipio Valencia, estado Carabobo. Oficina de Gestión Social del Conocimiento. FUNDACITE-Carabobo. 44 p.
- Montilla de Bravo I., S. Fernández, D. Alcalá de Marcano y M. Gallardo. 1997. El Cultivo de la Piña en Venezuela (Maracay), Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Lara. 155 p.
- Moreno, A. y L. Huanca. 2001. El análisis de correspondencias múltiples aplicado a la identificación de características por edades de los niños y jóvenes trabajadores del distrito de Comas. Disponible en línea: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/xmlui/handle/123456789/538>. [Jul. 16, 2014].
- Pérez, J. and P. Garbati. 2004. Evaluation of different soil preparation techniques for pineapple production. *Pineapple News*. 10:8-9.
- Pineda, A., T. Vargas, M. Escala y E. García. 2012. Organogénesis *in vitro* en piña Española Roja y morfoanatomía de las plantas obtenidas en el proceso. *Bioagro*. 24:175-186.
- Rincón N., E. Segovia, G. Aguilera, A. López, E. Zavarce y M. Leal. 2004. Los pequeños productores y su participación en el proceso de comercialización agrícola. *Rev. Fac. Agron., Universidad del Zulia (LUZ)*. 21:172-185.
- Sepúlveda, S., A. Rodríguez, R. Echeverri y M. Portilla. 2003. Enfoque territorial de Desarrollo Rural. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José de Costa Rica. 180 p.
- Shepherd, A. y J. Ilboudo. 1995. Guía práctica de comercialización y la forma de calcularlos. Dirección de servicios agrícolas de la FAO. Roma. 25 p.



## Efectos de abonos órgano minerales sobre las propiedades físico-químicas en un Inceptisol de la Región Central de Cuba

### Effects of organic-mineral fertilizers on the physical and chemical properties in a Inceptisol of the Central Region of Cuba

Pedro Cairo Cairo<sup>1\*</sup>, Arnaldo Dávila Cruz<sup>2</sup>, Bladimir Díaz Martín<sup>1</sup> y Ariany Colás Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Atacama, Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama (CRIDESAT).

<sup>2</sup>Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. \*Correo electrónico: pedro.cairo@uda.cl

#### RESUMEN

Los abonos órgano minerales pueden transformar el complejo absorbente y mejorar la calidad de los suelos con diferentes contenidos y tipos de arcillas. El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, con el objetivo de evaluar los efectos de los abonos órgano minerales, sobre las propiedades físico-químicas de un suelo pardo mullido carbonatado. Los sustratos utilizados fueron: compost; cachaza descompuesta (1 año); humus de lombriz; zeolita (3 mm) y dolomita (0,5-1 mm). Se realizó la caracterización química y física de los nuevos sustratos obtenidos N, P, K, Ca, Mg, Mo, relación C/N, capacidad de absorción de agua y densidad aparente. Se estableció un experimento en condiciones semi-controladas con 8 tratamientos y 4 repeticiones: testigo, NPK (50-50-50 kg.ha<sup>-1</sup>); 4 t.ha<sup>-1</sup> compost (RCA) + zeolita; 4 t.ha<sup>-1</sup> compost (RCA) + dolomita; 4 t.ha<sup>-1</sup> humus + zeolita; 4 t.ha<sup>-1</sup> humus + dolomita; 4 t.ha<sup>-1</sup> cachaza + zeolita; 4 t.ha<sup>-1</sup> cachaza + dolomita. Se evaluaron propiedades físicas como: permeabilidad, factor de estructura, agregados estables y plasticidad; también propiedades químicas: materia orgánica, pH, fósforo y potasio. Se utilizó el paquete de programas profesionales Statgraphics Plus 5.0 y SPSS 15.0 sobre Windows XP. Todas las combinaciones órgano minerales estudiadas mantienen las características físico-químicas del abono orgánico original y mejoran su calidad. La cachaza + zeolita y cachaza + dolomita fueron los abonos órgano minerales que mejores efectos lograron sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

**Palabras Clave:** Degradación de suelo, materia orgánica, estructura del suelo.

#### ABSTRACT

Organo-mineral fertilizers absorbing complex can transform and improve the quality of soils with different contents and types of clays. The work was conducted at the Center for Agricultural Research, Faculty of Agricultural Sciences at the Central University "Marta Abreu" of Las Villas, Cuba, in order to assess the effects of organo-mineral fertilizers, on the physical and chemical properties in inceptisol soil. The substrates used were: compost; decomposed sugarcane filter cake (1 year); earthworm humus; zeolite (3 mm) and dolomite (0.5-1 mm). Chemical and physical characterization of new substrates obtained N, P, K, Ca, Mg, Mo, and C/N was performed; water absorption capacity and bulk density. An experiment was set up in semi-controlled with 8 treatments and 4 replicates conditions. Control without fertilizer, NPK (50-50-50 kg.ha<sup>-1</sup>); 4 t.ha<sup>-1</sup> compost (RCA) + zeolite; 4 t.ha<sup>-1</sup> compost (RCA) + dolomite; humus 4 t.ha<sup>-1</sup> + zeolite; 4t.ha<sup>-1</sup> humus + dolomite; 4 t.ha<sup>-1</sup> sugarcane filter cake + zeolite; 4 t.ha<sup>-1</sup> sugarcane filter cake + dolomite. Some physical properties (permeability, factor structure, stable aggregates, plasticity) and chemical properties (organic matter, pH, phosphorus and potassium) were evaluated. Professional software package Statgraphics Plus version 5.0 and SPSS view was used. 15.0 on Windows XP. All combinations organo-mineral studied maintain the physical-chemical characteristics of the original organic fertilizer and improve its quality. The sugarcane filter cake + zeolite and sugarcane filter cake + dolomite were the organo-mineral fertilizers that achieved better effects on the physical and chemical properties of soil.

**Key words:** Degradation of soil, organic matter, soil structure.

Recibido: 25/08/15

Aprobado: 31/10/16

Publicado: 15/12/17

## INTRODUCCIÓN

En Cuba, el programa nacional de lucha contra la desertificación y la sequía refiere que el 76,8% del área nacional está afectada por falta de materia orgánica, erosión, compactación, acidez o exceso de sales (Cairo *et al.*, 2008). Por tales razones, resulta determinante la búsqueda de alternativas de recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo con criterio de sostenibilidad. Los estudios contemporáneos sobre abonos órgano minerales se han referido a mezcla de abonos orgánicos con fertilizantes minerales industriales (Osumah *et al.*, 2011; Eifediyi *et al.*, 2013; Adebayo *et al.*, 2014; Dania *et al.*, 2014). Sin embargo, los trabajos donde se emplea mineral natural, como: zeolita, caliza fosfatada o fosforita con abonos orgánicos, llevan implícito una mayor sostenibilidad en el agroecosistema (Colás *et al.*, 2008; Calero *et al.*, 2009).

La acumulación de desechos orgánicos producidos por la actividad humana agrícola, industrial o doméstica, causan deterioro del paisaje, contaminación del medio ambiente y problemas sanitarios (León, 2010). Se reportan numerosas experiencias de trabajos realizados utilizando minerales naturales en la recuperación de suelos tropicales (Cairo *et al.*, 2012).

Kolman y Vázquez (2001) enfatizan que el uso del abonamiento químico perturba el ecosistema y afecta los microorganismos beneficiosos en favor de patógenos y parásitos; el suministro en exceso de los abonos disminuye la concentración de otros por efecto antagónico y se producen alteraciones desfavorables en el pH. Sin embargo, existen alternativas al uso de abonos para la agricultura ecológica y estas comprenden productos como cal, ceniza de madera, roca fosfórica y cal dolomítica, entre otros. Goya (1998) demuestra que con la aplicación de 4 t.ha<sup>-1</sup> de compost + 2 t.ha<sup>-1</sup> de caliza dolomítica y caliza dolomítica sola a razón de 4 t.ha<sup>-1</sup>; se logra un aumento significativo del pH y mejoramiento de la estructura de un suelo ácido.

Cabrera (1998) logró aumentos significativos en el contenido de fósforo asimilable y de la capacidad de intercambio catiónico, especialmente, en aquel tratamiento en que se combinó dolomita + compost. Cairo *et al.* (2012) en

sus investigaciones sobre este tema, concluyen que las medidas de mejoramiento del suelo más efectivas para llevar el mismo a su nivel de calidad son las que establecen combinaciones entre abonos orgánicos y minerales naturales, independientemente del contenido y tipo de arcilla. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de los abonos órgano minerales, sobre las propiedades físico-químicas de un suelo pardo mullido carbonatado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción general de la investigación

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. El suelo objeto de estudio se clasifica como pardo mullido carbonatado según Hernández *et al.* (1999). Taxonómicamente es un Inceptisol muy arcilloso con relieve ondulado a llano, bajo un régimen pluviométrico de 1300 mm anuales y situado a 22°41'33" latitud norte y 80°16'75" longitud oeste.

### Elaboración y caracterización de sustratos orgánicos y órgano minerales

Los componentes de los sustratos utilizados fueron:

Compost obtenido de residuos de centros de acopio (RCA) de la industria azucarera, tamizado a 4 mm con 35% de humedad.

Cachaza descompuesta por 1 año, tamizado a 4 mm con 35% de humedad.

Humus de lombriz obtenido a partir de cachaza, tamizado a 4 mm con 35% de humedad.

Minerales naturales (Cuadro 1): zeolita (granulometría 3 mm) y dolomita (granulometría 0,5-1 mm).

Se establecieron proporciones de mezcla de 3:1 considerando 3 partes de abonos orgánicos y 1 parte de mineral natural, resultando 6 combinaciones con nueve variantes (36 muestras). 1. cachaza; 2. cachaza + zeolita; 3. cachaza + dolomita; 4. compost (RCA); 5. compost (RCA) + zeolita; 6. compost (RCA) + dolomita; 7. humus; 8. humus + zeolita; 9. humus + dolomita.

Cuadro 1. Composición química de los minerales naturales empleados.

Material	SiO <sub>2</sub> (%)	AlO <sub>3</sub> (%)	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	FeO (%)	MgO (%)	CaO (%)	K <sub>2</sub> O (%)
Zeolita	57,06	11,91	4,09	1,33	1,45	9,35	1,89
Dolomita	0,26	0,20	0,04	-	17,92	34,24	-

Se realizó la caracterización química y física de dichos sustratos determinándose el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Mo; la relación Carbono/Nitrógeno (C/N), capacidad de absorción de agua y densidad aparente.

La humedad se determinó por el método gravimétrico expresado en % de humedad en base a suelo húmedo (% hbsh) y la densidad aparente por el método de los cilindros (Cairo y Fundora, 2007).

### Descripción del experimento

Se estableció un experimento en condiciones semi-controladas con 8 tratamientos y 4 repeticiones, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado: 1. Testigo; 2. NPK (50-50-50 kg.ha<sup>-1</sup>); 3. 4 t.ha<sup>-1</sup> compost (RCA) + zeolita; 4. 4 t.ha<sup>-1</sup> compost (RCA) + dolomita; 5. 4 t.ha<sup>-1</sup> humus + zeolita; 6. 4 t.ha<sup>-1</sup> humus + dolomita; 7. 4 t.ha<sup>-1</sup> cachaza + zeolita. 8. 4 t.ha<sup>-1</sup> cachaza + dolomita.

El suelo fue tomado a una profundidad de 0-20 cm, secado al aire y tamizado (con tamiz de 4 mm). Posteriormente cada una de las macetas fue llenada con 1 kg del suelo recolectado. Se determinaron las cantidades de materiales orgánicos y minerales a aplicar por macetas según las proporciones establecidas. Las mismas se mantuvieron por 30 días y durante el desarrollo del experimento. Se utilizó el método gravimétrico para determinar la humedad del suelo, calculando la cantidad de agua a aplicar a las macetas para mantenerlo al 80% de la capacidad de campo.

### Métodos de análisis realizados al suelo

**Análisis físicos.** Se determinó el coeficiente de permeabilidad (log 10K) según el método de Henin *et al.* (1958); el factor de estructura (%FE) de acuerdo con Vageler y Alten (1931);

los agregados estables (%AE) por el método de Henin *et al.* (1958).

Además, fue determinado el límite superior de plasticidad (LSP) por el método del Cono de Balancín de Vasiliev y el límite inferior de plasticidad (LIP) por el método de los rollitos de Atterberg (Atterberg, 1911), expresándose ambos en porcentaje de humedad en base a suelo seco (hbss). El índice de plasticidad se obtuvo por la diferencia numérica entre ambos límites y no tiene unidad de medida.

**Análisis químicos.** Se determinó el pH en H<sub>2</sub>O y en KCL por medio de potenciómetros, en solución de suelo, proporción 1:2,5 según Jackson (1958) y para el contenido P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O el método Oniani (1964), utilizando para ello solución extractiva de ácido sulfúrico (0,1 N). K<sub>2</sub>O por fotometría de llama y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por colorimetría (Cuadro 2).

El contenido de materia orgánica se analizó por el método colorimétrico de Walkley y Black (1934), con base en la oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado (Cuadro 2).

**Procesamiento estadístico.** Se utilizó el paquete de programas profesionales Statgraphics Plus 5.0 y SPSS 15.0 sobre Windows XP. Se realizó análisis de varianza de clasificación simple para las variables que diferenciaban los tratamientos, previa comprobación de los supuestos de base, complementándose con una comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

## RESULTADO Y DISCUSIÓN

### Caracterización química y física de abonos orgánicos y órgano minerales

El Cuadro 3 muestra que el uso de los minerales zeolita y dolomita en las proporciones estudiadas con abonos orgánicos (humus de

Cuadro 2. Métodos de análisis empleados en la caracterización de los residuos orgánicos.

Indicadores	Método de análisis	Referencia
N (%)	Nessler	Ríos <i>et al.</i> (1982)
P (%)	Molibdo-vanadato fosfórico	Ríos <i>et al.</i> (1982)
K (%)	Fotometría de llama	Ríos <i>et al.</i> (1982)
Ca (%)	Complexometría	Ríos <i>et al.</i> (1982)
Mg (%)	Complexometría	Ríos <i>et al.</i> (1982)
Materia orgánica (%)	Walkley-Black	Comité técnico de normalización N°3
Relación C/N	Cálculo a partir del porcentaje de materia orgánica y del porcentaje de nitrógeno	Comité técnico de normalización N°3

Cuadro 3. Algunas características químicas de los sustratos empleados.

Trat.	Sustratos	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
1	Cachaza	8,2a	3,11bc	2,00a	0,41bc	1,56d	2,08b
2	Cachaza + zeolita	8,4a	2,15e	1,20d	0,23d	10,42b	1,85c
3	Cachaza + dolomita	8,2a	2,51d	1,85b	0,41bc	3,24c	0,80e
4	Compost (RCA)	7,5c	4,00a	0,28f	0,62a	1,18c	1,56d
5	Compost (RCA) + zeolita	7,5c	3,60ab	0,26f	0,56a	0,76f	1,58d
6	Compost (RCA) + dolomita	8,0ab	1,88f	0,19f	0,36c	12,94a	2,08b
7	Humus	7,4c	2,38d	1,80b	0,45b	0,2g	2,11b
8	Humus + zeolita	7,7bc	2,08e	0,66e	0,25d	0,08g	2,11b
9	Humus + dolomita	8,2a	2,81c	1,65c	0,39bc	10,12b	5,52a
	EE ( ± )	0,09	0,11	0,03	0,02	0,07	0,01

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren por Tukey ( $P < 0,05$ ); RCA: residuo del centro de acopio; EE: error experimental.

lombriz, compost y cachaza) no producen cambios sustanciales en los valores absolutos de los indicadores químicos, aunque presenta diferencias estadísticas. La mezcla de abono orgánico con dolomita no se comporta de la misma manera que con la zeolita. La dolomita enriquece el sustrato órgano mineral en Ca y Mg por lo que también incrementa el pH con resultados significativos. Es destacable que los contenidos de N no alcanzan valores inferiores

a 2%, a excepción de la variante compost + dolomita, estando el resto de los sustratos en el rango de un abono orgánico de calidad, a pesar de haber incorporado una sustancia mineral. (Lausega 2013), Páez (2006) y Dávila (2007) refieren la importancia de la zeolita en la producción de fertilizantes órgano minerales y orgánicos, aludiendo que esta mejora la calidad agrícola y comercial del compost sin efectuar cambios en las propiedades químicas del mismo.

Vázquez (2003) combinó la dolomita con materiales orgánicos y obtuvo resultados significativos en las propiedades físicas y químicas de los suelos oscuros plásticos.

Cairo *et al.* (2001) demostraron que tanto las combinaciones de abonos minerales y orgánicos aplicadas al suelo, así como la mezcla para conformar un abono órgano mineral, tenían suficiente carga de nutrientes y de efectividad biológica que se traducían en mejoras del suelo e incremento de los rendimientos de la caña de azúcar.

Los sustratos órgano minerales mantienen una buena capacidad de retención de humedad, por encima de 50%, y densidades que oscilan entre 0,48 a 0,72 g.cm<sup>-3</sup> (Cuadro 4), estando estos rangos entre los óptimos (Lausega, 2013). Dávila (2007) realizó un estudio de las propiedades físicas de los sustratos órgano minerales y señala que la capacidad de retención de agua y la densidad aparente dependen de las propiedades de los sustratos que se combinen

(materia orgánica-mineral), lo que se destaca en la combinación dolomita-materia orgánica.

Las combinaciones de zeolita con compost y humus no muestran cambios significativos desde el punto de vista estadístico con el abono orgánico original en los indicadores físico-químicos (densidad aparente, % materia orgánica, % carbono y relación C/N); esto explica el papel de la zeolita en su función como reguladora de los procesos biológicos y del equilibrio físico-químico de los sustratos (Ippolito *et al.*, 2011).

La relación C/N se mantiene baja por el grado de descomposición alcanzada en todos los sustratos (Cuadro 4). Calero *et al.* (2009), señalan que la relación C/N es una de las características más importantes de un abono órgano mineral. De su valor depende la velocidad de descomposición cuando se aplica al suelo, la mineralización de nitrógeno y la competencia entre los microorganismos del suelo y las plantas por ese elemento, así como el aprovechamiento del carbono de la materia orgánica.

Cuadro 4. Características físicas y químicas de sustratos órgano minerales.

Trat.	Sustratos y combinaciones	Capacidad de absorción de agua (% hbsh)	Densidad aparente (g.cm <sup>-3</sup> )	Materia orgánica (%)	Carbono (%)	Relación C/N
1	Cachaza	68,20a	0,45e	42,25b	24,51b	7,95c
2	Cachaza + zeolita	54,09f	0,48de	40,45bc	23,46bc	10,95a
3	Cachaza + dolomita	48,16g	0,55cd	32,81e	13,81e	7,68c
4	Compost (RCA)	61,30c	0,58bc	48,60a	28,19a	7,06c
5	Compost (RCA) + zeolita	56,18e	0,62bc	47,07a	27,31a	7,60c
6	Compost (RCA) + dolomita	59,83d	0,73a	18,00g	10,44g	5,57d
7	Humus	64,20b	0,50de	38,95cd	22,55cd	9,51b
8	Humus + zeolita	55,44ef	0,49de	37,15d	21,55d	10,35ab
9	Humus + dolomita	60,74cd	0,64b	21,36f	12,39f	4,41d
	EE (±)	0,29	0,02	0,48	0,28	0,28

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren por Tukey (P<0,05). % hbsh: porcentaje humedad base de suelo húmedo; EE: error experimental.

### Efecto de los abonos órgano minerales sobre las propiedades físicas y químicas del suelo

El uso de abonos órgano minerales en condiciones semi-controladas, evidencia la respuesta significativa que se obtiene desde el punto de vista físico, así como químico, en las propiedades del suelo cuando se comparan dichos abonos con el testigo y el NPK (Cuadros 5 y 6).

Calero *et al.* (2009), en estudios realizados con abonos órgano minerales, evaluando la actividad biológica, resaltan que la caliza fosfatada con humus de lombriz, estiércol vacuno y estiércol porcino, en las proporciones y dosis estudiadas, estimulan la actividad microbiológica del suelo y favorecen los procesos microbiológicos asociados a la mineralización del nitrógeno orgánico. Si se comparan los resultados con cualquiera de las combinaciones órgano minerales se puede comprobar que en general tienen efectos similares sobre el suelo, a

excepción de cachaza + zeolita y cachaza + dolomita.

Según Calero *et al.* (2009), el empleo de fertilizantes órgano minerales puede ser una alternativa eficaz para incrementar el rendimiento agrícola y proteger los recursos edáficos de los agroecosistemas. Se ha demostrado que el uso de abonos órgano minerales es efectivo en suelos de diferentes tipos de arcilla y contenido (Colás *et al.*, 2004, 2006 y 2008; Cairo *et al.*, 2012; Osumah *et al.*, 2011; Adebayo *et al.*, 2014). En el Cuadro 6, se indica el efecto de los abonos órgano minerales sobre el fósforo y potasio asimilable, pasando de la categoría de mediano a alto o muy alto (Fundora y Yepis, 2000). Cairo *et al.* (2012) demostraron que el empleo de abonos órgano minerales, pueden sustituir más de un 50% de los fertilizantes de importación dejando un efecto residual en el suelo. La combinación o mezcla de órgano minerales que mejor respuesta indican sobre las propiedades físico-químicas del suelo son cachaza + zeolita y cachaza + dolomita, lo cual está muy en

Cuadro 5. Efecto de los abonos órgano minerales sobre las propiedades físicas del suelo.

Tratamientos	FE (%)	AE (%)	Perm (log 10k)	LSP (% hbss)	LIP (% hbss)	IP
1. Testigo	54,19d	50,68c	1,91c	62,26a	31,58d	30,68a
2. NPK (50-50-50 kg.ha <sup>-1</sup> )	54,80d	52,46c	1,87c	61,72ab	30,53d	31,19a
3. 4 t.ha <sup>-1</sup> Compost (RCA) + zeolita	69,94c	60,99b	2,00b	59,56bcd	42,06abc	17,50b
4. 4 t.ha <sup>-1</sup> Compost (RCA) + dolomita	72,70b	64,32a	2,10a	60,29abc	43,09ab	17,20bc
5. 4 t.ha <sup>-1</sup> Humus + zeolita	73,10ab	62,61ab	2,06ab	58,67cd	43,60a	15,07bcd
6. 4 t.ha <sup>-1</sup> Humus + dolomita	73,06ab	63,66a	2,09a	57,29d	40,86bc	16,43bc
7. 4 t.ha <sup>-1</sup> Cachaza + zeolita	73,91ab	64,25a	2,07ab	54,01e	40,13c	13,86cd
8. 4 t.ha <sup>-1</sup> Cachaza + dolomita	74,77a	64,59a	2,12a	53,46e	41,72abc	11,74d
EE(±)	0,43	0,52	0,01	0,31	0,50	0,74

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren por Tukey (P<0,05). FE: factor de estructura; AE: agregados estables; Perm: permeabilidad; % hbss: porcentaje humedad base de suelo seco; LSP: límite superior de plasticidad; LIP: límite inferior de plasticidad; IP: índice de plasticidad; EE: error experimental.

Cuadro 6. Efecto de los abonos órgano-minerales sobre las propiedades químicas del suelo.

Tratamientos	pH		MO (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg.100g <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (mg.100g <sup>-1</sup> )
	(KCL)	(H <sub>2</sub> O)			
1. Testigo	5,60b	7,15b	1,98b	9,11b	12,88f
2. NPK (50-50-50 kg.ha <sup>-1</sup> )	5,62b	7,10b	2,10b	11,52ab	15,80f
3. 4 t.ha <sup>-1</sup> Compost (RCA) + zeolita	6,57a	7,67a	3,02a	12,39a	17,77ef
4. 4 t.ha <sup>-1</sup> Compost (RCA) + dolomita	6,64a	7,77a	3,00a	13,81a	18,77de
5. 4 t.ha <sup>-1</sup> Humus + zeolita	6,77a	7,81a	3,09a	13,36a	19,92cd
6. 4 t.ha <sup>-1</sup> Humus + dolomita	6,70a	7,70a	3,02a	11,27ab	21,39bc
7. 4 t.ha <sup>-1</sup> Cachaza + zeolita	6,77a	7,82a	2,99a	13,89a	23,38ab
8. 4 t.ha <sup>-1</sup> Cachaza + dolomita	6,70a	7,77a	3,10a	13,07a	23,65a
EE (±)	0,06	0,09	0,05	0,68	0,06

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren por Tukey (P<0,05). MO: materia orgánica; EE: error experimental.

correspondencia con la composición química de dichos sustratos. Estos resultados demuestran la significativa contribución que pueden hacer el empleo de abonos órgano minerales en el impacto económico y ambiental.

### CONCLUSIONES

Todas las combinaciones órgano minerales estudiadas mantienen las características físico-químicas del abono orgánico original y mejoran su calidad.

Los abonos órgano minerales lograron efectos significativos sobre el estado estructural y consistencia del suelo, demostrando que estos incrementan el pH, materia orgánica y K<sub>2</sub>O asimilable.

La cachaza + zeolita y cachaza + dolomita fueron los abonos órgano minerales que mejores efectos lograron sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

### LITERATURA CITADA

- Adebayo, J., A. Adebayo and O. Abiodun. 2014. Efficacy of organomineral fertilizer and un-amended compost on the growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus* Thumb) in Ilorin Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Int J Recycl Org Waste Agricult.* 3:121-125.
- Atterberg, A. 1911. Die Plastizität der Tone. *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde.* 1:10-43.
- Cabrera, M. 1998. Estudio de la aplicación de diferentes fuentes minerales y compost en un suelo ferralítico rojo. Informe Trabajo Temático Productivo #119. Sector II Empresa Geominera del Centro. pp. 46-52.
- Cairo, P., A. Dávila, A. Colas, A. Reyes y B. Díaz. 2012. Uso alternativo de mejoradores de suelo, con énfasis en la materia orgánica y evaluación de indicadores de sostenibilidad (calidad de suelo). Informe final del Proyecto Ramal de la Agricultura. 102 p.

- Cairo, P., J. Machado de Armas, B. Díaz, A. Colás, A. Reyes, P. Torres, A. Dávila, O. Rodríguez, I. Abreu y R. Jiménez. 2008. Evaluación de la degradación de los suelos de la región central de Cuba (ene-mar / 2008). *Centro Agrícola*. 35(1):17-21.
- Cairo, P., M. Carvajal, J. Machado de Armas y B. Díaz. 2001. Efecto de diferentes métodos de mejoramiento sobre la fertilidad de los suelos degradados dedicados al cultivo de la caña de azúcar. *Centro Azúcar*. 2:37-42.
- Cairo, P. y O. Fundora. 2007. *Edafología*. Empresa Editorial Poligráfica Félix Varela. La Habana Cuba. ISBN: 978-959-07-0599-1. 460 p.
- Calero, B., M. Rodríguez, A. Morales, F. Martínez y L. Morejón. 2009. Biodegradabilidad de la mezcla de caliza fosfatada con abonos orgánicos en un suelo ácido. *Cultivos Tropicales*, Cuba. 30(3):5-9.
- Colás, A., B. Díaz-Martín, P. Cairo y J. Machado de Armas. 2004. Efecto de la aplicación de dosis mínimas de abonos orgánicos y minerales naturales sobre el estado estructural del suelo pardo con carbonatos medianamente lavado (Inceptisol). *Centro Agrícola*, Cuba. 31:3-4.
- Colás, A., B. Díaz-Martín, P. Cairo y J. Machado de Armas. 2006. Uso alternativo de abonos órgano-minerales en suelos ferralíticos rojos compactados. *Centro Agrícola*, Cuba. 33:3.
- Colás A., P. Cairo, J. Machado y Y. Ruiz. 2008. Análisis Multivariado de las propiedades de un suelo Ferralítico Rojo (Oxisol), como base para la selección de indicadores de calidad. *Centro Agrícola*, Cuba. 35(3):17-23.
- Dania, S., P. Akpansubi and O. Eghagara. 2014. Comparative Effects of Different Fertilizer Sources on the Growth and Nutrient Content of Moringa (*Moringa oleifera* Lam) Seedling in a Greenhouse Trial. *Adv. Agricult.* 2014:1-6.
- Dávila, A. 2007. Elaboración de compost con Residuos de Centro de Acopio (RCA), y su evaluación Alternativa como abono órgano-mineral. Tesis presentada en opción al título académico de máster en Agricultura Sostenible. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 78 p.
- Eifediyi, E., K. Mohammed and S. Remison. 2013. Influence of Organomineral fertilizer (OMF) on the performance of Jute Mallow (*Corchorous olitorius*) in NORTH CENTRAL NIGERIA. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 9(3):54-58.
- Fundora, O. y O. Yepis. 2000. Ahorro de fertilizantes en empresas de cultivos varios y disminución de la contaminación ambiental. XIII Fórum Municipal de Ciencia y Técnica. Santa Clara, Cuba. 12 p.
- Goya, S. 1998. Propuesta para mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el municipio Manicaragua. Tesis presentada en opción al título académico de máster en Agricultura Sostenible, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 79 p.
- Henin, S., G. Monnier, S. Henin et A. Combeau. 1958. Method pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Ann. Agron.* 1:73-92.
- Hernández, A., J. Pérez, D. Bosch y L. Rivero. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. *Agrinfor*. La Habana. 64 p.
- Ippolito, J., D. Tarkalson and G. Lehrs. 2011. Zeolite Soil Application Method Affects Inorganic Nitrogen, Moisture, and Corn Growth. *Soil Science*. 176(3):36-42.
- Jackson, M. L. 1958. Hydrogen activity determination for soils. *Soil chemical analysis*. Ed. Prentice Hall, inc. Englewood Cliffs, N.J. pp. 38-56.
- Kolman, E. y D. Vázquez. 2001. Manual de agricultura ecológica. Programa agroecológico campesino a campesino. Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP). Villa Clara, Cuba. pp. 12-59.
- Lausega, O. 2013. Evaluación de diferentes sustratos para la producción de lombricomposta de acuerdo a norma Mexicana NMX- FF-109-SCFI-2008.



- Tesis de Diploma, Centro Universitario. Querétaro, México. 64 p.
- León, U. 2010. Alternativas para la utilización de estiércol porcino en la agricultura. Tesis en opción al título de máster en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 84 p.
- Osumah, A., H. Tijani, E. Thomas, N. Taiwo, E. Eguagie and T. Modupeola. 2011. Effects of NPK (15:15:15) and organo-mineral fertilizer on Growth, Yield and Post-Planting Soil Chemical Properties under Degraded Alfisol Planted to Pepper. *Nig. J. Soil & Env. Res.* 9:44-48.
- Páez, O. 2006. La zeolita el mineral del universo. Disponible en línea: [www.eluniverso.com](http://www.eluniverso.com) [Dic. 12, 2007].
- Vageler, P. and F. Alten. 1931. Boden des nils und Gash Zf. *Pflanzenernh-Dungung. Boden I. Mitteilung. A.* 21:47-57.
- Vázquez, R. 2003. Estudios sobre la efectividad de la dolomita en el mejoramiento de los suelos Oscuros Plásticos. Tesis en opción al título de máster en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 78 p.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sc.* 37:29-38.



## Nota Técnica

### Comportamiento térmico del suelo sometido a diferentes lapsos de solarización en el estado Falcón

#### Thermal behavior of soil subjected to different solar periods of in Falcón state

Zunilde Lugo\*, Renato Crozzoli, Adriana Cortéz, Raquel Parra, Ana Fernández y Jorge Marquina

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida) \*Correo electrónico: karola0302@hotmail.com

#### RESUMEN

La solarización es una técnica utilizada para el control de malezas y patógenos del suelo, entre otros fines. En la parcela "La Trinidad" ubicada en el municipio Miranda, estado Falcón, Venezuela (11°18'30,5" LN, 69°58'51,6" LO) a 48 m.s.n.m., se estableció un ensayo con el objetivo de estudiar el comportamiento térmico del suelo a 7,5 cm de profundidad y bajo una cubierta plástica de polietileno transparente, para obtener información sobre las temperaturas del suelo alcanzadas con diferentes lapsos de solarización. El estudio fue realizado con la finalidad de implementar buenas prácticas agrícolas, necesarias en la comunidad. Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar con unidades experimentales de 16,5 m<sup>2</sup>. Los tratamientos fueron: testigo sin cobertura plástica y suelo solarizado con cobertura plástica durante 15, 30 y 60 días. Se determinaron coeficientes de correlación lineal simple (CC) entre los datos de temperatura y los tratamientos. Los resultados mostraron que en horas de la mañana existe una asociación lineal positiva con CC de 0,09 a 0,40 para las temperaturas y los días solarizados registrados a las 6:00 y 9:00 am, respectivamente. A las 12 y 18 horas, los tratamientos evaluados presentaron una asociación lineal negativa, con un CC de -0,22 y -0,04. Se observó una relación directa entre la temperatura del aire y las registradas en el suelo. Las temperaturas más elevadas del suelo a 7,5 cm de profundidad se alcanzaron a las 14 horas, siendo de 38,9; 32,5 y 32 °C, para los tratamientos T3, T4 y T2, respectivamente.

**Palabras clave:** Temperatura del suelo, plástico.

#### ABSTRACT

Solarization is a technique used to control weeds and soil pathogens, among other purposes. In "La Trinidad" plot, located in Miranda municipality of the State Falcón, Venezuela (11°18'30.5"N, 69°58'51.6"W), at 48 m.a.s.l.; a trial was conducted with the objective of studying the soil thermal behavior to a depth of 7.5 cm and under a polyethylene transparent plastic. The information related to the temperatures that reached the soil with different periods of solarization. The study was conducted with the purpose of implementing good agricultural practices, necessary in the community. An experimental design was used in completely randomized experimental units of 16.5 m<sup>2</sup> blocks. The treatments were: control without plastic cover and soil solarized with plastic cover for 15, 30 and 60 days. Simple linear correlation coefficients (CC) between the temperature data and treatments were determined. The results showed that in the morning there is a positive linear association with CC of 0.09 to 0.40 for temperatures and reported solarized days at 6:00 and 9:00 am, respectively. From 12 to 18 hours, the evaluated treatments showed a negative linear association, with a CC of -0.22 and -0.04. There was a direct relationship between the temperature of the air and those recorded in the soil. The temperatures more elevated of the soil to 7.5 cm of depth is reached at 14 hours, that is from 38.9; 32.5 and 32 °C, for the treatments T3, T4 and T2, respectively.

**Key words:** Temperature of the soil, plastic.

Recibido: 25/02/13    Aprobado: 265/09/10    Publicado:

## INTRODUCCIÓN

Las cubiertas plásticas producen un efecto térmico en el suelo, debido a que las mismas no son porosas y anulan el componente de evaporación, transmitiendo una parte importante de la radiación solar al interior del suelo (Misle y Norero, 2002). Así se eleva la temperatura y permite prácticas como la solarización del suelo, el cual es un proceso hidrotérmico que tiene lugar en el suelo húmedo cuando es cubierto por una película plástica y expuesto a la luz solar durante los meses más cálidos (Pullman *et al.*, 1981). Este proceso provoca un complejo de cambios físicos, químicos y biológicos en el suelo, asociados con el calentamiento solar, y tiene valor como alternativa al uso de ciertos productos químicos para la agricultura, cuyo uso prolongado provoca altos niveles de contaminación ambiental. La solarización del suelo es un proceso de cobertura que tuvo sus orígenes en las épocas tempranas de la agricultura, cuando fue usada para cubrir el suelo y las plantas con materiales orgánicos e inorgánicos, con el fin de formar una barrera de protección contra las heladas.

Burrows y Larson, 1962 utilizaron el incremento de la temperatura del suelo calentado para aumentar el crecimiento de las plantas y aprovecharon la cobertura para limitar la evaporación de agua, controlar malezas, plagas, nematodos y enfermedades del suelo, así como para mejorar su estructura y para combatir la erosión.

Según Rosado (2005), el efecto térmico del suelo es de gran importancia para la producción agrícola, ya que el calor contribuye en la supresión de patógenos antes de establecer un cultivo. Cuando se logra aumentar la temperatura del suelo sobre el nivel térmico de organismos patógenos, habrá mortalidad de los mismos. Altas temperaturas por periodos prolongados son letales para nematodos, hongos y otros patógenos, atribuyéndose a que su actividad metabólica es susceptible a esta condición por efecto acumulativo del calor.

La utilización de plásticos en agricultura con fines de solarización es una práctica común en todo el mundo. La presente investigación tuvo como objetivo estudiar el comportamiento térmico del suelo bajo una cubierta plástica transparente y

determinar las temperaturas generadas durante diferentes lapsos de solarización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la parcela experimental de la finca "La Trinidad", ubicada en el sector El Limoncito del municipio Miranda, estado Falcón, Venezuela (11°18'30,5" LN, 69°58'51,6" LO) a 48 m.s.n.m. La zona presenta de tres a seis meses húmedos, con una precipitación promedio anual de 521,2 mm, con valores que van desde 265,5 a 875,2 mm; una temperatura máxima y mínima promedio anual de 33,0 y 25,1 °C, respectivamente y una humedad relativa promedio anual de 71,3%. Los valores promedio de insolación y radiación global durante el año son de 7,8 h y 20,2 MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente. La velocidad del viento promedio anual es de 21,5 km.h<sup>-1</sup>. El suelo es de textura franca, con moderada fertilidad, debido a sucesivas fertilizaciones químicas, medio en salinidad y de pH 8,30.

Se empleó un diseño experimental en bloques completamente al azar con cuatro repeticiones; cada unidad experimental estuvo constituida por una parcela de 16,5 m<sup>2</sup>. Para el presente estudio se evaluaron los tratamientos: T1-Testigo absoluto (sin cobertura plástica durante 60 días o suelos desnudos); T2-suelo solarizado con cobertura plástica transparente de 30 µm de espesor durante 15 días; T3-suelo solarizado durante 30 días con cobertura plástica transparente de 30 µm de espesor; T4-suelo solarizado durante 60 días con cobertura plástica transparente de 30 µm de espesor. Al momento de establecer cada tratamiento se aplicó riego por goteo para llevar el suelo a capacidad de campo.

La investigación se realizó desde el mes de mayo hasta el mes de julio del año 2012, considerado el período de mayor incidencia de radiación solar y altos grados de temperatura.

Se registraron las temperaturas del suelo a 7,5 cm de profundidad (OMM, 1996), donde en estratos menores de 15 cm el flujo de calor es variable, ya que hay más conducción, convección de radiación, evaporación y condensación de agua, con respecto a profundidades superiores (>50cm). Esto se realizó por medio de la construcción de termocuplas o sensores analógicos TST, de resistencia variable

que oscilan en mV y mediante la programación se expresan en datalogger a una escala de °C. Cada extremo del sensor fue adherido con silicona, incluyendo vainas protectoras y todo el conjunto quedó cerrado por la contraparte del tubo. Dichos sensores se instalaron en un equipo automático (Modelo DL2 datalogger, marca AT- Delta T Devices), programado para registrar datos con intervalos de 10 s y promedios cada 10 min, realizando grabación de la información cada hora. Los sensores TST se colocaron en cada una de las parcelas de los tratamientos anteriormente descritos. Además de los sensores TST, al datalogger también se le instaló un sensor de temperatura del aire (20 Kohm de resistencia) expresado en °C y un sensor de radiación directa expresado en mmol.m<sup>-2</sup>. La información fue almacenada en un computador portátil vía puerta serial al software de recolección de datos climáticos tipo LS2e, versión 12.0.

Para los tratamientos de solarización se utilizaron, como cobertura láminas de polietileno (PE) transparente de 30 µm de espesor, como cobertura del suelo. Esta película de polietileno de baja densidad contiene un aditivo EVA (etilenoacetato de vinilo) y anti UV, lo cual le confiere mejores propiedades térmicas y de resistencia. El PE transparente es el más recomendado para estos trabajos, ya que transmite mayor cantidad de radiación, la cual es absorbida por el suelo, redundando en mayor eficiencia para el control de fitopatógenos. Además, funciona como almacenador de energía solar, lo que reduce el escape de calor (Cassanello *et al.*, 1990).

Para el análisis estadístico se utilizó el programa JMP versión 6, con el fin de obtener el cálculo de análisis de regresión lineal simple a través del cual se calcularon los coeficientes de correlación lineal simple entre las variables de temperatura y los días de solarización.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar las temperaturas las 24 h del día para cada uno de los tratamientos, se puede observar (Cuadro 1) que en horas de la mañana existe una asociación lineal positiva con coeficientes de correlación entre 0,09 y 0,40 respectivamente; correspondientes a las 6:00 y 9:00 am, por ser las horas diarias matutinas donde se muestran los mayores cambios. Esta asociación lineal positiva va disminuyendo a medida que va transcurriendo la marcha diaria de la temperatura, hasta hacerse no significativa.

En todas las horas matutinas la temperatura del suelo fue mayor en los tratamientos solarizados que en el tratamiento testigo, indicando correlaciones positivas. En el T4 la solarización incrementó la temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad con respecto al testigo en aproximadamente 1,06 °C, así como en el T3 y T2 con diferencias de temperatura de 1,21 y 0,28 °C, respectivamente, para las 6 horas (Figura 1). Esto corrobora que el efecto de asociación lineal positiva va disminuyendo a medida que transcurre la mañana, tal como se presenta a las 9 horas, donde se obtuvo que la diferencia entre las temperaturas alcanzadas por el tratamiento testigo y el T4, T3 y T2 es menor, con un valor aproximado de 0,74; 0,17 y 0,21 °C, respectivamente (Figura 2).

En cuanto a las temperaturas de las horas vespertinas, específicamente 12 y 18 horas, los tratamientos evaluados presentaron una asociación lineal negativa, con un coeficiente de correlación desde -0,22 a -0,04, respectivamente. Esta asociación lineal negativa va afinando a medida que la radiación va disminuyendo, hasta hacerse no significativo.

La temperatura del suelo alcanzó un efecto contrario (correlaciones negativas) con respecto a lo ocurrido en las horas matutinas, donde

Cuadro 1. Valores del coeficiente de correlación lineal de Pearson y probabilidad de significación del análisis entre la temperatura del suelo y la marcha diaria considerando el promedio de los días de solarización.

Valores	Horas (marcha diaria de la temp)			
	6	9	12	18
r	0,09	0,40	-0,22	-0,04
Prob>t	0,3741	<0,0001*	0,0400	0,6772

\*Probabilidades menores a un nivel de alfa igual a 0,01 indican una asociación lineal altamente significativa entre las variables analizadas.

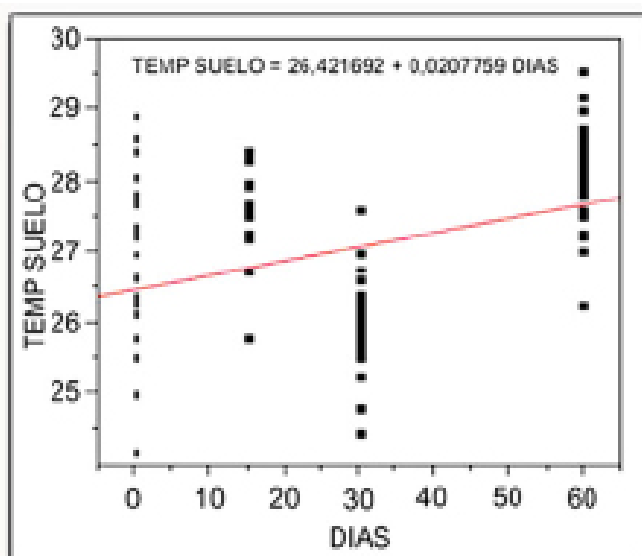


Figura 1. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 6 horas en función de los días de solarización.

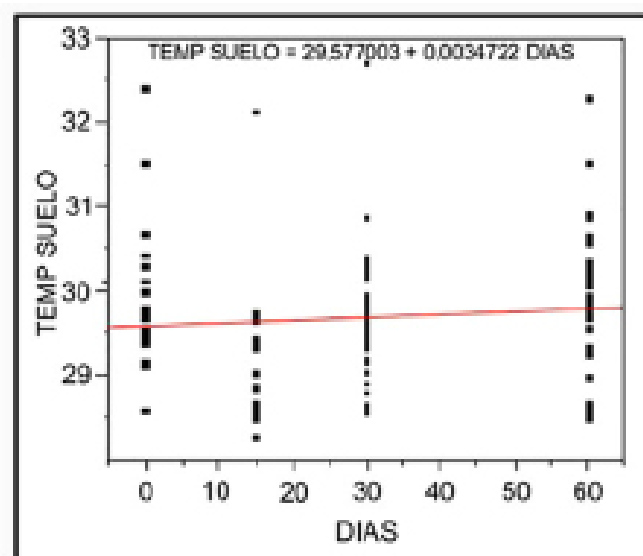


Figura 2. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 9 horas en función de los días de solarización.

se obtuvo que en el tratamiento testigo (suelo desnudo) la temperatura fue mayor que en los tratamientos solarizados. En el T4 la diferencia de temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad con respecto al testigo es de aproximadamente 0,7 °C; incrementándose dicha diferencia en el T3 y T2 con temperatura de 3,66 y 2,01 °C a las 12 horas (Figura 3). Este efecto de asociación lineal negativa va disminuyendo tal como se observa a las 18 horas, donde se obtuvo que la diferencia entre las temperaturas alcanzadas por el tratamiento testigo y el T4, T3 y T2, obtuvieron valores aproximados de 0,92; 1,29 y 2,24 °C, respectivamente (Figura 4). Resultados similares alcanzaron Ham y Kluitenberg (1994), quienes encontraron que el cambio en el comportamiento de la cubierta es diferente entre el día y la noche, puesto que para láminas transparentes se acentuaba la influencia de la condensación del agua bajo el plástico.

Los resultados obtenidos en este trabajo son similares en el comportamiento de las temperaturas a los expresados por Martínez *et al.* (1998) a través del efecto aislante que presenta la capa de aire entre la cobertura y el suelo, ya que reduce la transmisión de energía térmica del plástico hacia el suelo durante el día y del suelo hacia el plástico durante la noche. Efecto este que es utilizado en la producción

agrícola para suprimir varios patógenos como *Fusarium oxysporum*, tal como lo indican en sus investigaciones Klein *et al.* (2011).

En la Figura 5 se observa una relación directa entre la temperatura promedio del aire y las registradas en el suelo. Tal como se muestra en el Cuadro 2, se consiguieron correlaciones positivas con alto nivel de significancia para todos los niveles evaluados, siendo más acentuados para los tratamientos con plástico que para el tratamiento testigo. Esto puede atribuirse a que el tratamiento testigo estuvo sometido a otros elementos que pudieran influenciar el comportamiento de la temperatura del suelo y del aire (viento, precipitación, entre otros), en contraste con los tratamientos con cobertura plástica que tienen un ambiente más controlado. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Camacho *et al.* (2013).

En términos generales, la relación entre el comportamiento de la temperatura y de la radiación durante el día coincide con el comportamiento típico. El máximo de radiación a las 12 horas, produce un máximo de temperatura aproximadamente a las 14 horas (Figura 6). Estos resultados concuerdan con lo reportado por Martínez *et al.* (1998).

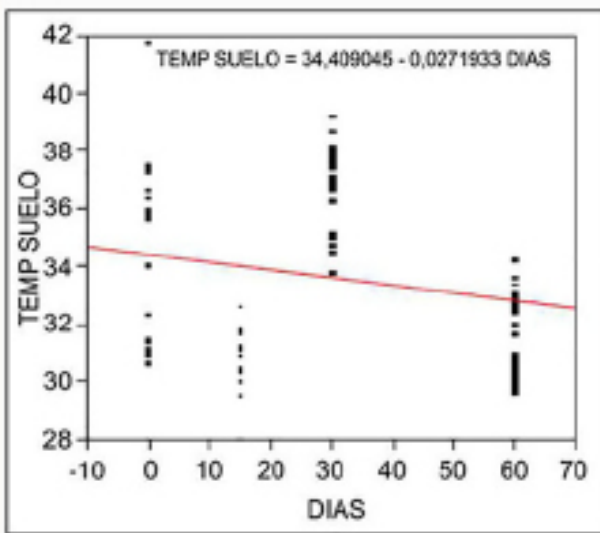


Figura 3. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 12 horas en función de los días de solarización.

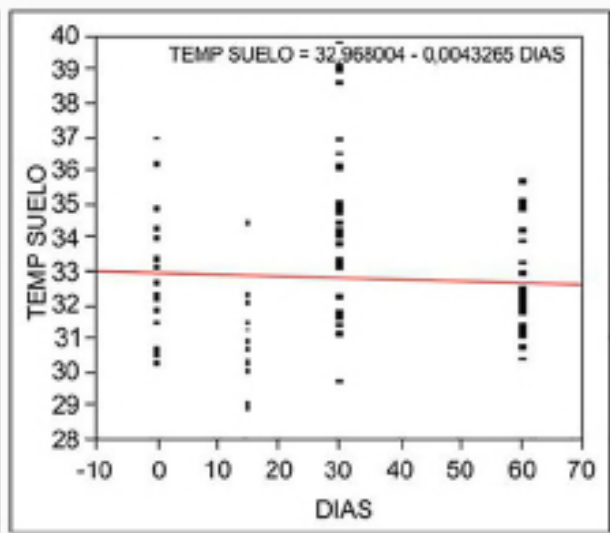


Figura 4. Análisis de regresión de la temperatura del suelo a las 18 horas en función de los días de solarización.

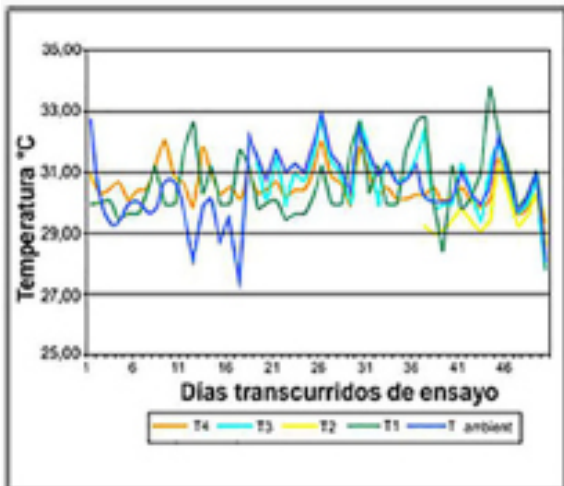


Figura 5. Temperatura promedio del aire y del suelo a diferentes días de solarización de un suelo franco en el sector El Limoncito, municipio Miranda, estado Falcón.

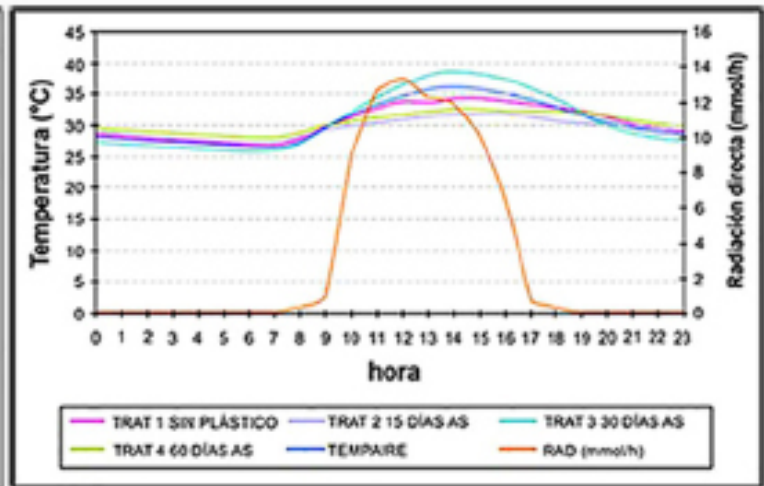


Figura 6. Radiación promedio y temperatura horaria promedio del aire y del suelo a diferentes días de solarización de un suelo franco en el sector El Limoncito, municipio Miranda, estado Falcón.

Cuadro 2. Valores del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre la temperatura promedio del suelo a 7,5 cm de profundidad y la temperatura del aire durante el período 23/05/06 al 24/07/07.

Valores	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Correlación	0,791251	0,922976	0,98612	0,861049
Signif. Prob. *	<0,0001	<0,0001	0,0000	<0,0001

\*Probabilidades menores a un nivel de alfa igual a 0,01 indican una asociación lineal altamente significativa entre las variables analizadas.

## CONCLUSIONES

La solarización del suelo con PE transparente durante el periodo mayo - julio, en el sector El Limoncito del municipio Miranda, estado Falcón, resultó efectiva para aumentar la temperatura del suelo a 7,5 cm de profundidad, durante las horas matutinas en aproximadamente 1 °C.

Las temperaturas más elevadas del suelo a 7,5 cm de profundidad se alcanzaron a las 14 horas, siendo de 38,9; 32,5 y 32 °C, para los tratamientos T3, T4 y T2, respectivamente.

Se consiguieron correlaciones positivas con alto nivel de significancia para todos los tratamientos evaluados, siendo más acentuadas para los tratamientos con solarización.

La radiación solar influye directamente en la temperatura bajo PE transparente, para el suelo franco del sector estudiado.

## LITERATURA CITADA

- Burrows, W. C. and W. E. Larson. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn, *Agronomy J.* 54:19-23.
- Cassanello, M. E., A. C. Carrato y J. Franco. 1990. Efecto de la solarización en almácigos de brásicas. **En:** Resúmenes del III Congreso Nacional de Horticultura. Organizado por la Sociedad Uruguaya de Horticultura. Salto. 19 p.
- Camacho, B., J. Pinedas y H. González. 2013. Solarización y abonos verdes para el control integrado de *Pyrenochaeta terrestres* (Hansen) en cebolla. *Revista Bioagro.* 25(1):65-70.
- Ham, J. and G. Kluitenberg. 1994. Modeling the effect of mulch optical properties and mulch-soil contact resistance on soil heating under plastic mulch culture. *Agricultural and Forest Meteorology.* 71:403-424.
- Klein, E., J. Katan and A. Gamliel. 2011. Soil suppressiveness to *Fusarium* disease following organic amendments and solarization. *Plant Dis.* 95:1116-1123.
- Martínez, S. M., P. Garbi, P. Etchevers y M. Asborno. 1998. Efecto del color de la cobertura plástica sobre el régimen térmico del suelo para el cultivo de tomate en invernadero plástico. *Revista Brasileira de Agrometeorología, Santa María.* 6(2):147-150.
- Misle, A. y A. Norero. 2002. Comportamiento térmico del suelo bajo cubiertas plásticas. II. Efecto del polietileno transparente a diferentes profundidades. *Agricultura Técnica (Chile).* 62(1):133-142.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1996. Guía de instrumentos y métodos de observación meteorológica. OMM-N° 8. Ginebra, Suiza.
- Pullman, G. S., J. E. De Vay and R. H. Garber. 1981. Soil solarization and thermal death: a logarithmic relationship between time and temperature for soil borne plant pathogens. *Phytopathol.* 71:959-964.
- Rosado, S. 2005. Efecto de prácticas agrícolas sustentables en el manejo de nematodos fitoparasitarios en calabaza (*Cucurbita moschata* Duchth). Tesis Maestro en Ciencias. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. 114 p.



## Nota Técnica

### Método para la estimación de rendimiento en siembras de maíz

#### A method for estimating the yield in maize plantings

Pedro Monasterio<sup>1\*</sup>, Francis Pierre<sup>2</sup>, Jacinto Tablante<sup>1</sup>, Waner Maturét<sup>1</sup>, Rogelio Ortega<sup>1</sup>  
y Fanny Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, <sup>1</sup>INIA-Yaracuy e <sup>2</sup>INIA-Lara. \*Correo electrónico: pmonasterio@inia.gob.ve

#### RESUMEN

En el cultivo de maíz, la mazorca constituye el órgano responsable de la producción de los granos; su tamaño, cantidad y calidad responden al manejo agronómico aplicado al cultivo, con resultados positivos o negativos. La fertilización y control de plagas en la fase de desarrollo vegetativo, la distribución del agua de lluvia durante la polinización y la fase de llenado, son los responsables del tamaño y peso de granos. El objetivo del presente trabajo fue generar un método para facilitar al productor o técnico el cálculo del rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) de la cosecha en la parcela, con base en la combinación de los componentes de la mazorca y el número de mazorcas comerciales por plantas. Para la estimación de rendimientos se necesitan los valores promedio de las variables que conforman la mazorca estándar, tales como: número de hileras, número de granos por hileras, total de granos de la mazorca y peso de 100 granos, validadas estadísticamente. Además, el método es aplicable para dos escenarios: utilizando el valor de la mazorca estándar en siembras sin problemas, y en siembras con problemas de prácticas de manejo agronómico. Para casos de estrés hídrico, por déficit o exceso, el método no funciona.

**Palabras clave:** *Zea mays* L., producción, mazorcas, parámetros.

#### ABSTRACT

In corn crop, cob is the organ responsible for the production of grain, size, quantity and quality respond to agronomic management applied to the crop, with positive or negative results. Fertilization and pest control in the phase of vegetative development, distribution of rainwater in pollination and filling phase, are responsible for the size and weight of the grains. The objective of this work was to create a method for facilitating the producer or technician, the calculation of the crop yield in the plot ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), based on the combination of components of the cob and the number of cobs per commercial plants. For these estimate yields, average values of the variables that make up the standard cob like total grains cob, number of kernels per row and number of rows in addition to the weight of 100 grain, statistically calculated will be needed. Furthermore, the method is applicable for two scenarios: using the value of the standard sowing cob in smoothly; and crops with problems agronomic management practices. For cases of water stress, deficit or excesses, the method does not work.

**Key words:** *Zea mays* L., production, cobs, parameters.

## INTRODUCCIÓN

La cuantificación del número de granos presentes por mazorca y su peso, es la manera correcta de estimar el rendimiento en maíz ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), partiendo del hecho que la técnica de muestreo empleada fue precisa. Santella y Medina (2011) indican que, de manera general, todos los métodos de estimación a nivel micro están dirigidos a determinar la población de plantas útiles que existen por unidad de superficie. La producción promedio por planta en dicha población se calcula desgranando varias mazorcas representativas y promediándose el peso del grano obtenido, al cual se le ha determinado la humedad del grano y ajustado el peso al 12%.

La densidad de plantas es otro factor clave para altos rendimientos, porque representa el potencial de mazorcas por hectárea. Sembrar más kilogramos de semilla o plantas por metro lineal, afecta el tamaño de la mazorca, el número y peso de los granos.

Bragachini *et al.* (2002) expresan que, cuando la distribución de plantas es desuniforme, la sobredensidad ejerce un efecto de competencia, apareciendo, plantas dominadas y dominantes, que generalmente no pueden recuperarse al avanzar su ciclo. En consecuencia, sufren un importante aborto de granos durante su floración, provocando una caída del rendimiento; lo cual también puede manifestarse por la heterogeneidad de profundidades en el momento de la siembra.

En función de estas observaciones, se reconoce que la densidad en un ensayo es mayor a la de un campo comercial, pero en ambas, todos los métodos deben contabilizar el número de mazorcas y el rendimiento se estima cuantificando el total de granos de las mazorcas, a través de hileras de granos, número de granos por hileras y peso de 100 o 1000 semillas. Campodónico (2012a) estudió el efecto de dos densidades en maíz sobre la variable rendimiento y cuantificó dentro de ésta, la cantidad de hileras de la mazorca, el número de granos por mazorca y el peso de 1000 granos, como base para hacer una estimación de la producción.

Para calcular el rendimiento en el cultivo maíz, la forma más sencilla consiste en multiplicar

el número de granos por unidad de superficie por su peso medio. El número de granos por unidad de superficie del cultivo, se calcula en función de número de mazorcas por planta, número de granos por mazorcas y el número de plantas por superficie, las cuales son afectadas por las condiciones climáticas, como la distribución de la precipitación en las etapas críticas, lo que disminuye el rendimiento.

Monasterio *et al.* (2008) y Monasterio *et al.* (2009) indican que la etapa más crítica es floración - polinización, seguida del llenado de granos, donde deben tener agua disponible en el suelo, al menos una semana antes. Giménez (2012) determinó que el estrés hídrico en las etapas críticas, reduce el rendimiento potencial hasta un 50% y las variables más sensibles son: el número de granos por mazorca y el peso. Incluso los fenómenos climáticos, como El Niño Oscilación del Sur (ENOs), cuando afectan la precipitación e influyen sobre su distribución, se reflejan en los rendimientos del maíz.

Monasterio *et al.* (2012) concluyen que, la distribución de la precipitación en el ciclo de siembra del maíz es la responsable de la variabilidad en los rendimientos, independientemente de la fase (cálida o fría) del ENOs que ocurra.

En los años 2000, 2001, 2007 y 2008, durante el fenómeno de La Niña (fase fría), el cambio en la distribución de la precipitación, reflejó un incremento en el tercer trimestre, coincidiendo con la etapa de floración y afectando la producción de granos (Monasterio *et al.*, 2012). Estas razones son fundamentales para el cálculo de la mazorca estándar, porque su base de registro abarca nueve ciclos, donde la variabilidad de las condiciones climáticas fueron responsables de los rendimientos alcanzados por los híbridos.

El objetivo del presente trabajo es generar un método sencillo que facilite al productor o técnico, el cálculo del rendimiento de la cosecha en la parcela ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) con base en la combinación de los componentes de la mazorca y al número de mazorcas por plantas comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos consistió en una muestra de 1300 mazorcas pertenecientes a los Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos de maíz (ERUHB) período 2001-2009 evaluados en el campo experimental de Yaritagua del INIA-Yaracuy (Latitud 10°2'37"; Longitud: 69°5'20,5"; 308 m.s.n.m.), ubicado en el Rodeo, municipio Peña del estado Yaracuy.

De acuerdo a los registros de las evaluaciones de los nueve ciclos, el número de hileras por mazorca fue de 14; siendo un valor de tendencia lineal, es decir con poca variabilidad e influenciado por el ambiente (Figura 1 y 2).

El peso de 100 granos osciló entre 31,75 y 38,70 g, con un promedio de 35,08 g y el número de granos por hilera promedio fue de 30,48 granos. Con estos datos validados estadísticamente se calculó la mazorca estándar, la cual representa una mazorca promedio en peso y número de granos, en función de la variabilidad ambiental de los ciclos evaluados, que facilite la estimación del rendimiento en las siembras. Con el valor de la mazorca estándar se construyó el Cuadro 1, que permite estimar el rendimiento en función del número de granos o su peso, indicado en las respectivas columnas y multiplicado por la estimación de la cantidad de mazorcas por hectárea.

En el análisis de las variables: granos por hileras, hileras de granos por mazorcas y el peso de 100 granos, se usó el análisis de componentes principales de la varianza total (ACP), realizado con Infostat v1.0/Profesional (InfoStat, 2004), que posteriormente fueron identificados con la gráfica de doble representación, Biplot (Morrison, 1976).

En la tabulación, cálculo, procesamiento de los datos y construcción del cuadro de estimación de rendimiento, con el valor de la mazorca estándar, se empleó la hoja de cálculo electrónica Microsoft® Excel 2003.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cálculo del número total de granos y peso en la mazorca estándar

Los valores para el cálculo de la mazorca estándar provienen de las evaluaciones de los

ERUHB, durante nueve ciclos, analizados y graficados en las Figuras 1 y 2.

El proceso de cálculo se detalla a continuación:

GRAPM: Granos por mazorca

HPM: Hileras por mazorca = 14

GRAPH: Granos por hilera = 30,48

**GRAPM** = HPM x GRAPH = 14 x 30,48  
= 426,72 granos

El número de granos de la mazorca estándar es de 426,72 granos

PGRAM: Peso de los granos de la mazorca

Se plantea una regla de tres para conocer el peso de los granos:

100 granos pesan ---- 35,08 g

426,72 granos-----X

$X = (426,72 \times 35,08)/100 = 149,69 \text{ g}$

Los granos de la mazorca estándar pesan 149,69 g.

Las Figuras 1 y 2, muestran el comportamiento de las variables del rendimiento que forman la mazorca. En la Figura 1 se observa que el rendimiento se asocia al número de granos presentes en las hileras, variable que se vincula al efecto de las condiciones climáticas presentes durante el ciclo, así como las prácticas de manejo y distribución de la lluvia, según lo indican trabajos de Bragachini *et al.* (2002); Campodónico (2012 b); Monasterio *et al.* (2008); Monasterio *et al.* (2009); Giménez (2012) y Monasterio *et al.* (2012).

En la Figura 2, se muestra la variabilidad durante los ciclos, destacándose el número de hileras por mazorca y peso de 100 granos, con menor variabilidad en los ciclos, lo que sugiere menor influencia de los factores ambientales, como respuesta de la genética de los cultivares; contrariamente a granos por hilera y rendimiento, en ambas figuras el comportamiento sugiere el mismo patrón.

El Cuadro 1 conforma la propuesta para calcular los rendimientos en  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a través del valor de la mazorca estándar, y en función del total de granos y peso, para valores superiores o menores a la mazorca estándar. Para la estimación, se calcula el número de plantas

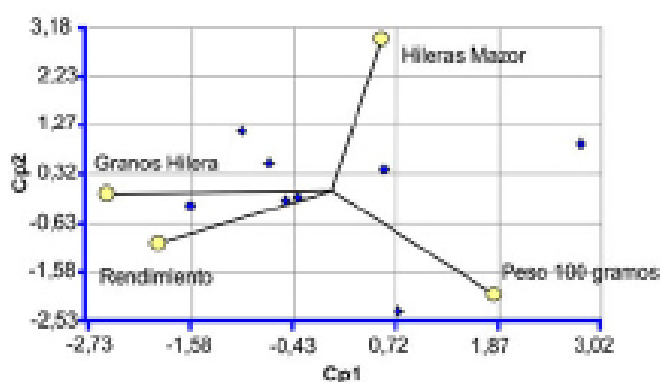


Figura 1. Asociación de los componentes de las mazorcas con el rendimiento. Ciclos 2004-2009. Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos. Campo experimental del INIA, Estación Local Yaritagua. El Rodeo, municipio Peña - Yaracuy.

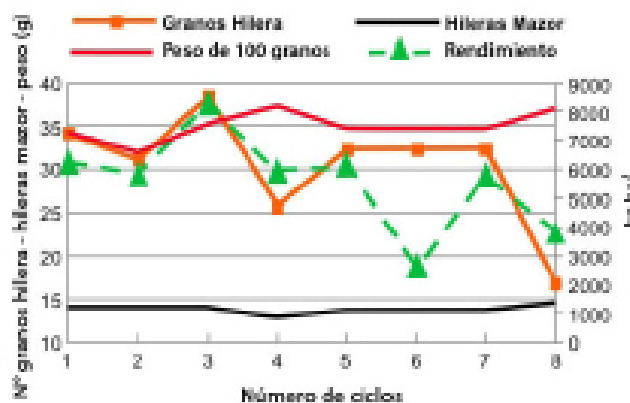


Figura 2. Comportamientos de la producción y componentes del rendimiento en los ciclos: 2001-2009. Ensayos Regionales Uniformes de Híbridos Blancos. Campo experimental del INIA, Estación Local Yaritagua. El Rodeo, municipio Peña - Yaracuy.

Cuadro 1. Estimación del rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>) de maíz en función del número y peso de los granos de la mazorca estándar.

Mazorca estándar		Número de mazorcas por hectárea					
Total granos	Peso (g)	10000	15000	20000	30000	40000	50000
50	17,54	175,4	263,1	350,8	526,2	701,6	877,0
100	35,08	350,8	526,2	701,6	1052,4	1403,2	1754,0
200	70,16	701,6	1052,4	1403,2	2104,8	2806,4	3508,0
300	105,24	1052,4	1578,6	2104,8	3157,2	4209,6	5262,0
400	140,32	1403,2	2104,8	2806,4	4209,6	5612,8	7016,0
500	175,4	1754,0	2631,0	3508,0	5262,0	7016,0	8770,0
600	210,48	2104,8	3157,2	4209,6	6314,4	8419,2	10524,0
700	245,56	2455,6	3683,4	4911,2	7366,8	9822,4	12278,0
800	280,64	2806,4	4209,6	5612,8	8419,2	11225,6	14032,0
900	315,72	3157,2	4735,8	6314,4	9471,6	12628,8	15786,0
1000	350,80	3508,0	5262,0	7016,0	10524,0	14032,0	17540,0

Fuente: Programa de maíz y clima del INIA - Yaracuy.

con mazorcas que tiene la parcela de acuerdo al muestreo; este número debe estar dentro del rango 10000 - 50000 mazorcas por hectárea (Cuadro 1, eje horizontal). Si es mayor a 50000, se puede calcular con los parciales de las otras columnas. Posteriormente, se busca el valor correspondiente del número de granos o su peso

en la columna respectiva (Cuadro 1, eje vertical). La intersección de los valores en las columnas de total de granos o peso y del número de mazorcas será el valor del rendimiento. En caso de no existir el valor en las columnas o fila, se suman sus parciales.

## CONCLUSIONES

El método de estimación de cosecha es sencillo y fácil de utilizar, ya que no requiere mediciones o cálculos complicados para siembras con o sin problemas de manejo, dado que los valores están validados estadísticamente, siendo necesario solo estimar el total de mazorca en la parcela, de manera total o parcial.

El cuadro de estimación facilita el cálculo de rendimientos parciales, porque se pueden realizar *in situ* utilizando cualquiera de las dos columnas, determinando el peso de la mazorca promedio en gramos o en número de granos de los puntos de evaluación, que deben ser de 10 repeticiones, para minimizar el error en el rendimiento estimado.

Para el cálculo de rendimiento donde el número de mazorcas es mayor a los valores que aparecen en el cuadro de estimación, se pueden sumar los rendimientos parciales de las columnas hasta alcanzar el valor requerido o utilizar el valor de la “mazorca estándar” directamente.

Al conocer los valores de los componentes de la mazorca, el método permite un ahorro de tiempo al productor o al técnico de campo en las visitas de inspección, permitiendo recorrer mayor número de hectáreas o parcelas de siembra.

## RECOMENDACIONES

No se recomienda la aplicación del método en siembras afectadas por estrés hídrico, especialmente déficit, porque el fundamento del método está basado en el tamaño de los granos, expresado en número y peso. Una mazorca afectada por estrés hídrico en la fase de llenado, tiene la misma cantidad de granos, pero son pequeños y de bajo peso.

## LITERATURA CITADA

- Bragachini, M., A. von Martini, A. Méndez, F. Pacioni, M. Alfaro. 2002. Siembra de maíz, eficiencia de implantación y su efecto sobre la producción de grano. Tercer Taller Internacional de Agricultura de Precisión del Cono Sur de América. Programa Cooperativo para Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur). Carlos Paz, Córdoba, Argentina. 9 p.
- Campodónico, F. 2012a. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en línea: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-uncion-densidades.pdf> [Ago. 6, 2013].
- Campodónico, F. 2012b. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra, en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en línea: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-funcion-densidades.pdf> [Ago. 6, 2013].
- InfoStat. 2004. InfoStat, versión 2004. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), Universidad Nacional de Córdoba. Primera edición, editorial Brujas, Argentina. Disponible en línea: [file:///E:/Downloads/Manual\\_infostat\\_esp.pdf](file:///E:/Downloads/Manual_infostat_esp.pdf) [May. 10, 2016].
- Giménez, L. 2012. Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. *Agrociencia*. Paysandú, Uruguay. 16(2):92-102. Disponible en línea: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1510-8392012000200011&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?pid=S1510-8392012000200011&script=sci_arttext). [Ago. 8, 2013].
- Monasterio, P., P. García, G. Alejos, A. Pérez, J. Tablante, W. Maturét y L. Rodríguez. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: Caso Híbridos Blancos. *Agronomía Tropical*. 58(1):69-72. Disponible en línea: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/tcat\\_61.html](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/tcat_61.html) [Jun. 24, 2012].
- Monasterio, P., G. Alejo, F. Pierre, T. Barreto, L. Figueredo, P. García, A. Pérez, J. Tablante y W. Maturét. 2009. Influencia de la precipitación en el rendimiento de variedades blancas de maíz, en los ensayos regionales del estado Yaracuy. INIA HOY. Volumen 5 (may - ago). Disponible en línea: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_)

- tec/inia\_divulga/inf\_general.htm [Abr. 24, 2012].
- Monasterio, P., F. Pierre, T. Barreto, C. Marín, O. Mora, J. Tablante y W. Maturét. 2012. Influencia del ENOS sobre la precipitación y su relación con el rendimiento del maíz, municipio Peña, estado Yaracuy. Venezuela. *Agronomía Tropical*. 61(1):59-72. Disponible en línea: [http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/tcat\\_61.html](http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/tcat_61.html) [Abr. 24, 2012].
- Morrison, D. F. 1976. *Multivariate Statistical Methods*. 2nd Ed., New York: McGraw-Hill Book Co. 338. Available online: <https://searchworks.stanford.edu/view/3057610>. [Apr. 29, 2012].
- Santella, M. y S. Medina. 2011. Métodos de estimación de cosechas en maíz. In: *Maíz bajo riego en la planicie de Maracaibo* © Instituto Nacional de Investigaciones

## Nota Técnica

### Insectos asociados al cultivo de la grosella de Ceilán en Maracay, estado Aragua, Venezuela

#### Insects associated with the Ceylon gooseberry in Maracay, Aragua state, Venezuela

Rafael Montilla\*, Fidel Ramos, Grigna J. Piña-Dumoulin y William Cabaña

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Unidad de Protección Vegetal-Entomología. \*Correo electrónico: rmontilla@inia.gob.ve

#### RESUMEN

Como una contribución al conocimiento de fitófagos asociados a cultivos no tradicionales de importancia agroindustrial, se presenta una lista de especies de insectos, capturadas en un huerto experimental de grosella de Ceilán (*Dovyalis hebecarpa* [Gardner] Warb) establecido en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP-INIA), ubicado en Maracay, estado Aragua, Venezuela. Los insectos fueron colectados semanalmente durante seis meses y llevados al laboratorio de entomología del CENIAP-INIA para su identificación. Los fitófagos recolectados pertenecen al orden Hemiptera. Se registran ocho géneros de chinches y se señala por primera vez la presencia de *Leptoglossus gonagra* Fabricius, considerada como plaga potencial, por ser causante de necrosis en los frutos.

**Palabras clave:** *Dovyalis hebecarpa*, cultivo agroindustrial, diversidad chinches, entomofauna.

#### ABSTRACT

As a contribution to the knowledge of phytophagous species associated with non-traditional crops of agroindustrial importance, a list of insect species, captured in an experimental orchard of Ceylon gooseberry (*Dovyalis hebecarpa* [Gardner] Warb) established at the Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias of the Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP-INIA), located in Maracay, Aragua state, Venezuela. Insects were collected weekly for six months and taken to the CENIAP-INIA entomology laboratory for identification. The phytophages collected belong to the order Hemiptera. Eight genera of bedbugs are recorded and the presence of *Leptoglossus gonagra* Fabricius, considered as a potential pest. It is reported for the first time because it causes necrosis in the fruits.

**Key words:** *Dovyalis hebecarpa*, agroindustrial crop, diversity bugs, entomofauna.

## INTRODUCCIÓN

La grosella de Ceilán o Ketembilla (Salicaceae = Flacourtiaceae [Lim, 2013; Hokche *et al.*, 2008]) es originaria de la India y Ceilán (Hoyos, 1989), actual Sri Lanka. Es un frutal de crecimiento arbustivo poco conocido en Venezuela, que puede encontrarse de manera aislada en algunas zonas cálidas del norte del país. La importancia de su uso y cultivo está basada en la relación de sólidos solubles totales: acidez titulable (SST:AT) superior a 3, con una alta acidez, que puede ser aprovechada por la agroindustria para la producción de jugos, mermeladas y jaleas; resaltando además, su agradable sabor y atractivo color (Piña-Dumoulin *et al.*, 2013). La producción por planta es alta y sus frutos muy apetitosos, pudiendo ser consumidos de forma fresca.

En Venezuela, se desconocen plantaciones comerciales; sin embargo, el potencial nutritivo y agroindustrial, resultante de evaluaciones preliminares realizadas a sus frutos (Piña-Dumoulin *et al.*, 2013) ha incluido esta especie como una de las líneas de investigación de especial interés como alternativa estratégica de producción de frutales no tradicionales, llevadas a cabo, desde el año 2008, en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP).

Por otra parte, el diagnóstico fitosanitario permite adelantarse a los posibles escenarios que pueden presentarse en explotaciones comerciales. Es por ello, que la determinación de los insectos que se alimentan de los frutos de la grosella es uno de los aspectos básicos en la planificación preventiva para un manejo integrado del cultivo.

Según Nicholls (2014), el conocimiento de los organismos que afectan positiva o negativamente un cultivo es de suma importancia, ya que aporta ventajas a la hora de diseñar estrategias que contribuyan a mejorar el rendimiento, así como en la aplicación de medidas de control sobre las poblaciones de ese organismo, evitando así daños económicos. Si se desea diseñar y mantener un agroecosistema saludable, el desafío consiste en identificar los ensamblajes correctos de especies que, por medio de sus sinergias, proveen servicios ecológicos claves

como reciclaje de nutrientes, control biológico de plagas y conservación de suelo y agua. Por tanto, el propósito de este trabajo, es el de contribuir con el conocimiento de insectos asociados a grosella de Ceilán y favorecer las estrategias de manejo para el cultivo en el país.

## METODOLOGÍA

El huerto experimental de grosella de Ceilán, donde se realizó la recolecta del material entomológico, constituye la población base para la selección clonal de plantas, con miras a la obtención de materiales genéticos destinados a la producción masiva. Está comprendido por 90 plantas, de cinco años de edad, establecidas en el campo experimental del INIA-CENIAP, Maracay, estado Aragua (10° 13' LN y 67° 37' LO); sembradas en una superficie de 810 m<sup>2</sup> a una densidad de siembra de 3 x 3 m. Además, el mismo se encuentra adyacente a un huerto de Lima 'Persa' (*Citrus latifolia*), Pitanga (*Eugenia uniflora*) y Eugenia (*Eugenia* spp.).

Se realizaron inspecciones y colectas a la plantación una vez por semana, a través de recorridos al azar entre los meses de mayo a octubre del año 2014. Se capturó todo insecto que se encontrara en ramas, hojas y frutos, utilizando malla entomológica, bolsas y frascos de plástico transparente, para luego ser trasladados al laboratorio de entomología de la Unidad de Protección Vegetal (UPV) del INIA-CENIAP. Por medio de la lupa manual se revisaron posibles daños en partes aéreas de las plantas seleccionadas.

Todos los ejemplares capturados fueron montados y etiquetados. Se procedió a la determinación del material, mediante comparación con ejemplares de referencia depositados en la colección del Museo de Insectos de Interés Agrícola (MIIA) del INIA-CENIAP y el Museo del Instituto de Zoología Agrícola (MIZA) de la Facultad de Agronomía (FAGRO) de la Universidad Central de Venezuela (UCV). Los insectos identificados fueron depositados en la colección del INIA-CENIAP.

Las microfotografías fueron tomadas mediante una cámara Sony Hyper HAD, modelo SSC-DC14, acoplada a una lupa estereoscópica Leica M420.



## RESULTADOS Y HALLAZGOS

En el Cuadro 1 se mencionan los insectos capturados en la plantación de grosella de Ceilán (Figura 1), los cuales pertenecen a siete familias del orden Hemiptera.

Aunque existen reportes (Swanson y Baranowski, 1972) procedentes de Florida (EE.UU.) donde se señala a este cultivo como hospedero de *Anastrepha suspensa* Loew (Diptera: Tephritidae), en la presente evaluación esta especie no fue encontrada.

Es preciso señalar, que solo se realizó el registro de las especies asociadas al cultivo y no así, la distribución espacial de todos los insectos encontrados en el área experimental.

Adultos y ninfas de *Saissetia nigra* (Figura 2) y *Horiola* sp. (Figura 3), se encontraron agrupados formando colonias en ramas y peciolos de la planta, mientras que el resto de los individuos se capturaron de forma aislada.

*Dysdercus* sp. Guérin-Ménéville fue otra de las especies encontradas. Al respecto, algunas especies de *Dysdercus* sp. (Figura 4) han sido señaladas causantes de problemas en cultivos como algodón, donde son transmisores de enfermedades, por lo que su vigilancia puede ayudar a prevenir problemas fitosanitarios (Van Doesburg, 1968; Castillo, 1988; Quesada y Wang, 1992).

La presencia del chinche *Oebalus* sp. (Figura 5) no genera gran inquietud, ya que el mismo se ha encontrado causando daños en cultivos de arroz

(Rodríguez *et al.*, 2006; Vivas y Astudillo, 2010), infiriéndose que por su afinidad al cereal, este no debe considerarse como plaga para la grosella. Similarmente, las chicharritas *Enchophyllum* sp. (Figura 6) y *Horiola* sp., tampoco representan un problema para grosella, pues estos géneros se han observado alimentándose en otros cultivos, sin causar daños de importancia económica.

En el caso del hallazgo de *Oncometopia* sp. (Figura 7), este es un género polífago (Pérez-León, 2007) y algunas de sus especies son señaladas como transmisoras de enfermedades (Marucci *et al.*, 2004; Álvarez *et al.*, 2011), por lo que puede ser considerado como una plaga potencial.

En relación a la captura de *Aethalion reticulatum* (Figura 8), recientemente fue citado por primera vez causando daños en ápices de *Erythrina speciosa* Andrews (Fabales: Fabaceae) en fase de vivero (Vinha *et al.*, 2015).

Por otro lado, la presencia de *Leptoglossus gonagra* (Figuras 9 y 10) ocasionalmente es confundida con *Leptoglossus* (= *Veneza*) *zonata*, por el color, forma y tamaño de su cuerpo; lo cual ha sido detectado en algunas revisiones de ejemplares depositados en colecciones entomológicas. Particularmente, esta especie reviste especial atención, por existir evidencias en la que se han observado adultos del chinche alimentándose directamente del fruto, causando perforaciones que inicialmente afectan la apariencia, constituyendo posteriormente la puerta de entrada de microorganismos que

Cuadro 1. Insectos asociados al cultivo de grosella de Ceilán.

Familia	Genero/especie	Nombre Común
Cicadellidae	<i>Oncometopia</i> sp. Stål	Saltahojas verde
Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i> sp. Guérin-Ménéville	Chinche de los frutos
Pentatomidae	<i>Oebalus</i> sp. Stål	Chinche
Coccidae	<i>Saissetia nigra</i> (Nietner)	Escama globosa
Aethalionidae	<i>Aethalion reticulatum</i> Linnaeus	Chicharrita
Membracidae	<i>Enchophyllum</i> sp. Amyot & Serville	Carapachito
	<i>Horiola</i> sp. Fairmaire	Chicharrita
Coreidae	<i>Leptoglossus gonagra</i> Fabricius	Chinche



Figura 1. Grosella de Ceilán (*Dovyalis hebecarpa* [Gardner] Warb).



Figura 2. *Saissetia nigra*.



Figura 3. *Horiola* sp.



Figura 4. *Dysdercus* sp.





Figura 5. *Oebalus* sp.



Figura 6. *Enchophyllum* sp.



Figura 7. *Oncometopia* sp.



Figura 8. *Aethalion reticulatum*.



Figura 9. *Leptoglossus gonagra*.



Figura 10. Detalles de la cabeza y pronoto de *L.*



conllevar al necrosamiento y pudrición del tejido. Por tanto, la presencia de *L. gonagra* en el cultivo de grosella estaría asociada a la disminución del valor comercial y calidad nutricional de los frutos, constituyendo un factor de interés como agente causante de pérdidas postcosecha.

## CONCLUSIONES Y APROXIMACIONES

Es preciso señalar que los insectos recolectados en el huerto no se encontraban afectando los órganos de las plantas; a excepción de la especie *Leptoglossus gonagra*, la cual podría considerarse, según este estudio preliminar, como la principal plaga potencial del cultivo de grosella de Ceilán, debido al detrimento ocasionado a los frutos.

Aunque no se observaron otros daños de importancia económica, es de resaltar el efecto que el incremento de la superficie de siembra del cultivo, pueda tener sobre la dispersión geográfica de los fitófagos encontrados.

## AGRADECIMIENTO

Se agradece al Dr. Marcos Gaiani (MIZA-FAGRO-UCV) por la determinación de los insectos reportados en el presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez, D., A. Pérez, J. Díaz, M. Maestre y J. Beltrán. 2011. Transmisión del virus del mosaico suave del ñame a *Dioscorea rotundata* (Dioscoreaceae) por *Oncometopia* sp. (Cicadellidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 37(1):77-79.
- Castillo, P. 1988. Plagas del cultivo del algodón: hábitos y tipos de daños. FONAIAP Divulga. Octubre-Diciembre, año VI. Maracay, Venezuela. 30:18-20.
- Hokche, O., P. Berry y O. Huber. 2008. Nuevo Catálogo de la Flora Vasculare de Venezuela. Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser. Caracas. 859 p.
- Hoyos, J. 1989. Frutales en Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Caracas. 375 p.
- Lim, T. K. 2013. Edible Medicinal and non Medicinal Plants. Volume 2. Fruits Springer. New York. 943 p.
- Marucci, R., J. Lopes, J. Vendramin and J. Corrente. 2004. Crop protection feeding site preference of *Dilobopterus costalimai* young and *Oncometopia facialis* (Signoret) (Hemiptera: Cicadellidae) on citrus plants. *Neotropical Entomology*. 33(6):759-768.
- Nicholls, C. 2014. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. 294 p. Disponible en línea: [http://agroeco.org/socla/wp-content/uploads/2013/11/Clara\\_Nicholls.pdf](http://agroeco.org/socla/wp-content/uploads/2013/11/Clara_Nicholls.pdf). [Dic. 26, 2014].
- Pérez-León, G. 2007. Evaluación del comportamiento de *Oncometopia clarior* (Walker) (Hemiptera: Cicadellidae) ante especies vegetales asociadas al cultivo *Dracaena marginata* (Lamarck) y su preferencia a diversos regímenes de fertilización. Tesis Magister Scientiae en Agricultura Ecológica. Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 87 p. Disponible en línea: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1824E/A1824E.PDF>. [Feb. 15, 2015].
- Piña-Dumoulin, G., A. Ochoa y W. Cabaña. 2013. Características físico-químicas de frutos de Grosella de Ceilán (*Dovyalis hebecarpa* Warb.). Poster. II Congreso Venezolano de Ciencia, Tecnología e Innovación LOCTI-PEII. Caracas, 07 al 10 de noviembre.
- Rodríguez, P., D. Navas, E. Medianero y R. Cheng. 2006. Cuantificación del daño ocasionado por *Oebalus insularis* (Heteroptera: Pentatomidae) en el cultivo del arroz (*Oryzica-1*) en Panamá. *Revista Colombiana de Entomología*. 32(2):131-135.
- Swanson, R. and M. Baranowski. 1972. Host range and infestation by the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae), in South Florida. *Florida State Horticultural Society*. pp. 271-274.
- Van Doesburg, P. H. 1968. A Revision of the New World Species of *Dysdercus* Guérin

- Méneville: (Heteroptera, Pyrrhocoridae). Netherlands. Ministerie van Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk. Brill Archive, 1968. Vol. 97 of Zoölogische verhandelingen. 234 p.
- Vinha, A., J. Serrão, A. Azevedo, M. Alvarenga, C. Wilcken, G. Demolin and J. Cola. 2015. *Aethalion reticulatum* (Hemiptera: Aethalionidae) Feeding on *Erythrina speciosa* (Fabales: Fabaceae): First Record of Its Host Plant and Damage Characteristics. Florida Entomologist. 98(1):175-177. Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.1653/024.098.0130>. [May. 18, 2015].
- Vivas, L. y D. Astudillo. 2010. Plantas hospederas de chinche vaneadora en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Agronomía Tropical. 60(4):370-374.
- Quesada, M. y A. Wang. 1992. Insectos portadores de la bacteria causante de un "cáncer de mango" (*Mangifera indica*). Agronomía Costarricense. 16(2):231-236.



## NORMAS DE PUBLICACIÓN (Instrucción a los Autores)

Agronomía Tropical publica cuatro categorías de trabajos: Artículos Científicos, Notas Técnicas, Trabajos Especiales y Revisiones Bibliográficas.

**a) Artículo Científico:** es un texto de carácter académico-científico que muestra el cumplimiento de normas específicas tanto en su estructura general como en su contenido. Cubre una extensa variedad de temas relacionados con la investigación e innovación tecnológica en las diversas disciplinas del conocimiento agrícola, bajo los paradigmas de investigación cuantitativo y cualitativo. Se redactan en vocabulario especializado y formal. Estos deberán ser de carácter innovadores y constituir un aporte al conocimiento científico, tecnológico o metodológico en el área de la producción agropecuaria sustentable y temas afines. La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo cuadros, figuras y literatura citada. El trabajo debe incluir las siguientes secciones:

Estudios con enfoque cuantitativo:	Estudios con enfoque cualitativo:
- Introducción: Problema, justificación y objetivos.	- Introducción: Objeto de estudio, justificación y propósitos.
- Materiales y Métodos	- Metodología
- Resultados y Discusión	- Resultados y Hallazgos
- Conclusiones	- Conclusiones y/o aproximaciones
- Agradecimientos (opcional)	- Agradecimientos (opcional)
- Literatura citada.	- Literatura citada.

**b) Nota Técnica:** Son textos cortos que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, especies nuevas, resultados parciales o detalle de un trabajo que pueden tener algún interés en sí, aún desligados del conjunto de trabajo que se está realizando. Se usa también para adelantar información sobre resultados obtenidos u observaciones efectuadas, acerca de las cuales se informara después detalladamente en artículos, boletines o informes técnicos; también se aceptan reseñas de libros recientemente publicados. El mismo no deberá exceder de 12 páginas.

**c) Revisiones Bibliográficas:** son artículos acerca de temas que por los avances científicos, tecnológicos o metodológicos logrados en los mismos, requieren de una visión más completa, con el fin de facilitar la comprensión de los alcances de dichos adelantos. La información debe ser tratada en forma de disertación, análisis analítico o descriptivo, confrontación o comparación. Estos serán solicitados a especialistas de reconocida trayectoria profesional que hayan realizado aportes en los temas requeridos. El texto se presentará de forma libre y no deberá exceder de 8 páginas.

**d) Trabajos Especiales:** son trabajos de un área temática actualizada, de orden científico o técnico, así como de eventos científicos de relevancia nacional e internacional, donde entra a discusión temas de aspecto social, académico, científico, de interés de la sociedad. Los temas serán solicitados a especialistas de reconocida trayectoria profesional y que hayan realizado aportes importantes en los temas sugeridos. El texto se presentará de forma libre y no deberá exceder de 8 páginas.

Para publicar trabajos en las revistas científicas del INIA, los usuarios deben cumplir con los siguientes aspectos:

- a) **Idioma:** Los trabajos pueden escribirse en español, inglés o portugués.
- b) **Formato:** Deben ser escritos utilizando preferiblemente los procesadores de palabras *Open Office Writer*® o en su defecto *Microsoft Office Word*® en cualquiera de sus versiones recientes, fuente Arial tamaño 12 a doble espacio para el texto; para las tablas y referencias Arial tamaño 11.
- c) **Título:** El título será en el idioma correspondiente, con su respectiva traducción en el resumen. Se escribe en letras mayúsculas y minúsculas, debe ser claro y conciso. No debe exceder de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos u otras especies cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos. No debe exceder de dos líneas sin puntos, exceptuando cuando exista alguna subdivisión del mismo.
- d) **Autor (es) y Afiliación:** Primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos. Después de los nombres se usarán números en subíndices para identificar la información del autor o autores tal como: cargo, institución, correo electrónico, dirección postal donde trabajan. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o siglas entre paréntesis. Igualmente, identificar con un asterisco al autor (es) que fungirá como autor de correspondencia. De manera opcional podrá indicarse alguna aclaratoria sobre la fuente de financiamiento de la investigación y proyecto al cual pertenece.
- e) **Resumen, Abstract o Resumem:** Cada trabajo debe tener un resumen de un párrafo no mayor de 250 palabras, que sea claro y comprensible, en los idiomas correspondientes. Para el caso de estudios con enfoque cuantitativo, se debe indicar de manera sucinta: objetivo (s), el problema, los métodos experimentales, resultados y conclusiones, sin sobrecargarlos con valores numéricos; para estudios con enfoque cualitativo se deben indicar: el propósito, objeto de estudio, la metodología, resultados y aproximaciones. Las referencias a cuadros, figuras y las abreviaturas no definidas, no son aceptables. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, sin repetirse en el cuerpo del artículo. El idioma del resumen será como se indica a continuación:
  - Trabajo en español: resumen en español e inglés (*Abstract*).
  - Trabajo en inglés: resumen en inglés (*Abstract*) y español (*Resumen*).
  - Trabajo en portugués: resumen en portugués (*Resumem*) y español (*Resumen*).
- f) **Palabras clave:** Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos. Las palabras clave deben permitir localizar el trabajo en los índices y bases de datos agrícolas como el Sistema Agris de la FAO. Máximo seis (6) palabras.
- g) **Introducción:** Su contenido debe expresar además de la importancia del tema a tratar, una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; puede incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del

- *Suplemento de revista*

Leng R. A. 1993. Overcoming low productivity of ruminants in tropical developing countries. *J. Anim. Sci.*, 71(Suppl. 1):284. (Abstracts).

- *Libros*

Maynard L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz y R. G. Warner. 1989. *Nutrición animal*. Ed. McGraw-Hill, S. A., México. 7ma Ed.

- *Capítulos de libros*

Toledo J.M. y R. Schultze-Kraft. 1985. Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. *En: Toledo J.M. (Ed.). Manual para la Evaluación Agronómica*. R.I.E.P.T. CIAT, Cali, Colombia, pp. 91-110.

- *Congresos, Simposia, Reuniones y/o Memorias*

Bracho M., O. Abreu F. y A. Del Villar. 1992. Influencia del peso al parto sobre la producción de leche en vacas doble propósito. I Jornadas Técnicas FONAIAP, Maracaibo, Venezuela. 612 p. (Resúmenes).

Espinoza F., Y. Díaz, P. Argenti, E. Perdomo y L. León. 1998. Estudios preliminares del género *Pachyrhizus* DC. En Venezuela. *En: Sørensen M., J. Estrella, O. Hamann y S. A. Ríos (Eds.). Proceedings of 2nd International Symposium on Tuberous Legumes*. Celaya, Guanajuato, México, pp. 139-154.

- *Tesis y Trabajos de Ascenso*

Noguera E. 1985. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo mediante análisis de registros del rebaño de una estación experimental dedicada a la producción de leche. Tesis de *M.Sc.* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela. 93 p.

García A. 1991. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo del rebaño de vacas inscritas en el ROPL en el período 1986 1990. Trabajo de Ascenso. Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracaibo, Venezuela. 33 p.

- *Revistas y otras fuentes electrónicas:*

Los documentos electrónicos se tratan como una variante de la publicación impresa tradicional. En forma electrónica se encuentran actualmente monografías, publicaciones periódicas, mensajes, conferencias, reuniones, bases de datos, programas de computadora u otros. Por tanto se seguirán las normas establecidas para cada uno de ellos y además se incluirán otros elementos que permitan identificar el medio en que están disponibles: en línea, disco compacto, disquetes, mensajes electrónicos, cintas magnéticas. La fuente de información para el documento electrónico es el documento mismo. Si éste carece de información, puede ser tomada del recipiente (caja, sobre, otro), sitio web, o material impreso complementario.

Venezian, E. y E. Muchnik. 1994. Structural adjustments and agricultural research in Chile. ISNAR Briefing paper N° 9. Disponible en línea: <http://www.cgiar.org/isnar> [Fecha de consulta].

- *Publicaciones Misceláneas*

Argenti P. y F. Espinoza. 1993. *Leucaena (Leucaena leucocephala)*. Pub. FONAIAP (Serie B), Maracay, Venezuela. 20 p.

Para publicar los artículos en las revistas científicas se debe cumplir con las siguientes convenciones tipográficas y estilo:

- a) Título del trabajo en negrilla con la primera letra en mayúscula. Nombres de los autores en minúsculas con mayúsculas las iniciales y sus procedencia en cursiva.
- b) Los títulos principales de sección (Resumen, Introducción, Materiales y Métodos o Metodología, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura Citada se indican en negrita y colocado en el margen izquierdo. Interlineado en 1.5 y primera letra en mayúscula.
- c) Los subtítulos en cursiva y sólo la letra inicial en mayúscula. Las dos clases son: (i) cursiva secundarios un puntuado, partidas hombro; (ii) cursiva, texto y puntuado run-on (títulos secundarios).
- d) La secuencia es siempre (i) a (ii).
- e) Los Cuadros y Figuras se escriben con las letras C y F en mayúscula.
- f) Abreviaturas: cuando las abreviaturas se definen en el texto, deben ser escritas en mayúscula y negrilla en la primera aparición.
- g) Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título así como en el resumen, abstract o resumem y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.
- h) Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilice seguido del símbolo®.
- i) 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 abstract o resumem y en el cuerpo del artículo.
- j) Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.
- k) 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.
- l) Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.
- m) La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop. y de Zootecnia Tropical es Zootecnia Trop.
- n) Los símbolos a usar son:

Ácido Graso Volátil	AGV	Índice de Conversión	IC
<i>Ad libitum</i>	Ad lib.	Kilocalorías	Kcal
Aminoácido	aa	Kilogramo	Kg
Bar	bar	Kilogramo/Hectárea	Kg ha <sup>-1</sup>
Bloques Multinutricionales	BM	Kilometro	Km
Centímetro	cm	Litro	l
Consumo de Materia Seca	CMS	Materia Orgánica	MO
Coeficientes de Variación	CV	Materia Seca	MS
Coeficiente de Correlación	r	Metro	m
Coeficiente de Determinación	R <sup>2</sup>	Metro Cuadrado	m <sup>2</sup>
Decímetro	dm	Metro Cúbico	m <sup>3</sup>
Desviación Estándar	DE	Metros Sobre el Nivel del Mar	m.s.n.m.
Diferencia Predicha	DP	Micra	μ
Digestibilidad <i>in vivo</i>	DIV	Micromilímetro	microm
Digestibilidad <i>in vitro</i>	Div	Miliequivalentes	Meq por 100g
Energía Digestible	ED	Miligramo	mg
Energía Metabolizable	EM	Mililitros	ml
Error Estándar	EE	Mililitros por Litros	ml/l
Extracto Libre de Nitrógeno	ELN	Milímetro	mm
Fibra Ácido Detergente	FAD	Minuto	min
Fibra de Detergente Neutra	FDN	Número de la Población	N
Ganancia Diaria de Peso	GDP	Nitrógeno No Proteico	NNO
Grado Absoluto	°abs	Partes por Millón	ppm
Grados Centígrados	°C	Peso al Nacer	PN
Grados Fahrenheit	°F	Peso al Destete	PD
Grados de Libertad	gl	Porcentaje	%
Grado Kelvin	°K	Por Mil	‰
Gramo	g	Probabilidad	P
Gramo por Kilogramo	g kg <sup>-1</sup>	Proteína Cruda	PC
Gramos por Litros	g/l - g.l	Segundo	s
Gramo Joule	J	Tonelada	t
Hectárea (s)	ha	Tonelada/Hectárea	t ha <sup>-1</sup>
Heredabilidad	h <sup>2</sup>	Tonelada Métrica	Tm