



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 62 VOL. 62 No. 1-4 2012



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 Ijijn
 Rafael Pontis Videla
 Jesús Silva Calvo
 Gino Malagutti
 Guisepppe Ravanello
 Luis A. Salas F.
 Salomón Horovitz
 Pedro Obregón
 Dora Micheletti de Zerpa

Comité Editorial

Delis Pérez	Editora Jefe
Rodolfo Delgado	Editor Técnico
Teófilo Guillén	Seguimiento
Carmen Solórzano	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. 50,00

Correo electrónico: dyvpublicaciones@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

Margaret Gutiérrez Mulas
 Julitt Hernández
 Delis Pérez Sánchez

Jonathan Coello
 Gino Campos

Presidenta
Gerente General
Gerente de Investigación e Innovación Tecnológica
Gerente de Producción Social
Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario

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 Cásaes (UCV)	Desarrollo Rural
Lorenzo Velásquez (INIA)	Fertilidad y Manejo de Suelos
Marco Acevedo (INIA)	Mejoramiento Genético de Plantas

Consejo Asesor

Carlos Hidalgo	INIA Sede Administrativa. Venezuela
Juan Vergara	INIA Zulia. Venezuela
Antonio de la Casa	UNC. Argentina
María Ormeño	INIA Mérida. Venezuela
Graciela Vergara	UNLPam. Argentina
Adolfo Cañizares	INIA Monagas. Venezuela
Emma Ramírez	INIA Táchira. Venezuela
Pedro Monasterio	INIA Yaracuy. Venezuela
Beatriz Graterol	INIA Amazonas. 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 AGRICOLA, National	(Cuba)
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 y Tierras
Maracay, Venezuela

TABLA DE CONTENIDO

Agradecimiento

Artículos científicos:

Pág:

Salazar, L. A., G. Y. Aponte, M. de J. Alcano, N. H. Sanabria y J. J. Guzmán Importancia de las especies de <i>Trichoderma</i> para el control de <i>Macrophomina phaseolina</i> en las áreas agrícolas del estado Aragua, Venezuela.....	7
Aponte, G. Y., L. A. Salazar, M. de J. Alcano, N. H. Sanabria, J. J. Guzmán y A. J. Gámez Evaluación en condiciones <i>in vitro</i> de la masa micelial de hongos fitopatógenos mediante el uso de filtrados de aislamientos de <i>Trichoderma</i> spp.....	17
Soler, P. E., J. L. Berroterán, J. L. Gil y R. A. Acosta Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela.....	25
Bracho, B. Ch. y O. Arnaude Efecto de extractos acuosos de <i>Pteridium aquilinum</i> L. Kuhn var. <i>Caudatum</i> sobre el crecimiento de plántulas de <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	39
García, A., E. Pérez y R. Dávila Características físicas, químicas y funcionales de las harinas de ñame, ocumo y mapuey.....	51
García-Caicedo, M. M., H. Giraldo-Vanegas y Á. Ochoa Ciclo de vida de <i>Metamasius dimidiatipennis</i> Champeon (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de laboratorio.....	69
García Crespo, R. G., M. A. Arcia Montesuma, M. R. Pérez Tortolero y R. F. Riera Tona Efecto de <i>Trichoderma</i> sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de <i>Rhizoctonia</i> bajo tres tiempos de inicio de aplicación.....	77
Andrade-Benítez, O. del C. Demarcaciones climáticas del municipio Torres en el estado Lara, Venezuela.....	97
Hernández de Parra, J. B., R. Ortega-Gorth y G. Blanco Diagnóstico de enfermedades en frutales en el estado Yaracuy, Venezuela entre los años 2001-2011.....	111
Sosa del Castillo, D., R. Rea-Suárez, A. I. González-Cordero, F. Vaquero-Rodrigo y F. J. Vences Benito Reacción de variedades de caraotas cultivadas en Cuba a la enfermedad bacteriana de la grasa.....	123
Vannessa G., Ayllón C. Comparación de métodos de estimación de la radiación solar en Maracay, Venezuela.....	139
Parra, R., A. Cortez y M. F. Rodríguez. Control de calidad de las series de temperatura diaria de las estaciones del INIA-Venezuela en el período 1950-2005.....	147

Notas Técnicas:

Parra, J. G., A. A. García, C. J. Poleo y L. M. Fuentes Aspectos reproductivos y daños causados por una comunidad de roedores en arroz bajo siembra directa en el sistema de riego río Guárico.....	163
Martínez, G., R. Pargas y E. Manzanilla Orden <i>Zingiberales</i> : las musáceas y su relación con plantas afines.....	171

Instrucciones a los autores

TABLE OF CONTENTS

Acknowledgments

Scientific Articles

Pág:

Salazar, L. A., G. Y. Aponte, M. de J. Alcano, N. H. Sanabria y J. J. Guzmán Importance of <i>Trichoderma</i> species for control of <i>Macrophomina phaseolina</i> in agricultural areas of Aragua state, Venezuela.....	7
Aponte, G. Y., L. A. Salazar, M. de J. Alcano, N. H. Sanabria, J. J. Guzmán y A. J. Gámez <i>In vitro</i> evaluation of <i>Trichoderma</i> spp. isolates on mycelial growth of phytopathogenic fungi.....	17
Soler, P. E., J. L. Berroterán, J. L. Gil y R.A. Acosta Importance value index, diversity and floristic similarity of woody species in three ecosystems of the llanos centrales of Venezuela.....	25
Bracho, B. Ch. y O. Armaude Effect of aqueous extracts of <i>Pteridium aquilinum</i> L. Kuhn var. <i>Caudatum</i> on the growth of plants of <i>Solanum lycopersicum</i> L.....	39
García, A., E. Pérez y R. Dávila Physical, chemical and functional characteristics of flours of yam, tarot and mapuey.....	51
García-Caicedo, M. M., H. Giraldo-Vanegas y Á. Ochoa Life cycle of <i>Metamasius dimidiatipennis</i> Champeon (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions.....	69
García Crespo, R. G., M. A. Arcia Montesuma, M. R. Pérez Tortolero y R F. Riera Tona Effect of <i>Trichoderma</i> on potato development and biocontrol of <i>Rhizoctonia</i> at three times from applying.....	77
Andrade-Benítez, O. del C. Climatic demarcations of the Torres municipality in the Lara state, Venezuela.....	97
Hernández de Parra, J. B., R. Ortega-Gorth y G. Blanco Diagnosis of diseases in fruit in Yaracuy state, Venezuela between the years 2001-2011.....	111
Sosa del Castillo, D., R. Rea Suárez, A. I. González Cordero, F. Vaquero Rodrigo y F. J. Vences Benito Reaction of bean varieties grown in Cuba to the bacterial disease of halo blight.....	123
Vannessa G., Ayllón C. Comparison of methods to estimate the solar radiation in Maracay, Venezuela.....	139
Parra, R., A. Cortez y M. F. Rodríguez Quality control of the series of daily temperature for the stations of the INIA-Venezuela in the period 1950-2005.....	147
Technical Note:	
Parra, J. G., A. A. García, C. J. Poleo y L. M. Fuentes Reproductive aspects and rodent community damages on direct grown rice in the Guarico river irrigation system.....	163
Martínez, G., R. Pargas y E. Manzanilla Order <i>Zingiberales</i> : the musaceae and its relationship to related plants.....	171
Instructions to authors	

Agradecimiento

Los miembros del Comité Editorial de la revista científica *Agronomía Tropical*, agradecen a las personas que a continuación se mencionan, por el trabajo de revisión a los artículos que se publican en el Volumen 62, año 2012.

Thamara Rojas	INIA - CENIAP
Beatriz Lozada	INIA Táchira
Belkis Camacho	INIA Trujillo
Juan Carlos Rey	INIA - CENIAP
Adriana Cortez	INIA - CENIAP
Ana Maselli (J)	INIA - CENIAP
Yonis Hernández	UCV - FAGRO
Giomar Blanco	INIA Yaracuy
Pedro Torrecilla	UCV - FAGRO
José García (J)	UNESR Maracay
Ángel Torres	INIA Táchira
Adolfo Cañizares	INIA Monagas
Luis Llanca	UCV - FAGRO
Hilda de Stefano	UNERS - IDECYT
Pedro Durant	UCLA Lara
Luis Vivas	INIA Guárico
Marisol Aguilera	USB - BIOEVO
Yaisys Blanco	INCA Cuba
Castor Zambrano	UCV - FAGRO
María Rodríguez	INIA - CENIAP
Wilmer Díaz	UNEG Bolívar
Alcides Mondragón	UCLA Lara
Vladimir Sánchez	UNPA México
Raisa Rumbos	INIA Zulia
Emma Ramírez	INIA Yaracuy
Rafael Montilla	INIA Trujillo
Ninoska Pons	INIA - CENIAP
Carlos Marín	INIA - CENIAP
Francis Pierre	INIA Lara
Jorge López	UCLA Lara
Luis Alemán	INIA - CENIAP

De igual manera, se agradece a los investigadores que enviaron sus artículos y se invita a la comunidad científica, especialistas en los diferentes componentes de producción en el área de ciencias agrícolas, a continuar consignando sus trabajos en la revista científica *Agronomía Tropical*. Igualmente, a los ingenieros Juan Vergara, Reinaldo Cardona y Orlando De Sousa Vieira, por su importante participación en la traducción de los resúmenes de la revista.

Importancia de las especies de *Trichoderma* para el control de *Macrophomina phaseolina* en las áreas agrícolas del estado Aragua, Venezuela

Importance of *Trichoderma* species for control of *Macrophomina phaseolina* in agricultural areas of Aragua state, Venezuela

Luis A. Salazar¹, Glenda Y. Aponte¹, María de J. Alcano²,
Nelly H. Sanabria² y Jessica J. Guzmán²

¹Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP). Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.

²Profesores. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Maracay 2105. Estado Aragua. Venezuela.
Correos electrónicos: luisagronomia@gmail.com, gaponteve@gmail.com, salabrian@cantv.net

RESUMEN

Los hongos del género *Trichoderma* merecen máxima atención como agentes biocontroladores debido a que se demostró su alto poder antagónico en patógenos vegetales. El objetivo de esta investigación fue identificar las especies de *Trichoderma* aisladas de suelos en zonas productoras de caraota, maíz, tomate y sorgo en los estados Aragua, Carabobo y Guárico, para comprobar su valor antagónico en el control de *Macrophomina phaseolina*. Las muestras fueron procesadas utilizando el método de dilución en placa de agar, los aislamientos obtenidos fueron purificados sobre PDA, se realizó su determinación a nivel de especie. Para ello, fueron crecidos los aislamientos por 3 a 4 días y 6 a 8 días, siendo examinados macro y microscópicamente. Doce aislamientos fueron obtenidos, nueve fueron referidos a la especie *Trichoderma harzianum* (06146, 06143, FTSC05, JCFA05, 06153, I9, J10, 06151 y San Miguel); y los aislamientos restantes pertenecen a las especies *T. crassum* (06141), *T. koningiopsis* (06152) y *T. longibrachiatum* (Samán Mocho), respectivamente. Se encontró variabilidad *in vitro* en cuanto al control ejercido por cada aislado contra *M. phaseolina* en función del porcentaje de inhibición de esporulación (PIE) y del porcentaje de inhibición de crecimiento (PIC). El aislado 06141 perteneciente a *T. crassum* fue el más eficiente en el control de *M. phaseolina*, ya que presentó mayor PIE de 91,02 y 91,50% del PIC en comparación a los demás aislados, los cuales tuvieron un efecto inhibitorio con respecto al hongo patógeno en el rango de 65,09 a 84,69% para el PIE y de 67,33 a 77,48% para el PIC.

Palabras clave: control biológico, *in vitro*, taxonomía de hongos, patógeno, inhibición de esporulación, inhibición de crecimiento.

ABSTRACT

Fungi of the genus *Trichoderma* deserve maximum attention as biocontrol agents because they demonstrated their high antagonistic power plant pathogens. The objective of this research was to identify *Trichoderma* species isolated from soil samples of bean growing areas, corn, tomato and sorghum in Aragua, Carabobo and Guarico and antagonistic value was found in the control of *Macrophomina phaseolina*. The samples were processed using the method of agar plate dilution, the isolates obtained were purified on PDA, its determination was performed at the species level. To do this, the isolates were grown for 3-4 d and 6-8 d being examined macro and microscopically. Twelve isolates were obtained, nine were related to the species *Trichoderma harzianum* (06146, 06143, FTSC05, JCFA05, 06153, I9, J10, and San Miguel 06151); and the remaining isolates belong to the species *T. crassum* (06141), *T. koningiopsis* (06152) and *T. longibrachiatum* (Samán Mocho) respectively. Variability *in vitro* was found in the control exercised by each isolated against *M. phaseolina*, depending on the percent inhibition of sporulation (PIE) and growth inhibition (PIC). The isolated belonging to *T. crassum* 06141 was the most effective in controlling *M. phaseolina*, and showed higher PIE of 91.02% and 91.50% of PIC compared to other isolates, which had an inhibitory effect with respect to the fungal pathogen in the range of 65.09 to 84.69% for the PIE and 67.33 to 77.48 for the PIC.

Key words: biological control, fungus taxonomy, *in vitro*, pathogens, inhibition of sporulation, growth of inhibition.

INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Trichoderma* se encuentran ampliamente distribuidas en el mundo y están presentes en diferentes zonas y hábitats, especialmente en aquellos con altos contenidos de materia orgánica o desechos vegetales en descomposición, así mismo en residuos de aquellos cultivos que son atacados por otros hongos. Su desarrollo es favorecido por la presencia de altas densidades de raíces, las cuales son colonizadas rápidamente.

Esta capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y sustratos confiere a *Trichoderma* la posibilidad de ser utilizado como agente biocontrolador en diferentes suelos, cultivos, climas y procesos tecnológicos. En Venezuela, existen varios productos comerciales con base en *Trichoderma* spp., utilizados en el control de enfermedades en plantas (Anzola, 2003).

En este sentido, las especies de hongos que pertenecen a *Trichoderma* son plenamente caracterizadas por tener aplicación en el ámbito agrícola, fundamentalmente para el control biológico de otros organismos patógenos que atacan a los cultivos. Benhamou *et al.* (1993) señalaron que las especies de *Trichoderma* tienen la capacidad de afectar negativamente a los hongos fitopatógenos en diferentes estados de desarrollo, siendo capaces de reducir su crecimiento y esporulación al actuar sobre sus estructuras (hifas, conidios y esclerocios). Por ello, se consideran prometedoras para el control biológico de enfermedades en plantas.

En esta investigación se planteó como objetivo, determinar especies de *Trichoderma* aisladas de muestras de suelo de zonas productoras de caraota, maíz, tomate y sorgo, en los estados Aragua, Carabobo y Guárico, con el fin de evaluar su acción en el control del hongo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, que afecta al cultivo de caraota.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de suelos

Se tomaron muestras de suelo en ocho zonas productoras de caraota, maíz, tomate y sorgo en los estados Aragua, Carabobo y Guárico.

Se recolectó aproximadamente 1 kg de suelo cercano a la rizósfera de las plantas, que estaba en condiciones de capacidad de campo.

Aislado de hongos a partir de muestras de suelo

En solo 10 g de suelo de cada uno de los sitios muestreados, se agregó 90 ml de agua destilada estéril contenidos en una fiola. A partir de esta solución madre, se realizaron diluciones seriadas en tubos de ensayo que contenían 9 ml de agua destilada estéril, hasta llegar a concentraciones de 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} [UFC/ml].

De cada una de las diluciones obtenidas se colocó 1 ml por placa de Petri de 100 x 15 mm, luego se agregó 15 ml de medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA) derretido a temperatura moderada, el cual se extendió en la placa. Se realizaron cuatro réplicas por cada dilución. Las cajas Petri así preparadas se incubaron a una temperatura de 28 °C por un período de 24 a 48 h. Seguidamente, se tomó parte del hongo en crecimiento para hacer cultivos monospóricos y obtener cultivos puros que fueron conservados en tubos con PDA a 5 °C.

Determinación a nivel específico de los aislados de *Trichoderma* obtenidos

Para ello se utilizaron aislados sobre PDA de 3 a 4 días y de 6 a 8 días de crecimiento. Se realizaron observaciones macroscópicas y microscópicas, describiendo los siguientes aspectos de la colonia: color del micelio, tinción de la placa agarificada, producción de pústulas y masas de conidios y formación de anillos concéntricos.

También, con la ayuda de un microscopio compuesto Leica DM 1000 se registraron las características de las estructuras fúngicas con valor taxonómico incluyendo el tipo de conidióforo, número de células conidiógenas (fiálides) por verticilo, presencia de fiálides intercaladas, forma, largo y ancho en micromilímetro (μm) de las fiálides; forma, largo y ancho en μm , color y ornamentación de los conidios; presencia y forma de clamidosporas. Las muestras se observaron con un aumento de 1000 X. Las mediciones de longitud se efectuaron utilizando un ocular con barra micrométrica, y una tabla de conversión a micras.

Para la determinación se realizó el estudio comparativo de las descripciones de los hongos investigados con las características de las especies de *Trichoderma* presentadas por Rifai (1969) y Bisett (1991 a, b, y c).

Evaluación *in vitro* de la capacidad antagónica de los aislados de *Trichoderma* spp., con respecto a *Macrophomina phaseolina*

En los bordes de cada una de las placas de Petri con PDA y en sitios equidistantes se colocó un disco de agar de 5 mm de diámetro con micelio de *M. phaseolina* de 5 días de edad (suministrada por la colección de hongos del laboratorio de la Clínica de Enfermedades de Plantas, Universidad Central de Venezuela, previa comprobación de su patogenicidad) y un disco de agar con micelio del aislado de *Trichoderma* a investigar de 3 días de edad. El testigo consistió solamente en un disco con micelio de *M. phaseolina*.

Se hicieron cinco repeticiones por aislado, las placas así preparadas se incubaron a 28 °C durante 6 días. Se determinó el porcentaje de inhibición de crecimiento (PIC), se midió el largo y el ancho de cada tratamiento (hongo patógeno) con una cinta métrica en centímetros y el porcentaje de inhibición de esporulación (PIE) en el patógeno. La estimación de PIC y PIE se realizó según Vincent, como lo sugiere Latiegue (1990), indicada en las ecuaciones 1 y 2, respectivamente.

$$PIC = 100 (C - T) / C \quad (1)$$

$$PIE = 100 (C - T) / C \quad (2)$$

donde:

C: crecimiento micelial del control.

T: crecimiento o esporulación del tratamiento.

Se aplicó un diseño experimental completamente aleatorizado con cinco repeticiones (un control de cada tratamiento), donde la unidad experimental fue cada placa de Petri del antagonista con el respectivo hongo patógeno y el hongo patógeno solo, los análisis se realizaron por la vía paramétrica para analizar la varianza (ANAVAR), previa comprobación de la distribución normal

de los datos, mediante la prueba W de Shapiro-Wilks (1965), la homocedasticidad de las varianzas mediante la prueba χ^2 de Bartlett (1937). Las comparaciones múltiples de medias se realizaron mediante el uso de las pruebas HSD de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$; utilizando el programa STATISTICA versiones 7 y 8 (2002-2007) para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para la identificación de las especies de *Trichoderma* presentes en las muestras de suelos analizados, se señalan en el Cuadro 1. Se obtuvieron doce aislados de *Trichoderma* spp., de los cuales nueve fueron referidos a *T. harzianum* Rifai y el resto a las especies *T. longibrachiatum* Rifai, *T. koningiopsis* y *T. crassum* (Bissett, 1991a).

Es importante resaltar, haber encontrado únicamente en el cultivo del maíz a la especie *T. longibrachiarum*. Particularmente, esta especie fue identificada en suelos del estado Carabobo, razón por la cual debe tomarse en consideración su asociación con un cultivo tan importante como el maíz. Del mismo modo, es interesante señalar que se encontró coexistencia de especies solo entre *T. harzianum* y *T. koningiopsis* en los suelos de Tucutunemo. Se reporta la presencia de *T. harzianum* en varios cultivos, mientras que *T. crassum* y *T. koningiopsis* solamente aparecieron asociados al cultivo de la caraota.

Pareciera existir una especificidad de especies asociada a los cultivos de maíz, sorgo y tomate, mientras que en el caso de la caraota, se consigue la asociación con varias especies de *Trichoderma*. Esto pudiera ser de relevancia al momento de diseñar estrategias de control biológico en estos cultivos utilizando *Trichoderma*.

Se logró identificar los aislamientos de *Trichoderma* spp., utilizando los criterios de identificación taxonómica y tomando en consideración las características fundamentales descritas por (Bissett, 1991 a,b,c; Rifai, 1969). En el Cuadro 2, se pueden observar las características macroscópicas y microscópicas de los aislados de las especies de *Trichoderma* spp.

Cuadro 1. Identificación de las especies de *Trichoderma* presentes en las muestras de suelos analizados.

Nombre del aislado	Cultivo presente	Procedencia	Identificación
Samán Mocho	Maíz	Estación experimental Samán Mocho, FAGRO U.C V., estado Carabobo.	<i>T. longibrachiatum</i>
JCFAO5	Caraota	Caicara, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>
FTSCO5	Tomate	Finca Los Apamates, El Sombrero, estado Guárico	<i>T. harzianum</i>
J10	Tomate	Vía Camatagua, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>
I9	Sorgo	Base Aérea El Libertador, Palo Negro, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>
San Miguel	Caraota	Vía Cagua – Villa de Cura, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>
06141	Caraota	Arenales, estado Aragua	<i>T. crassum</i>
06143	Caraota	Finca Anapiar, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>
06146	Caraota	Finca Los Dolores, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>
06153	Caraota	Finca El Mochuelo, Valles de Tucutunemo, estado Aragua.	<i>T. harzianum</i>
06152	Caraota	Valles de Tucutunemo, estado Aragua	<i>T. koningiopsis</i>
06151	Caraota	Finca El Mochuelo; Valles de Tucutunemo, estado Aragua	<i>T. harzianum</i>

En las Figuras 1, 2 3, y 4 se muestran algunas características de crecimiento de *T. harzianum*, *T. crassum*, *T. koningiopsis*, *T. longibrachiatum*, respectivamente.

Evaluación *in vitro* de la capacidad antagónica de los aislados de *Trichoderma spp.*, con respecto a *Macrophomina phaseolina*

Al realizar el análisis de los datos mediante la prueba Shapiro-Wilk (1965), se obtuvo un valor $w=0,93$, indicando la distribución normal de los datos. La homocedasticidad de las varianzas se estimó mediante el parámetro χ^2 de Bartlett, dando un valor de 3,97, señalando que las varianzas son homogéneas y que las fuentes de variación son las mismas.

Una vez establecida la normalidad de la distribución de los datos, se realizó el ANAVAR para los datos de PIC y PIE. En ambos casos se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos, indicando que los aislados

estudiados presentaron un poder antagónico diferente en el control de *M. phaseolina*. En virtud de las diferencias observadas, se procedió a clasificar los aislados para establecer los diferentes niveles de antagonismos o poder de control que exhibieron.

Para ello se realizó la prueba DSH de Tukey, que permitió evidenciar la existencia de cuatro grupos (Figura 5). Como se observa, el aislado 06141 perteneciente a la especie *T. crassum*, presentó el mayor PIC (91,50%), conformando el primero de los grupos en cuanto a efectividad de control.

Un segundo grupo se ubicó el aislado 06152 identificado como *T. koningiopsis* con un PIC de 77,48%; seguido de un tercer grupo conformado por los aislados I9, 06151, J10, 06153, 06143 y 06146, todos agrupándose en la especie de *T. harzianum* y un PIC de 74,31 hasta 69,86, notándose una pequeña diferencia en el control de esta especie.

Cuadro 2. Identificación de los aislamientos de *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma longibrachiatum* y *Trichoderma koningiopsis*.

Nombre del aislamiento	Características macroscópicas	Características microscópicas	Especies de <i>Trichoderma</i>
06143 06146 FTSC05 JCFA05 06513 I9 J10 06151 San Miguel	Crecimiento moderado a rápido, micelio algodonoso, anillos concéntricos, no tiñó el medio, no presentó pústulas.	Hifas hialinas, conidióforo con ramificación intrincada, de una longitud de 123,5 x 3,8 µm y una base de 3,8 µm, fiálides de forma ampuliforme a flageliforme (4,75 x 3,8 µm), con una base de 2,85 µm, conidios globosos a subglobosos, de pared lisa, color verde oliva, longitud de 3,8 a 4,75 x 2,85 a 3,8 µm, abundantes clamidosporas terminales e intercalares, de forma globosa a subglobosa con pared hialina, sus dimensiones fueron 9,5 a 11,4 x 8,55-9,5 µm.	<i>T. harzianum</i>
06141	Crecimiento rápido, micelio algodonoso, formación de exudado color verde claro, presentó pústulas.	Hifas con septos, hialinas, conidióforo con ramificación cerrada, y una longitud de 323 x 3,8 µm de 2 a 5 fialides por verticilo, de forma ampuliforme a flageliforme (8,55 x 2,85 µm) con base de 1,9 µm, presentó extensiones fértiles y estériles, conidios elipsoidales, de pared lisa, color verde pálido, de longitud 4,75 a 5,7 x 3,8 a 4,75 µm, demostró poca producción de clamidosporas terminales e intercalares, de forma subglobosa, con pared lisa, sus dimensiones fueron de 14,25 x 4,75 µm.	<i>T. crassum</i>
06152	Crecimiento rápido, micelio algodonoso.	Hifas hialinas, conidióforos con ramificación abierta, fiálides flageliformes (9,5 a 11,4 x 0,95 a 1,9 µm), conidios subglobosos, color verde oliva, 2,85 x 1,9 µm. Clamidosporas terminales globosas a subglobosas, lisas, hialinas, 6,65 x 6,65 µm.	<i>T. koningiopsis</i>
Samán Mocho	Tiñó el medio de color amarillo, formando agregados de conidios.	Hifas hialinas, conidióforo con ramificación cerrada, de longitud 4,95 x 2,85 µm y una base de 2,85 µm, de 3 a 5 fialides por verticilos de forma ampuliforme a flageliforme 5,7 x 1,9 µm y una base de 1,9 µm, presentó fialides intercalares de forma ampuliforme, de longitud 2,85 x 1,9 µm y una base 0,95 µm, conidios de forma subglobosos a elipsoidales de pared lisa, color verde oliva, de longitud 2,85 x 1,9 µm.	<i>T. longibrachiatum</i>

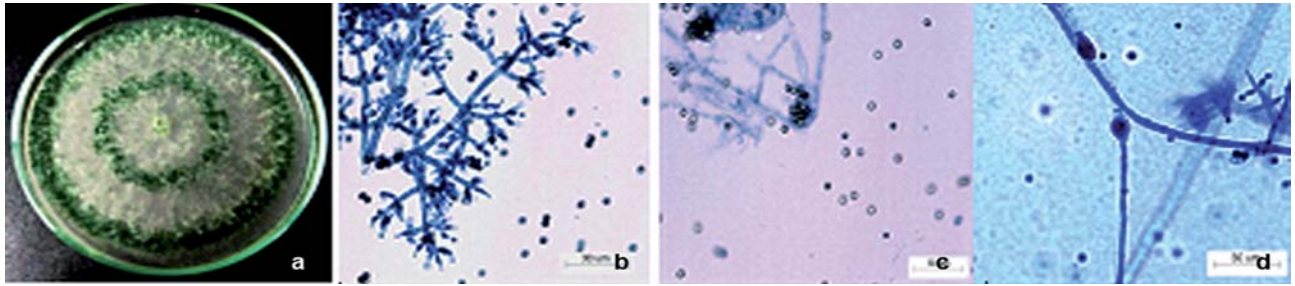


Figura 1. *Trichoderma harzianum*. Aislados 06146, 06143, FTSC05, JCFA05, 06153, I9, J10 y San Miguel. a) formación de anillos concéntricos; b) conidióforos con ramificación intrincada tipo Gliocladium; c) conidios globosos; d) clamidosporas subglobosas.

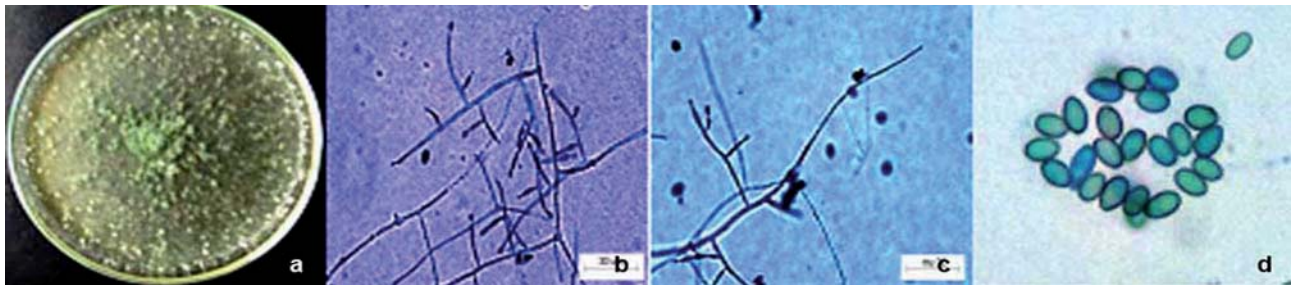


Figura 2. *Trichoderma crassum*. Aislado 06141; a) colonia del hongo; b) conidióforo con extensión hifal fértil; c) conidióforo con extensión hifal estéril; d) conidios elipsoidales.

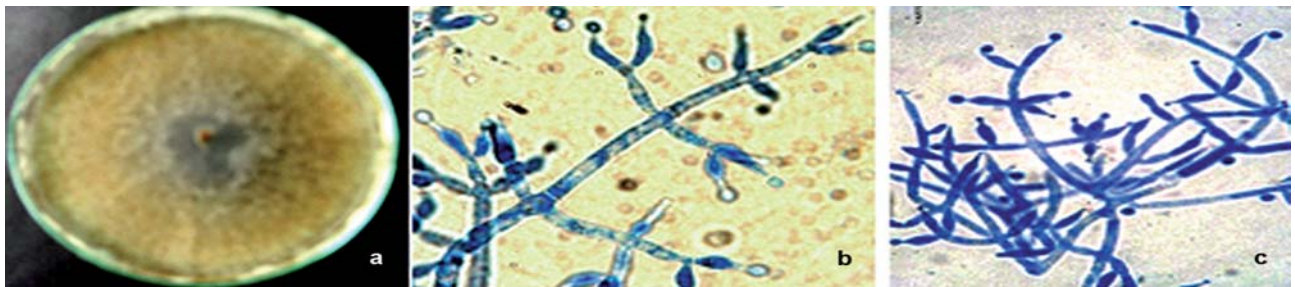


Figura 3. *Trichoderma koningiopsis*. Aislado 06152; a) colonia del hongo; b y c) conidióforo.

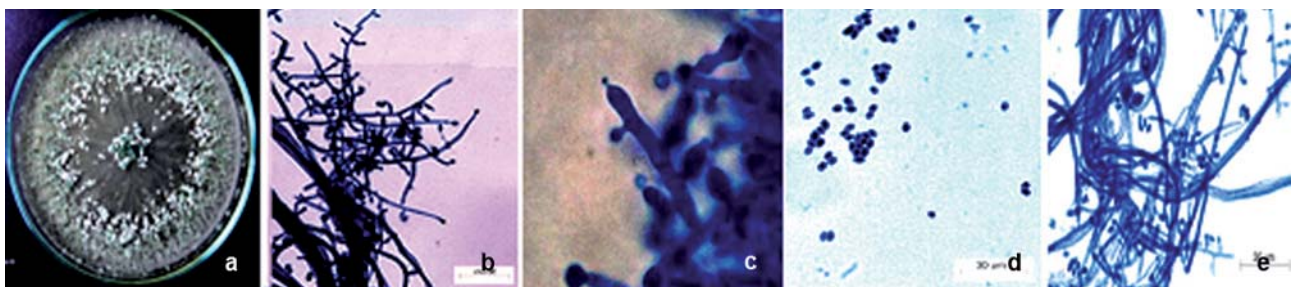


Figura 4. *Trichoderma longibrachiatum*. Aislado Samán Mocho: a) colonia del hongo; b) conidióforo; c) fiálide intercalar; d) conidios elipsoidales; e) clamidosporas intercaladas.

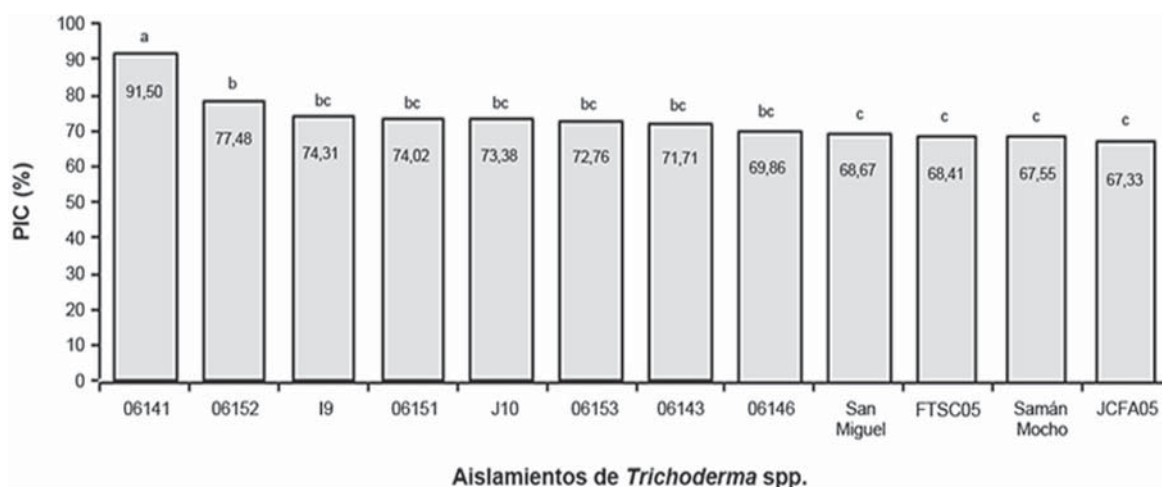


Figura 5. Pruebas MDSH de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; empleadas para determinar el PIC de cada uno de los aislados de *Trichoderma* sobre el patógeno *Macrophomina phaseolina*.

En el cuarto grupo se encuentran los aislados San Miguel, FTSC05, JCFA05 y Samán Mocho con valores comprendidos entre 67,33 y 68,41%, respectivamente; los tres primeros perteneciente a la especie *T. harzianum* y el último a *T. longibrachiatum*.

Con relación al PIE, las pruebas de medias de Tukey demostraron la existencia de cinco grupos (Figura 6) donde el primer grupo estuvo conformado por los aislados 06141 (*T. crassum*) y 06143 (*T. harzianum*), los cuales presentaron un PIE de 91,02 y 84,69, respectivamente. Un segundo grupo conformado únicamente por el 06146 (*T. harzianum*) mostrando un PIE de 83%; el tercer grupo que incluye a J10, JCFA05, 06153, San Miguel, I9, FTSC05 (todos identificados como *T. harzianum*) y Samán Mocho (*T. longibrachiatum*) con valores del PIE entre 75,18 y 79,44%, el cuarto grupo al aislado 06152 (*T. koningiopsis*); un quinto grupo al 06151 (*T. harzianum*) con un PIE de 65,09%.

El aislado 06141 perteneciente a la especie *T. crassum*, fue el hongo más eficiente en el control de *M. phaseolina*, quien fue el que presentó mayor PIC y PIE, 91,50 y 91,02%, respectivamente. Otros aislados de *Trichoderma* spp., promisorios en el control de *M. phaseolina* fueron los 06141, 06146 y J10, que mostraron menores valores del PIC y mayores valores del PIE.

Estos resultados coinciden con los señalados por Pineda y Gonnella (1988), quienes encontraron dos aislados de *Trichoderma* capaces de inhibir el desarrollo y producción de esclerocios de *M. phaseolina* obtenidos de plantas de ajonjolí. Sobre la base, los aislados más eficientes en el control de *M. phaseolina* fueron 06141, 06143, 06146 y J10 (Figura 6), presentando menores valores del PIC y mayores valores del PIE; esto es lo más importante en un antagonista eficiente ya que los esclerocios representan la principal forma de propagación en el campo del patógeno.

Por su parte, Watanabe *et al.* (1967) demostraron la existencia de una relación directamente proporcional entre la incidencia de la enfermedad y la cantidad de esclerocios en el campo (densidad de inóculo). En cuanto a los principales mecanismos de acción observados en esta investigación se encuentra la antibiosis (Grondona *et al.*, 1995), quienes señalaron a *Trichoderma* capaz de inhibir el crecimiento y esporulación de diversos patógenos sin necesidad de que exista contacto entre las hifas de *Sclerotium* sp. y *Sclerotinia* sp.

Igualmente, se demostró que *T. koningiopsis* produce metabolitos volátiles que inhibieron el crecimiento de *Fusarium oxysporum* f sp. *lycopersici*, y en segundo lugar se pudo observar el crecimiento del aislado de *Trichoderma* sobre el patógeno.

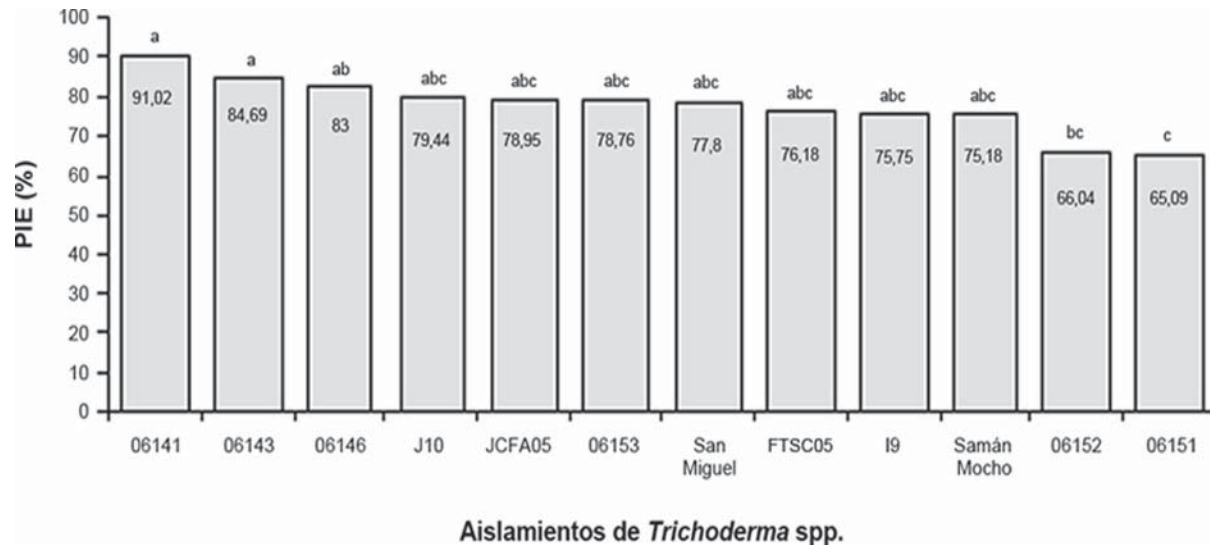


Figura 6. Pruebas MDSH de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, empleadas para determinar diferencias entre el control ejercido (PIÉ) de cada uno de los aislados de *Trichoderma* sobre el patógeno *Macrophomina phaseolina*.

CONCLUSIONES

De las zonas productoras de caraota, maíz, tomate y sorgo en los estados Aragua, Carabobo y Guárico se identificaron a nivel de especie, si va de doce aislados de *Trichoderma*, nueve fueron referidos a *T. harzianum* y tres aislados; referidos a *T. crassum*, *T. longibrachiarum* y *T. koningiopsis*. En el caso de sorgo y tomate, se encontró una especie asociada a cada cultivo que fue *T. harzianum*; dos especies se encontraron asociadas a caraota y solo hubo coexistencia entre *T. harzianum* y *T. koningiopsis* y para el cultivo de maíz solo se encontró la especie de *T. longibrachiatum*.

En el PIÉ en el patógeno se demostró la existencia de cinco grupos; el primero conformado por los aislados 06141 y 06143, los cuales presentaron un valor de 91,02 y 84,69, respectivamente; un segundo por el 06146 con un 83%; el tercero que incluye a J10, JCFA05, 06153, San Miguel, I9, FTSC05 y Samán Mocho con valores del PIÉ entre 75,18 y 79,44%, respectivamente; el cuarto al 06152 (*T. koningiopsis*); un quinto al 06151 (*T. harzianum*) con un PIÉ de 65,09%. El aislado 06141, perteneciente a la especie *T. crassum*, fue el hongo con mayor eficiencia en el control de *M. phaseolina*.

Los aislados de *Trichoderma* inhibieron el desarrollo y producción de esclerocios de *M. phaseolina* donde el 06141 presentó el mayor PIC (91,50%), un segundo grupo se encontró el 06152 con 77,48%, seguido de un tercer grupo conformado por los aislados San Miguel, FTSC05, JCFA05 y Samán Mocho, con valores comprendidos entre 67,33 y 68,41%.

LITERATURA CITADA

- Anzola, L. 2003. Índice Agropecuario XXVII Edición. Maracay, estado Aragua. Disponible en línea: <http://www.indiceagropecuario.com>
- Bartlett, M. S. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. Proceedings of the Royal Statistical Society .160(901):268-282.
- Benhamou, N. and I. Chet. 1993. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: Ultrastructure and gold Cytochemistry of the mycoparasitic process. Phytopathology. 83(10):1.062-1.071.
- Bissett, J. 1991a. A revision of the genus *Trichoderma* II. Infrageneric classification. Canadian Journal of Botany. 69(11):2.357-2.372.

- Bissett, J. 1991b. A revision of the genus *Trichoderma* III. Section Pachybasium. Canadian Journal of Botany. 69(11):2.373-2.414.
- Bissett, J. 1991c. A revision of the genus *Trichoderma* IV. Additional notes on section Longibrachiatum. Canadian Journal of Botany. 69(11):2.418-2.420.
- Grondona, I., M. Hermosa, M. Gomis, P. García, I. García y E. Monte. 1995. Control Biológico de hongos del suelo que afectan semillas y plántulas como alternativas al Bromuro de metilo en la agricultura. Seminario Internacional Almería España. Junta Andalucía. Conserjería de Agricultura y Pesca. Colección de Congresos y Jornadas. Nº 44-97. pp. 13-52.
- Latiegui, A. 1990. *Trichoderma harzianum* Rifai. como antagonista de *Sclerotium rolfsii* Sacc., agente causal de pudrición basal de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, estado Lara. Venezuela. 61 p.
- Pineda, J. y E. Gonnella. 1988. Evaluación del control biológico de *Macrophomina phaseolina* en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Agronomía Trop. 38(4-6):43-48.
- Rifai, M. A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Mycological Papers 116. pp. 1-56.
- Shapiro, S. S. y M. B. Wilk. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 52(3-4):591-611.
- Watanabe, T., S. Smith Jr. and W. Snyder. 1967. Populations of microesclerotia of soil orne pathogen, *Macrophomina phaseolina* in relation to stem blight of bean. Phytopathology. 57:1.010 (Abstract).

Evaluación en condiciones *in vitro* de la masa micelial de hongos fitopatógenos mediante el uso de filtrados de aislamientos de *Trichoderma* spp.

In vitro evaluation of *Trichoderma* spp. isolates on mycelial growth of phytopathogenic fungi

Glenda Y. Aponte¹, Luis A. Salazar¹, María de J. Alcano¹, Nelly H. Sanabria², Jessica J. Guzmán² y Arnaldo J. Gámez¹

¹Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP). Maracay 2101. Estado Aragua. Venezuela.

²Profesores. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Maracay 2105. Estado Aragua. Venezuela. Correos electrónicos: gaponteve@gmail.com, luisagronomia@gmail.com

RESUMEN

Se ha demostrado que las especies del género *Trichoderma* spp. producen metabolitos secundarios con actividad antifúngica, constituyéndose en un taxón de diversos grupos relacionados a su estructura y función, estos contienen componentes volátiles como no volátiles. Se evaluó la actividad metabólica de cinco aislamientos de *Trichoderma* spp. sobre el control *in vitro* de los hongos fitopatógenos *Fusarium verticillioides*, *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina*, causantes de las enfermedades: pudrición en tallo del maíz, mancha bandeada del maíz y pudrición carbonosa en caraota, respectivamente. Se utilizaron aislamientos antagonistas colectados de zonas de producción de los estados Aragua, Carabobo y Guárico, identificándolos a nivel de especie mediante estudios morfológicos. Para evaluar el mecanismo de antibiosis, los antagonistas se cultivaron en medio de cultivo líquido papa-dextrosa, la reproducción se efectuó de forma estática, se filtraron por separado utilizando papel de 100 µm, se centrifugaron, los sobrenadantes fueron filtrados utilizando papel de 0,22 µm. En los filtrados se colocaron discos de Papa Dextrosa Agar (PDA) colonizados con el patógeno, por un período de 15 días, luego se extrajo la masa micelial desarrollada y fue secada en estufa a 30 °C por 3 días, se pesó y se calculó el porcentaje de inhibición de masa micelial de cada patógeno. El aislamiento que presentó mejor control en todos los patógenos evaluados fue el perteneciente a *T. crassum* 06141 (94,47%), seguido de *T. harzianum* 06143 (92,35%), *T. harzianum* FTSC05 (91,94%), *T. longibrachiatum* Samán Mocho (85,86%) y *T. harzianum* 06146 (84,33%).

Palabras clave: antibiosis, antagonista, *Fusarium verticillioides*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*; metabolitos secundarios.

ABSTRACT

It has been shown that species of *Trichoderma* spp. produce secondary metabolites with antifungal activity, which constitutes a rate of several groups related to their structure and function, this groups contain volatile and nonvolatile components. We evaluated the metabolic activity of five isolates of *Trichoderma* spp. *In vitro* study we evaluated the affect of five isolates of *Trichoderma* spp. in control of *Fusarium verticillioides*, *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina*, wich are causes of the rot in corn stalks, banded stink in corn and charcoal rot in bean respectively. Antagonists isolates were collected from agricultural fiels of the Aragua, Carabobo and Guarico State and the were identifiyned at the species level by morphological studies. To evaluate the mechanism of antibiosis, antagonists were grown in liquid culture medium potato-dextrose, reproduction took place statically, filtered separately using paper 100 µm, were centrifuged, the supernatant was filtered using paper 0.22 µm. In the filtrates were placed discs of PDA colonized with the pathogen, for a period of 15 days, then extracted mycelial mass developed and was dried in an oven at 30 °C for 3 days, then weighed and calculated the percentage of inhibition mycelial mass of each pathogen. The insulation provided better control of all pathogens was evaluated belonging to *T. crassum* 06141 (94.47%), followed by isolation of *T. harzianum* 06143 (92.35%), *T. harzianum* FTSC05 (91.94%), *T. longibrachiatum* Saman Mocho (85.86%) and *T. harzianum* 06146 (84.33%).

Key words: antagonistic, antibiosis, *Fusarium verticillioides*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, secondary metabolites.

INTRODUCCIÓN

Los metabolitos secundarios (Ms) de los hongos filamentosos son compuestos que poseen estructuras químicas diferentes a la de los metabolitos primarios (azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos). Los Ms no son esenciales para el crecimiento del organismo, pero sirven en diversas funciones para la supervivencia en la naturaleza. Estos, en contraste a la naturaleza general de los metabolitos primarios, son producidos por determinadas especies en un género particular (Reyes y Franco, 2006).

El género *Trichoderma* spp. fue asociado con el fenómeno del control biológico, debido a que suprime el desarrollo de patógenos del suelo que afectan los sistemas radicales de las plantas (Baker, 1990). Recientes investigaciones revelan la presencia de Ms con actividad antifúngica y antibacteriana producidos por este agente usado como biocontrolador.

Dentro de los mecanismos de acción que presentan algunas especies del género *Trichoderma* para el control de patógenos que afectan a la agricultura, está la antibiosis, que se define como inhibición o muerte de un microorganismo a través de la producción metabólica de pequeñas moléculas tóxicas, volátiles y de enzimas líticas, las cuales disuelven o dañan polímeros estructurales de la pared celular como quitina y β -1-3-glucanos, produciendo un efecto adverso sobre su desarrollo y diferenciación (Goldman *et al.*, 1994).

Los componentes antimicrobiales producidos por algunas especies del género *Trichoderma* constituyen una tasa de diversos grupos con relación a su estructura y función (Taylor, 1986) y están formados tanto por sustancias volátiles como no volátiles. Un gran número de estos componentes han sido relacionados con la actividad de biocontrol.

En la presente investigación se evaluaron en condiciones *in vitro* la masa micelial de hongos fitopatógenos *Fusarium verticillioides* y *Macrophomina phaseolina*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo de suelos para aislar *Trichoderma* spp.

Los aislamientos de *Trichoderma* spp. utilizados en las pruebas fueron colectados en zonas productoras de maíz, *Zea mays* L. y caraota, *Phaseolus vulgaris* L., del sur del estado Aragua, norte del estado Guárico y una localidad del estado Carabobo. Por ello se colectó aproximadamente 1 kg de suelo cerca de la rizosfera de las plantas y en condiciones de capacidad de campo. El Cuadro 1 muestra el aislamiento y la especie que corresponde.

Obtención de aislados de *Trichoderma* spp.

Luego de la colecta bajo condiciones de laboratorio, se tomaron 10 g de suelo de cada uno de los sitios, se agregaron 90 ml de agua destilada estéril contenidos en un Erlenmeyer, siendo ésta la solución madre. Posteriormente, se realizaron diluciones en tubos de ensayo que contenían 9 ml de agua destilada estéril, a la cual se le agregó 1 ml de la solución madre hasta llegar a diluciones de 10^{-2} , 10^{-3} y 10^{-4} de las diluciones obtenidas; se colocó 1 ml en placas de Petri de 100 x 15 mm de diámetro y se le adicionaron 15 ml de medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), se extendió cada una de las diluciones en la placa correspondiente, realizándose por cada una cuatro réplicas.

Cuadro 1. Nombre de los aislamientos de *Trichoderma* sp. y su especie.

Nombre del aislamiento	Especie
06146	<i>Trichoderma harzianum</i>
06141	<i>Trichoderma crassum</i>
06143	<i>Trichoderma harzianum</i>
FTSC05	<i>Trichoderma harzianum</i>
Samán Mocho	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>

Las cápsulas Petri se incubaron a una temperatura de 28 °C por un lapso de 24 a 48 h, transcurrido el tiempo se tomó parte del crecimiento del hongo y se sembró en cultivos monospóricos para la obtención de los cultivos puros y conservados en tubos con PDA a 5 °C.

Identificación de aislamientos de *Trichoderma* spp.

Una vez obtenidos los aislamientos puros, se procedió a su identificación taxonómica a nivel de especie, se consideraron las características fundamentales descritas por Rifai (1969) y Bissett (1991 a,b,c), para ello se utilizaron los aislamientos de 3 a 4 d y de 6 a 8 d de crecimiento en medio PDA.

También se realizaron observaciones macroscópicas con la ayuda de un microscopio óptico y una lupa estereoscópica, dentro de las características consideradas estuvieron: crecimiento de la colonia, color del micelio, tinción de la placa agarificada, producción de pústulas, formación de anillos concéntricos, producción de masas de conidios agregados.

En cuanto a las observaciones microscópicas se prepararon láminas portaobjetos con azul de algodón, se utilizó un microscopio marca Lieders® con lente de inmersión (100X), se tomaron, con el uso de la cámara de Neubauer, las dimensiones de las estructuras fúngicas de valor taxonómico como son: longitud, ancho y forma de las células conidiógenas o fiálides, diámetro, forma, color y ornamentación de los conidios, número de fiálides por verticilos, el tipo y medición del conidióforo, presencia de fiálides intercaladas, presencia de extensiones fértiles e infértiles.

Obtención de los hongos fitopatógenos

Los aislamientos de *F. verticillioides* Sheldon y *R. solani* Kühn fueron colectados de plantas de maíz y *M. phaseolina* (Tassi) Goid de plantas de caraota, provenientes de los municipios Zamora y Libertador del estado Aragua (Cuadro 2).

Estas muestras fueron llevadas al laboratorio, se separó la parte basal del tallo de cada planta y se lavaron estas secciones con agua corriente, luego se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3% por un lapso de 2 min, se secaron con

papel absorbente y posteriormente se cortó cada sección del tallo en trozos muy pequeños que se sembraron en medio de cultivo PDA bajo condiciones de cámara de aislamiento.

Las placas donde se colocaron las secciones del material vegetal se llevaron a incubación a temperatura de 28 °C por un lapso de 48 h, luego se tomaron las colonias típicas y se colocaron en otras placas con PDA, esto con el propósito de obtener cepas puras.

Se realizaron las pruebas de patogenicidad correspondiente para cada patógeno con la finalidad de comprobar los postulados de Koch, para ello se utilizaron 20 plantas sanas de los cultivos: maíz (Híbrido H-4005) y caraota (variedad Tacarigua), de 20 días de crecimiento en sustrato estéril, dejando cinco plantas de cada cultivo como testigo.

Evaluación del mecanismo de antibiosis de *Trichoderma* spp. sobre fitopatógenos (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium verticillioides*, *Macrophomina phaseolina*)

Para demostrar la presencia de metabolitos secundarios, los aislamientos fueron cultivados en envases de vidrio de 2 l de capacidad, los cuales contenían medio de cultivo líquido papa – dextrosa. Se inoculó un disco de 0,5 mm de diámetro, procedente de medio de cultivo con cada aislamiento de 72 h de crecimiento, la reproducción se efectuó de forma estática a temperatura 28 °C por un período de 15 d, una vez cumplido este tiempo se procedió a filtrar cada aislamiento con papel de filtro de 100 µm y se centrifugó a 4000 rpm por 15 min; el sobrenadante fue filtrado utilizando filtros milipore de 0,22 µm.

Cuadro 2. Procedencia de los aislamientos patógenos.

Nombre del aislamiento	Procedencia
<i>Fusarium verticillioides</i>	El Pao, estado Aragua
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Tucutunemo, estado Aragua
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tucutunemo, estado Aragua

Evaluación de inhibición de patógenos

Los filtrados de cada aislamiento se enriquecieron con 5 g de dextrosa por litro de solución, después se pasó una alícuota de 150 ml a envases de vidrio de 200 ml de capacidad de cada solución perteneciente a cada aislamiento de *Trichoderma* spp. y en ella se colocó un disco colonizado por los hongos patógenos (*R. solani*, *M. phaseolina* y *F. verticillioides*). Cada uno de los patógenos evaluados de manera similar como se indicó previamente, se inocularon en una solución control (cultivo líquido papa-dextrosa, sin filtrados de *Trichoderma* spp.). Los tratamientos indicados previamente y el control se incubaron a 28 °C por un período de 15 días, luego se extrajo la masa micelial desarrollada que fue secada en una estufa a 30 °C por 3 días, se pesó y se calculó el porcentaje de inhibición de masa micelial de cada patógeno (PIM).

El PIM se determinó utilizando la ecuación de J. M. Vincent, empleada por Latiegue (1990).

$$\text{PIM} = 100 (C - T)/C \quad (1)$$

donde:

C: crecimiento micelial del control.

T: crecimiento micelial del tratamiento.

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con cinco repeticiones, donde cada aislamiento antagonista (06141, 06143, 06146, FTSC05 y Samán Mocho) se consideró como un tratamiento, los análisis se realizaron por la vía paramétrica para analizar la varianza (ANAVAR), utilizando el Programa Statistix 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de las cepas de *Trichoderma* spp. utilizadas

Se logró identificar los aislamientos de *Trichoderma* spp. utilizando los criterios de identificación taxonómica y tomando en consideración las características fundamentales descritas por Bissett (1991a,b,c); Rifai (1969). La descripción detallada se presenta en este volumen (Salazar *et al.*, 2012).

Evaluación de inhibición de masa micelial

El análisis de la varianza mostró valores significativos entre los tratamientos, se reflejó que los aislamientos de *Trichoderma* spp. obtuvieron un comportamiento diferente en cuanto a la capacidad de inhibir el desarrollo micelial de los patógenos evaluados.

En la Figura 1, se observa que las pruebas de medias arrojaron tres grupos estadísticos (a, ab y b), donde los aislamientos 06141 *T. crassum* y 06143 *T. harzianum* correspondieron al grupo "a", FTSC05 *T. harzianum* y Samán Mocho *T. longibrachiatum* al grupo "ab" y el 06146 *T. harzianum* al grupo "b".

Los aislamientos 06141 *T. crassum* y 06143 *T. harzianum* produjeron un mayor porcentaje de inhibición de masa sobre *F. verticillioides* con valores de 89,83% y 89,77%, respectivamente, mientras que 06146 *T. harzianum* produjo el menor porcentaje de inhibición de masa con un valor de 76,64%.

El efecto de los diferentes aislamientos de *Trichoderma* spp. sobre *R. solani* se puede apreciar en la Figura 2; FTSC05 *T. harzianum* y 06141 *T. crassum* (grupo "a") indujeron un mayor porcentaje de inhibición de masa a este hongo, con valores de 97,94 y 97,56% de PIM, respectivamente.

Asimismo, *T. longibrachiatum* Samán Mocho produjo un 94,74% de inhibición de masa (grupo "ab") y 06143 y 06146 perteneciente a *T. harzianum* produjeron un menor porcentaje (grupo "b") siendo estos valores de 90,54 y 88,19%, respectivamente.

En lo que respecta al efecto de los diferentes aislamientos de *Trichoderma* spp., sobre *M. phaseolina*, se puede observar en la Figura 3 cuatro grupos (a, ab, bc y c). El mayor porcentaje de inhibición de masa lo produjo FTSC05 *T. harzianum* (97,08%), seguido por 06141 *T. crassum* y 06143 *T. harzianum* (96,03% y 95,51%, respectivamente), el aislamiento 06146 *T. harzianum* (88,17); Samán Mocho *T. longibrachiatum* (83,54%) que ocasionó menor porcentaje de inhibición sobre el patógeno.

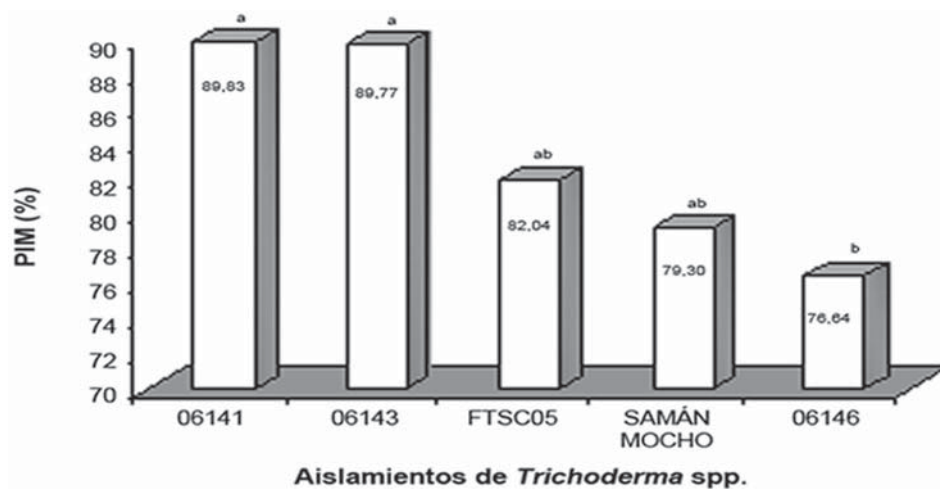


Figura 1. Porcentaje de inhibición micelial de *Fusarium verticillioides* por especies de *Trichoderma* spp.

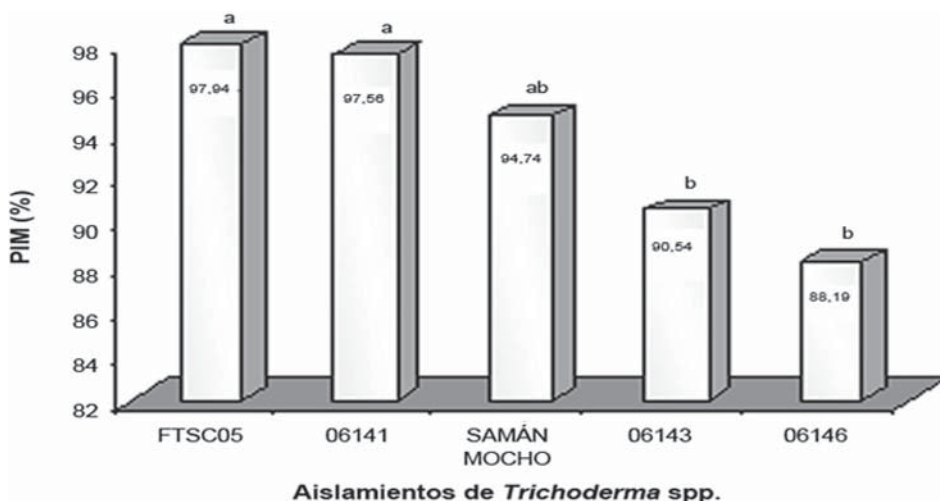


Figura 2. Porcentaje de inhibición de masa sobre *Rhizoctonia solani*.

El desarrollo micelial de los patógenos evaluados fue mayor cuando estos fueron sembrados en medio caldo papa dextrosa (control), pudiéndose evidenciar, además, el desarrollo de estructuras de resistencia como son esclerocios y microesclerocios para el caso de *R. solani* y *M. phaseolina*, respectivamente; a diferencia de los tratamientos (medio enmendado con los metabolitos secundarios de los aislamientos de *Trichoderma* spp.) donde hubo poca a escasa producción de micelio por parte de los patógenos evaluados (Figuras 4, 5 y 6).

El aislamiento que presentó mejor control en promedio de todos los patógenos evaluados fue el 06141 perteneciente a *T. crassum* (94,47%), seguido de 06143 *T. harzianum* (92,35%), FTSC05 *T. harzianum* (91,94%), Samán Mocho *T. longibrachiatum* (85,86 %) y 06146 *T. harzianum* (84,33%), siendo estos promisorios para el control biológico. Queda demostrado el efecto de los metabolitos secundarios pertenecientes al género *Trichoderma* spp. para la inhibición micelial de los tres aislamientos fitopatógenos evaluados.

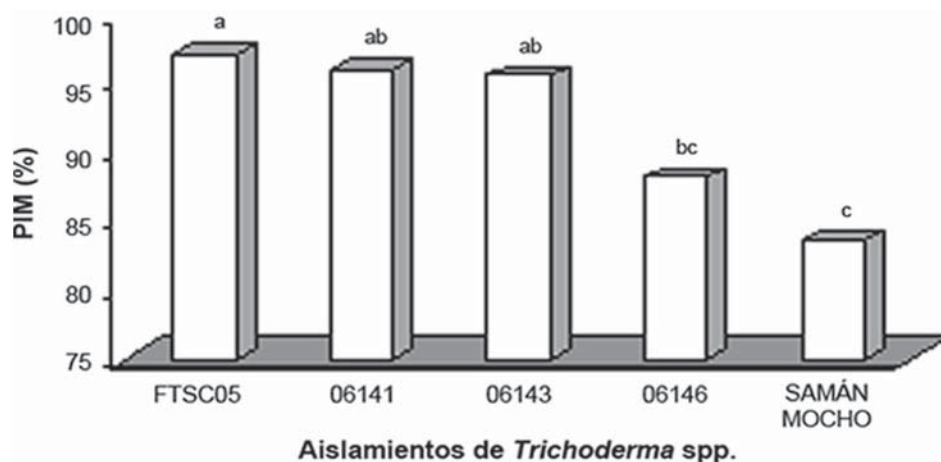


Figura 3. Porcentaje de inhibición de masa sobre *Macrophomina phaseolina*.

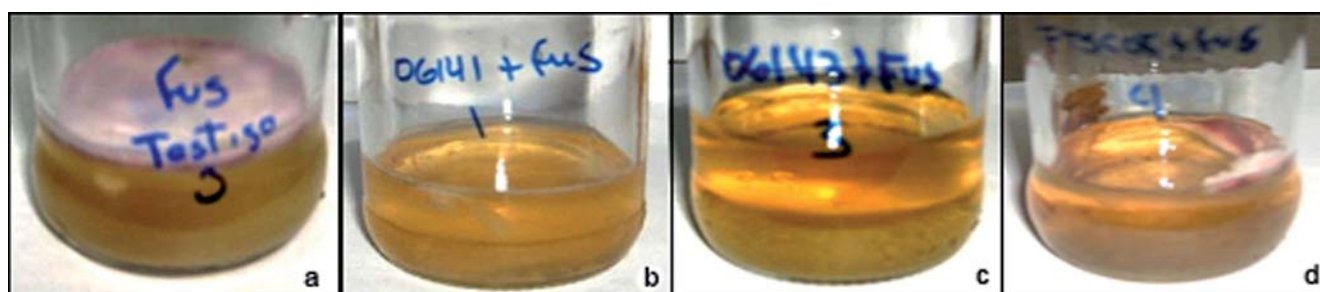


Figura 4. Inhibición del crecimiento de la masa micelial en colonias de *Fusarium verticillioides* por *Trichoderma* spp.; a) control (colonia del hongo patógeno creciendo en PDA); b) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamiento 06141 *T. crassum*; c) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamiento 06143; d) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamiento FTSC05 *T. harzianum*.

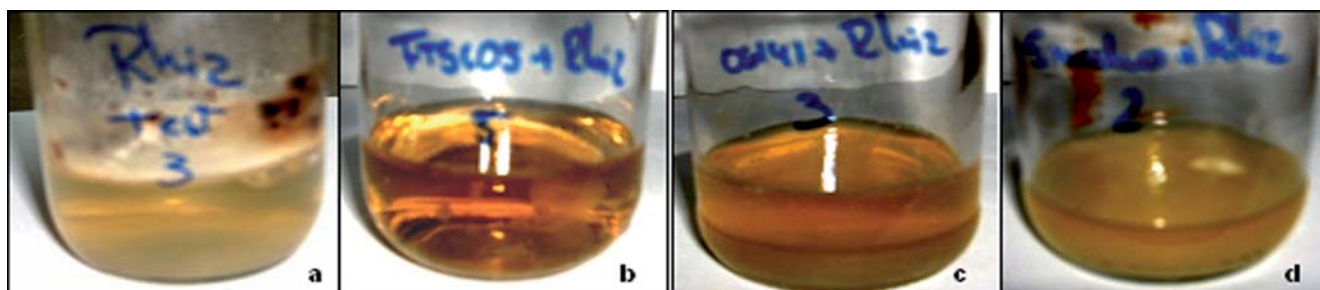


Figura 5. Inhibición del crecimiento de la masa micelial en colonias de *Rhizoctonia solani* por *Trichoderma* spp.; a) control (colonia del hongo patógeno creciendo en PD); b) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamientos FTSC05 *T. harzianum*; c) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamientos 06141 *T. crassum*; d) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamientos Samán Mocho *T. longibrachiatum*.

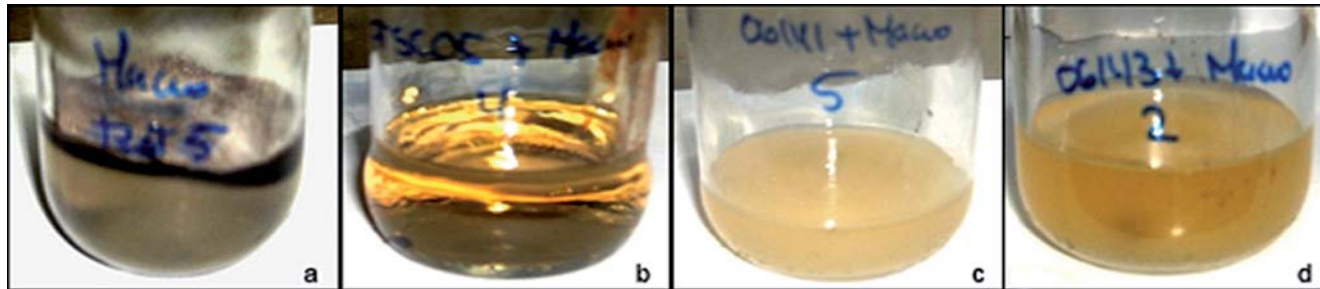


Figura 6. Inhibición del crecimiento de la masa micelial en colonias de *Macrophomina phaseolina* por *Trichoderma* spp.; a) control (colonia del hongo patógeno creciendo en PD); b) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamiento FTSC05 *T. harzianum*; c) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamiento 06141 *T. crassum*; d) colonia del hongo patógeno creciendo sobre filtrado activo de aislamiento 06143 *T. harzianum*.

Estos resultados revisten gran importancia debido a que son pocas las investigaciones relacionadas a este tópico; por tanto, a continuación señalamos estudios similares donde se evaluó la actividad antagonista de una cepa de *Trichoderma* spp. nativa y una comercial de *T. harzianum*, frente a tres aislados de *Alternaria solani*; sobre la base de crecimiento micelial y el efecto metabólico.

Se observó que las cepas de *Trichoderma* spp. mostraron un alto efecto antagonista frente a *A. solani*, tanto en forma micelial como metabólica, destacándose la cepa nativa que ejerció un efecto antagonista significativamente superior ($P \leq 0,05$) a la comercial (González *et al.*, 1994).

Asimismo, otros autores señalan que la actividad antagonista de aislamientos nativos *in vitro* de *Trichoderma* spp. y *Aspergillus* sp., contra *Colletotrichum falcatum* en muchos casos tienen alto poder antagonista y que son promisorios para el uso en el control biológico de patógenos del suelo (Alfonso y Cruz, 1987).

Stefanova (1999) señaló que los metabolitos producidos por las cepas de *Trichoderma* spp. provocaron un desarrollo micelial menos denso y reducción del tamaño de la colonia de *Phytophthora nicotianae* en comparación con el testigo. La cepa A-86 aislada de *T. viride* produjo un efecto fungistático notable sobre el hongo fitopatógeno.

Bonnarme *et al.* (1997) determinaron la presencia de una lactona volátil, 6-pentyl alfa pirona, con fragancia a coco, como metabolito principal de *T. viride*, el cual tiene efecto antagonista con relación a una gran cantidad de hongos fitopatógenos de interés agrícola.

CONCLUSIONES

Los filtrados de los aislamientos estudiados de *Trichoderma* spp. mezclados con el medio de cultivo, limitaron el crecimiento de las especies fitopatógenas por la presencia de metabolitos biológicamente activos, demostrándose de esta manera la capacidad de producir metabolitos con actividad antibiótica por parte de las cepas antagonistas.

Samán Mocho *T. longibrachiatum* y 06143 *T. harzianum*, fueron los aislamientos que ejercieron mejor control en cuanto a la evaluación de los filtrados no volátiles en los patógenos evaluados, oscilando los valores desde 95,73 hasta 96,9% de inhibición de crecimiento.

Los mayores porcentajes de inhibición de masa micelial fueron obtenidos a partir de los filtrados de los aislamientos FTSC05 *T. harzianum*, 06141 *T. crassum* y 06143 *T. harzianum*, con un valor de PIM que varió desde 82,04 hasta 97,94%.

LITERATURA CITADA

- Alfonso, F. y B. Cruz. 1987. Actividad antagónica *in vitro* de *Trichoderma* sp. y *Aspergillus* sp., contra *Colletotrichum falcatum*. Protección Vegetal. 2(2):119-124.
- Baker, R. 1990. An overview of current and future strategies and models for biological control. **In:** Biological control of Soil-borne Plant Pathogens. Redw. Press. Melksham. Wiltshire. Hornby D (ed.). pp. 375-388.
- Bissett, J. 1991a. A revision of the genus *Trichoderma* II: Intrageneric classification. Canadian Journal of Botany. 69(11):2.357-2.372.
- Bissett, J. 1991b. A revision of the genus *Trichoderma* III: Section Pachybasium. Canadian Journal of Botany. 69(11):2.373-2.414.
- Bissett, J. 1991c. A revision of the genus *Trichoderma* IV: Additional notes on section Longibrachiatum. Canadian Journal of Botany. 69(11):2.418-2.420.
- Bonnarme, P., A. Djian, A. Latrasre, G. Feron, C. Ginies, A. Durand and J. L. Le Querre. 1997. Production of 6-pentyl-alfa-pyrone by *Trichoderma* spp., from vegetable oils. Journal of Biotechnology. 56(2):143-150.
- Goldman, G., C. Hayes y G. Harman. 1994. Molecular and Cellular biology of biocontrol by *Trichoderma* spp. TIBTECH. 12(12):478-482.
- González Salgado, C., A. Puertas Arias, M. Fonseca Flores, E. Suárez Soto y R. Blaya Gómez. 1994. Actividad antagónica de *Trichoderma* sp. aislada de un suelo de la provincia Granma, Cuba frente a *Alternaria solani* Sor. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16(2):167-173.
- Latiegui, A. 1990. *Trichoderma harzianum*. Rifai. como antagonista de *Slerotium rolfsii* Sacc., agente causal de pudrición basal de la caraota (*Phaseolus vulgaris* L.). Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto. Venezuela. 61 p.
- Pezet, R., V. Pont and R. Tabacchi. 1999. Simple analysis of 6-Pentyl-alpha-pyrone, a mayor antifungal metabolite of *Trichoderma* spp., useful for testing the antagonistic activity of these fungi. Phytoch. Annal. 10:285-288.
- Reyes, G. y C. Franco. 2006. Producción Biotecnológica de sabores, pigmentos y aromas a partir de hongos miceliales y levaduras. Universitas Scientiarum. Revista de la Facultad de Ciencias. Bogota, Colombia. 11(2):23-30.
- Rifai, M. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. Mycological Papers 116. pp. 1-56
- Salazar, L. A., G. Y. Aponte, M. de J. Alcano, N. H. Sanabria y J. J. Guzmán, J. 2012. Importancia de las especies de *Trichoderma* para el control de *Macrophomina phaseolina* en las áreas agrícolas del estado Aragua, Venezuela. Agronomía Trop. 62(1 - 4):7-15.
- Stefanova, M., A. Leiva, L. Larrinaga y M. F. Coronado. 1999. Actividad metabólica de cepas de *Trichoderma* spp., para el control de hongos fitopatógenos del suelo. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 16:509-516.
- Taylor, A. 1986. Some aspects of the chemistry and biology of the genus *Hipocrea* and its anamorphs, *Trichoderma* and *Gliocladium*. Proc. Nova Scotia Institute Science. 36(1):27-58.

Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela

Importance value index, diversity and floristic similarity of woody species in three ecosystems of the llanos centrales of Venezuela

Pedro E. Soler¹, José L. Berroterán², José L. Gil³ y Rafael A. Acosta³

¹Profesor. Universidad Rómulo Gallegos (UNERG). San Juan de los Morros 2301, Guárico. Venezuela.

²Profesor. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Ciencias. Caracas 1053, Distrito Capital. Venezuela.

³Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP e INIA Guárico). Venezuela.

Correos electrónicos: pedrosoler75@hotmail.com, berroteranjil@gmail.com, jgil@inia.gob.ve

RESUMEN

Con el objeto de analizar la vegetación leñosa de un bosque decíduo tropical, un arbustal y una sabana arbolada, ubicados en los llanos altos centrales de Venezuela, se delimitaron dos áreas muestrales de 400 m² por tipo de vegetación con cuatro parcelas de 100 m² cada una, donde se censaron las plantas con diámetro a la altura del pecho ≥ 1 cm. La composición florística se determinó mediante el índice valor de importancia (IVI), la similaridad mediante el índice de Jaccard y la diversidad y equitatividad mediante los índices de Shannon-Weaver y Simpson. Según el IVI, en el bosque las especies más importantes fueron *Bourreria cumanensis* (59,9), *Arrabidaea pubescens* (37,2), *Myrospermun frutescens* (22,8), *Randia spinosa* (21,7) y *Guazuma ulmifolia* (19,9); en el arbustal *Combretum fruticosum* (60,2), *Mimosa tenuiflora* (41,3), *Guettarda divaricata* (38,3) y *Arrabidaea pubescens* (34,4); en sabana *Byrsonima crassifolia* (74,8), *Casearia zzyphoides* (57,2) y *Curatella americana* (50,1). En la vegetación de bosque, arbustal y sabana, la diversidad de Shannon fue 2,55; 2,02 y 2,09 y Simpson 8,7; 5,30 y 5,18. La equitatividad fue 0,80; 0,72 y 0,71 en Shannon y 0,37; 0,32 y 0,28 en Simpson. La similaridad entre bosque y arbustal fue 0,39; entre arbustal y sabana 0,21 y entre bosque y sabana 0,18. El bosque fue el más equitativo al presentar un número menor de especies dominantes. La similaridad florística fue baja en todos los casos, la mayoría de las especies presentes en el bosque no se encontraron en la sabana.

Palabras clave: llanos altos centrales, arbustal, bosque, sabana, vegetación leñosa, vegetación nativa.

ABSTRACT

With the objective to analyze the woody vegetation of a deciduous tropical forest, a shrubland, and a wooded savanna located at the high central plains of Venezuela, two sampling areas of 400 m² were delimited by vegetation type, with four plots of 100 m² each, where a census of plants with diameter at breast height ≥ 1 cm was taken. The floristic composition was determined by the importance value index (IVI), the similarity, using the Jaccard index, and the diversity and evenness using the Shannon-Weaver and Simpson indexes. According to IVI, the most important forest species were *Bourreria cumanensis* (59.9), *Arrabidaea pubescens* (37.2), *Myrospermun frutescens* (22.8), *Randia spinosa* (21.7), and *Guazuma ulmifolia* (19.9). In the shrubland, *Combretum fruticosum* (60.2), *Mimosa tenuiflora* (41.3), *Guettarda divaricata* (38.3), and *Arrabidaea pubescens* (34.4), and at the savanna, *Byrsonima crassifolia* (74.8), *Casearia zzyphoides* (57.2), and *Curatella americana* (50.1). In the forest, shrubland and savanna, Shannon diversity indexes were 2.55, 2.02, and 2.09, respectively, while Simpson were 8.7, 5.30 and 5.18. The evenness were 0.80, 0.72 and 0.71 for Shannon and 0.37, 0.32 and 0.28 for Simpson. The index of similarity between forest and shrubland was 0.39, between shrubland and savanna 0.21, and between forest and savanna 0.18. Vegetation was very heterogeneous in terms of diversity. The forest was the most equitable, because had fewer dominant species. The floristic similarity was low in all cases. Most forest species did not occur in the savanna.

Key words: high central plains, forest, native vegetation, savanna, shrubland, woody vegetation.

INTRODUCCIÓN

La vegetación de los llanos venezolanos está constituida por una mezcla de elementos florísticos y un interesante mosaico de diferentes tipos de vegetación (bosques, sabanas y arbustales), lo que está asociado con el paisaje, las características del suelo y las relaciones hídricas. La región de los llanos de Venezuela abarca una extensión de 237.000 km², representando el área con mayor potencialidad para la producción agropecuaria nacional y con la más alta superficie de la zona de vida del bosque seco tropical (Berroterán, 1994).

Según Fudena (2003), la flora vascular de los llanos comprende 3.137 especies agrupadas en 185 familias y 1.092 géneros, lo que representa el 22,3% de la flora total del país. El bosque seco tropical es muy heterogéneo en cuanto a la diversidad de especies vegetales (Ewel *et al.*, 1976). La composición florística varía para cada estrato y dentro de éste, pueden existir varias asociaciones estrechamente relacionadas (Berroterán, 1994; Baldizán, 2004). La presencia de especies exclusivas, se puede relacionar con facilidades competitivas en condiciones favorables y limitaciones de adaptabilidad y competencia ínter específica en cada estrato (Berroterán, 1994). En el bosque decíduo tropical existe una gran diversidad de familias botánicas, entre las que destacan Mimosaceae, Fabaceae, Caesalpinaceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Flacourtiaceae y Malvaceae (Baldizán *et al.*, 2006).

Berroterán (1994) indica que los bosques deciduos presentan bajos índices de similitud con las asociaciones florísticas de matorrales y sabanas. Las asociaciones de las sabanas poco arboladas presentan baja similitud con todas las demás asociaciones florísticas a excepción del matorral ralo. Sin embargo, en estos ecosistemas se han identificado una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas con alto potencial para la alimentación animal en sistemas silvopastoriles, o como bancos de proteína en diferentes zonas y condiciones edafoclimáticas.

En algunos bosques del llano alto, se observan especies de valor forrajero, tales como el cují (*Acacia macracantha*), quiebra jacho (*Chloroleucon*

mangense), dividivi (*Caesalpinia coriaria*), palma (*Copernicia tectorum*), cañafistola (*Senna atomaria*), guácimo (*Guazuma tomentosa*) y caro-caro (*Enterolobium cyclocarpum*), que conforman el 76% del total de los elementos arbóreos de la comunidad vegetal (Casado *et al.*, 2001).

El área de los llanos altos centrales venezolanos es una zona de alta relevancia para la economía del país, de allí su importancia para el estudio de su vegetación, sobre todo en los actuales momentos, cuando el uso de tecnologías para la producción de monocultivos está introduciendo cambios susceptibles de generar el deterioro general de los sistemas. En este sentido, es necesario conocer y analizar la composición florística de esta importante región del país en función de establecer algunas estrategias mínimas de funcionamiento y sostenibilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la subregión natural de los llanos altos centrales de Venezuela, ubicada en la zona de vida, denominada bosque seco tropical, en las coordenadas 9° 14' 6" y 9° 19' 57" N y entre 67° 1' 52" y 66° 58' 44" O con una altitud de 180 m s. n. m. Políticamente, el área comprende el municipio Mellado del estado Guárico, a 12 km de la población El Sombrero, corresponde a una altiplanicie disectada con relieve suavemente ondulado a ondulado, con formaciones de bosque estacional y sabanas bien drenadas. Los suelos presentan textura gruesa, con niveles medios de materia orgánica (31 g kg⁻¹) y pH moderadamente ácido (5,7) en el bosque y fuertemente ácido (5,2) en el arbustal y la sabana.

La zona presenta un clima tropical estacional subhúmedo (Mogollón y Comerma, 1994) con mesoclima semiárido, precipitación media anual de 1.085 mm con variaciones desde 616 hasta 2.200 mm. Comprende un período húmedo desde mayo a noviembre y un período seco desde diciembre hasta abril, con pedoclima de régimen ústico (López, 1993). La temperatura anual promedio es 27,2 °C con máxima de 34,2 °C y mínima de 21,0 °C. La humedad relativa promedio es 72% con mínima de 47 a 51% en los meses de marzo y abril y máxima

de 83 a 87% en los meses húmedos de julio y agosto (Berroterán, 1994).

El estudio de la vegetación leñosa de las comunidades de bosque, arbustal y sabana arbolada, se realizó mediante la descripción de áreas muestrales, haciendo un análisis cuantitativo y cualitativo de la composición, diversidad y similaridad florística de los ecosistemas.

Se delimitaron dos áreas muestras por tipo de vegetación de 400 m² (40 x 10 m) cada una, divididas en cuatro parcelas de 100 m², ubicadas en áreas que se consideraron representativas de la fisonomía de la vegetación. Se censaron todos los individuos con diámetro a la altura del pecho (dap) ≥ 1 cm.

Composición florística

La composición florística se determinó mediante la cuantificación del índice valor de importancia (IVI) de las especies; este consiste en la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia y dominancia e indica la importancia ecológica relativa de las especies de plantas en una comunidad (Curtis, 1959; Finol, 1971, 1976; Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Matteucci y Colma, 1982). Los parámetros utilizados fueron los siguientes:

Índice de valor de importancia (IVI):

$$IVI_i = A_i + D_i + F_i$$

$i = \text{especies de la comunidad, } 1 \dots n$

Abundancia: número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad:

Abundancia (A):

$$A_i = N_i / S$$

$$AR_i = (A_i / \sum A_i) * 100$$

$i = 1 \dots n$

Donde AR = abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, N_i = número de individuos de la especie i , S = superficie (ha) e i = especies de la comunidad, $1 \dots n$

Dominancia: una especie es dominante cuando tiene una gran influencia sobre la composición y forma de la comunidad. Son especies de gran éxito ecológico y relativamente abundante dentro de la comunidad.

Dominancia (D):

$$D_i = Ab_i / S$$

$$DR_i = (D_i / \sum D_i) * 100$$

$i = 1 \dots n$

Donde Ab = sección del fuste a 1,3 m de altura (m²), DR = dominancia (densidad) relativa de la especie i respecto de la dominancia total de la comunidad, i = especies de la comunidad, $1 \dots n$ y S = superficie (ha).

Frecuencia: es el número de veces que una especie se presenta en una cantidad dada en parcelas o puntos de muestreo. Se evaluó la contribución de cada especie a la constitución de la comunidad mediante la fórmula:

$$FC_i = n_i / \sum n_i * 100, \text{ donde:}$$

FC = frecuencia centesimal de la especie i ,
 n_i = número de unidades de muestreo donde se encuentra la especie i y $\sum n_i$ = sumatoria del número de unidades de muestreo en las que encuentra la especie i .

Diversidad de especies

Luego de identificar las especies en cada tipo de vegetación, fueron calculados los índices de diversidad más comúnmente utilizados en ecología: Shannon-Wiener (H) y Simpson (D), así como Hill (1973) señala los correspondientes índices de equitatividad (J y E). La diversidad como valor único combina los parámetros de riqueza específica y equitatividad, factores fundamentales que definen la diversidad de una comunidad.

El índice de Shannon-Wiener considera no sólo el número de especies sino su representación (cuantos individuos por especie). Este índice requiere que todas las especies estén representadas en la muestra y es muy susceptible a la abundancia (Magurran, 1988). La mayor limitante es que no contempla la distribución de las especies en el espacio.

El índice de Shannon-Wiener (H) procede de la teoría de la información y mide la diversidad como:

$$H = -\sum p_i \cdot \ln(p_i)$$

$p_i = n_i / N$

Donde n_i es el número de individuos de la especie i y N es la abundancia total de las especies.

El valor de H se encuentra acotado entre 0 y $\ln(s)$, tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad. La riqueza específica se midió como el número de especies presentes en una comunidad y la equitatividad como la abundancia de la especie dominante (Magurran, 1988), según la fórmula: equitatividad (J) = $H/H_{\text{máx}} = H/\ln s$. La equitatividad se acerca a cero cuando una especie domina sobre todas las demás en la comunidad y se acerca a 1 cuando todas las especies comparten abundancias similares.

El índice de Simpson varía inversamente con la heterogeneidad; por ejemplo, los valores del índice decrecen o aumentan según aumente o decrezca la diversidad. Es en realidad un índice de dominancia, sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total.

El índice de Simpson (D) mide la diversidad como $D = \sum 1/(p_i^2)$. El valor de D se encuentra acotado entre 0 y s , tiende a cero en comunidades poco diversas, y es igual a la riqueza específica (s) en comunidades de máxima equitatividad ($E = \sum 1/(s * p_i^2)$).

Similaridad florística

La similaridad florística de las comunidades de bosque, arbustal y sabana, se evaluó mediante el índice de Jaccard (J), modificado por Ellenberg (1956), que es exclusivamente cualitativo y no considera el grado de participación de cada especie en la dominancia ecológica, donde el valor más cercano a 1 indica mayor semejanza (Magurran, 1988).

Este índice se define mediante la ecuación:

Índice de Jaccard:

$$J_{ij} = C / S_1 + S_2 - C$$

Donde:

S_1 = N° de especies presentes en la zona 1

S_2 = N° de especies presentes en la zona 2

C = N° de especies que están presentes en las dos muestras.

Como se puede observar es el cociente de la intersección entre la suma de todo lo no común. Es al contrario del índice de inclusión, un índice simétrico, y como aquel, sus valores oscilan entre 0 y 1. Cuando la intersección es nula, $J_{ij} = 0$, y cuando los conjuntos son idénticos, $J_{ij} = 1$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística

En el área estudiada se identificaron 54 especies pertenecientes a 48 géneros y 26 familias. Se observó la dominancia de las familias Fabaceae (14,8%), Caesalpiniaceae (14,8%), Mimosaceae (11,1%), Rubiaceae (7,4%), Bignoniaceae (5,6%), Malpighiaceae (5,6%) y Boraginaceae (5,6%). El 65% de las especies pertenecen a siete familias, el resto (35%) a 19 familias representadas por una especie cada una (ver Figura).

La tendencia a concentrar en pocas familias una alta proporción de especies, también fue observada en la misma zona por Berroterán (1994) y Baldizán *et al.* (2006), lo cual indica que la riqueza de especies incide directamente en la dominancia de las familias de plantas (Gallegos *et al.*, 2002; Granda y Guamán, 2006).

En el bosque las especies de mayor IVI fueron *Bourreria cumanensis*, *Arrabidaea pubescens*, *Myrospermum frutescens*, *Randia spinosa*, *Guazuma ulmifolia* y *Guettarda divaricata* con valores de 59,9; 37,2; 22,8; 21,7; 19,9 y 17,7, respectivamente. Estas seis especies sumaron 60% del total del IVI. Otras siete especies tuvieron un valor de importancia entre 13 y 6,8; mientras que 21 (64%) especies reportaron un IVI entre 5,5 y 0,8. En muchas de estas especies, alrededor del 24% de los individuos del bosque, presenta una tendencia notable de baja abundancia y frecuencias relativas (Cuadro 1).

Como se muestra en el Cuadro 2, en el arbustal las especies con el mayor IVI fueron *Combretum fruticosum* (60,2), *Mimosa tenuiflora* (41,3), *Guettarda divaricata* (38,3) y *Arrabidaea pubescens* (34,4). Estas cuatro especies fueron las más importantes con 58% del total del IVI.

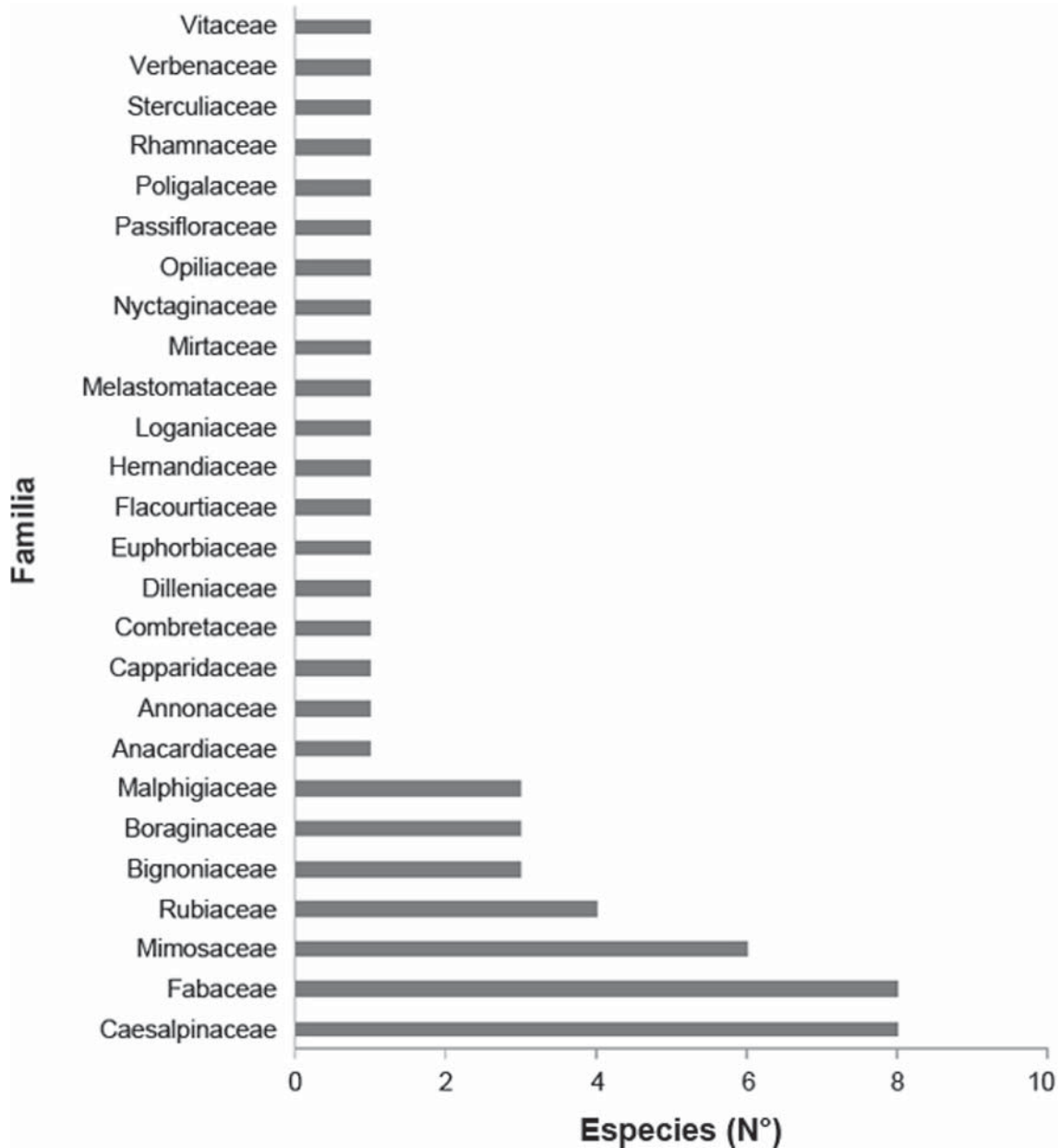


Figura. Composición florística de la vegetación leñosa.

Otras especies como *Senna atomaria*, *Caesalpinia coriaria*, *Platymiscium pinnatun* y *Bahuinia megalandra* presentaron un valor de importancia entre 25,1 y 15,3. El resto (65% de las especies) presentaron valores muy bajos entre 0,5 y 10,2.

En el Cuadro 3 se puede observar que en la sabana arbolada, las especies de mayor IVI

fueron *Byrsonima crassifolia* (74,8), *Casearia zzyphoides* (57,2) y *Curatella americana* (50,1). Estas tres especies sumaron 60,6% del total del IVI. Otro 22,4% correspondió a cinco especies de menor importancia: *Godmania macrocarpa* (17,1), *Randia spinosa* (15,1), *Miconia albicans* (12,1), *Arrabidaea pubescens* (11,7) y *Strychnos fendleri* (11,1). Las restantes 16 especies (67%), presentaron valores entre 0,5 y 8,5.

Cuadro 1. Índice del valor de importancia de las especies presentes en la vegetación de bosque.

Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
	----- % -----			
<i>Bourreria cumanensis</i>	28,1	18,0	13,8	59,9
<i>Arrabidaea pubescens</i>	6,4	17,0	13,8	37,2
<i>Myrospermum frutescens</i>	10,1	9,1	3,6	22,8
<i>Randia spinosa</i>	1,8	8,9	11,0	21,7
<i>Guazuma ulmifolia</i>	12,3	5,6	2,0	19,9
<i>Guettarda divaricata</i>	3,4	6,3	8,0	17,7
<i>Pisonia macranthocarpa</i>	2,8	2,8	7,4	13,0
<i>Phitecellobium tortum</i>	2,6	2,3	7,8	12,7
<i>Casearia zyzyphoides</i>	1,4	2,1	5,5	9,0
<i>Bumchosia columbica</i>	1,1	4,3	2,2	7,6
<i>Pterocarpus podocarpus</i>	5,4	0,8	0,9	7,1
<i>Caesalpinia coriaria</i>	2,7	0,8	3,4	6,9
<i>Caesalpinia mollis</i>	3,9	1,9	1,0	6,8
<i>Cordia alliadora</i>	1,3	2,4	1,8	5,5
<i>Combretum fruticosum</i>	1,1	2,1	2,1	5,3
<i>Platymiscium pinnatum</i>	1,0	1,8	2,0	4,8
<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	1,6	1,2	1,9	4,7
<i>Acacia macracantha</i>	2,3	0,7	0,5	3,5
<i>Bahuinia megalandra</i>	0,2	1,4	1,5	3,1
<i>Centrolobium orinocense</i>	2,1	0,5	0,5	3,1
<i>Gyrocarpus americanus</i>	2,1	0,5	0,5	3,1
<i>Passiflora</i> sp	0,8	0,7	1,6	3,1
<i>Capparis flexuosa</i>	0,1	0,9	1,6	2,6
<i>Piscidia guaricencis</i>	1,6	0,5	0,5	2,6
<i>Tapirira manchandii</i>	1,8	0,4	0,4	2,6
<i>Machaerium arboreum</i>	0,2	1,2	0,9	2,3
<i>Jatropha curcas</i>	0,4	1,2	0,5	2,1
<i>Senna atomaria</i>	0,2	0,8	0,9	1,9
<i>Tabebuia chysantha</i>	0,0	0,9	0,8	1,7
<i>Pithecellobium dulce</i>	0,6	0,5	0,5	1,6
<i>Securidaca diversifolia</i>	0,1	1,1	0,4	1,6
<i>Gissus sicyoides</i>	0,4	0,7	0,4	1,5
<i>Banisteriopsis cornifolia</i>	0,2	0,3	0,4	0,9
<i>Godmania macrocarpa</i>	0,0	0,4	0,4	0,8

Cuadro 2. Índice del valor de importancia de las especies presentes en la vegetación de arbustal.

Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
	----- % -----			
<i>Combretum fruticosum</i>	21,7	25,1	13,4	60,2
<i>Mimosa tenuiflora</i>	17,9	13,0	10,4	41,3
<i>Guettarda divaricata</i>	16,1	15,5	6,7	38,3
<i>Arrabidaea pubescens</i>	8,2	12,8	13,4	34,4
<i>Senna atomaria</i>	11,3	7,9	5,9	25,1
<i>Caesalpinia coriaria</i>	5,9	3,3	11,6	20,8
<i>Platymiscium pinnatun</i>	4,5	4,5	9,9	18,9
<i>Bahuinia megalandra</i>	6,5	5,4	3,4	15,3
<i>Godmania macrocarpa</i>	1,5	1,8	6,9	10,2
<i>Passiflora sp.</i>	1,1	2,3	4,0	7,4
<i>Annona jahnii</i>	1,0	1,6	3,4	6,0
<i>Banisteriopsis cornifolia</i>	0,0	2,6	2,7	5,3
<i>Machaerium arboreum</i>	0,5	1,0	1,3	2,8
<i>Acacia articulata</i>	0,9	0,6	1,0	2,5
<i>Bourreria cumanensis</i>	1,1	0,5	0,8	2,4
<i>Randia spinosa</i>	0,0	0,7	1,4	2,1
<i>Bumchosia columbica</i>	0,1	0,3	1,4	1,8
<i>Acacia glomerosa</i>	0,7	0,2	0,4	1,3
<i>Palicourea rigida</i>	0,3	0,3	0,7	1,3
<i>Caesalpinia granadillo</i>	0,2	0,2	0,4	0,8
<i>Cordia alliadora</i>	0,2	0,1	0,4	0,7
<i>Pterocarpus podocarpus</i>	0,1	0,2	0,4	0,7
<i>Genipa caruto</i>	0,0	0,1	0,4	0,5

Cuadro 3. Índice del valor de importancia de las especies presentes en la vegetación de sabana.

Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
	----- % -----			
<i>Byrsonima crassifolia</i>	42,9	20,4	11,5	74,8
<i>Casearia zyzyphoides</i>	12,6	33,1	11,5	57,2
<i>Curatella americana</i>	25,3	13,3	11,5	50,1
<i>Godmania macrocarpa</i>	0,7	7,1	9,3	17,1
<i>Randia spinosa</i>	0,0	3,6	11,5	15,1
<i>Miconia albicans</i>	3,0	4,1	5,0	12,1
<i>Arrabidaea pubescens</i>	2,2	2,8	6,7	11,7

.../... continúa Cuadro 3.

.../... continuación Cuadro 3.

Especie	Dominancia relativa	Abundancia relativa	Frecuencia relativa	IVI
	----- % -----			
<i>Strychnos fendleri</i>	1,9	2,6	6,6	11,1
<i>Agonandra brasiliensis</i>	3,8	1,5	3,2	8,5
<i>Cassia moschata</i>	0,8	1,6	3,7	6,1
<i>Bumchosia columbica</i>	0,1	1,5	4,2	5,8
<i>Securidaca diversifolia</i>	1,7	1,4	2,7	5,8
<i>Guettarda divaricata</i>	0,3	1,7	3,6	5,6
<i>Genipa caruto</i>	0,3	1,3	2,9	4,5
<i>Bowdichia virgiloides</i>	1,6	0,7	1,8	4,1
<i>Pisonia macranthocarpa</i>	0,8	1,0	1,2	3,0
<i>Annona jahnii</i>	0,2	0,7	0,7	1,6
<i>Lantana camara</i>	0,1	0,5	0,7	1,3
<i>Calliandra moritziana</i>	0,5	0,2	0,4	1,1
<i>Copaifera officinalis</i>	0,7	0,1	0,3	1,1
<i>Cordia colococca</i>	0,4	0,2	0,4	1,0
<i>Govania lupuloides</i>	0,1	0,3	0,3	0,7
<i>Psidium salutare</i>	0,0	0,3	0,3	0,6
<i>Machaerium arboreum</i>	0,0	0,2	0,3	0,5

Los resultados permiten afirmar que los ecosistemas de bosque, arbustal y sabana arbolada presentaron grandes diferencias en la importancia ecológica de las especies, tal es el caso de *Bourreria cumanensis* y *Arrabidaea pubescens* en el bosque; *Combretum fruticosum*, *Mimosa tenuiflora* y *Guettarda divaricata* en el arbustal y *Byrsonima crassifolia*, *Casearia zzyphoides* y *Curatella americana* en la sabana. Estas especies desempeñan un papel importante en la tipología de vegetación. Otras especies como *Arrabidaea pubescens* y *Guettarda divaricata* aparecieron con valores importantes en el bosque y el arbustal.

Los bajos valores del IVI en la mayoría de las especies indican que son especies de menor dominio florístico. Berroterán (1994) y Baldizán (2004) consideran que la composición florística varía para cada tipo de vegetación y dentro de estas pueden existir varias asociaciones estrechamente relacionadas. Se corrobora la

afirmación de Ewell *et al.* (1976) quienes señalan que el bosque seco tropical es muy heterogéneo en cuanto a la diversidad de especies botánicas.

Diversidad de especies

La diversidad en una comunidad vegetal se puede definir como un conjunto de especies, donde cada una se encuentra representada por cierta cantidad de individuos, es decir, cada especie tiene un valor de abundancia que la caracteriza (Begon *et al.*, 1996).

En el bosque, el arbustal y la sabana arbolada, se observaron 34, 23 y 24 especies representadas por 3158, 5010 y 6582 plantas ha⁻¹, respectivamente. En el bosque, las especies más abundantes fueron *Arrabidaea pubescens*, *Bourreria cumanensis*, *Myrospermum frutescens*, *Randia spinosa*, *Guettarda divaricata*, *Bumchosia columbica* y *Pisonia macranthocarpa*, con 575, 575, 413, 325, 200, 113 y 100 plantas ha⁻¹, respectivamente.

En el arbustal sobresalieron *Guettarda divaricata*, *Combretum fruticosum*, *Arrabidaea pubescens* y *Senna atomaria*, con 1100, 1038, 763 y 688 plantas ha⁻¹, respectivamente. En la sabana predominó *Casearia zyziphoides*, *Byrsonima crassifolia*, *Curatella americana* y *Godmania macrocarpa*, con 2275, 1238, 838 y 388 plantas ha⁻¹, respectivamente. Alrededor de 20% de las especies encontradas representaron 72% de los individuos de estas comunidades.

El índice de diversidad de Shannon (H) mostró valores de 2,55; 2,02 y 2,09 para la vegetación de bosque, arbustal y sabana, respectivamente (Cuadro 4). El valor del índice de diversidad del bosque fue más alto, mientras que los valores del arbustal y la sabana fueron muy similares. El índice de diversidad de Simpson (D) que mide tanto la dominancia como la riqueza tuvo un valor más elevado en el bosque (8,72) que el arbustal (5,30) y la sabana (5,18). El índice de equitatividad para Shannon (J) en la vegetación de bosque (0,80), arbustal (0,72) y sabana (0,71) mostraron valores bastante similares. Asimismo, igual comportamiento tuvo el índice de equitatividad de Simpson (E) en el bosque (0,37), el arbustal (0,32) y la sabana (0,28), respectivamente (Cuadro 4).

La equitatividad de Shannon mide la relación entre la diversidad observada y la diversidad máxima, se aproximó a 1 en el arbustal y la sabana. Sin embargo, el bosque tuvo un índice de equitatividad mayor. Esto sugiere que el arbustal y la sabana son comunidades con menos equidad que el bosque, lo cual indica que en estas comunidades existen unas especies mejor representadas que otras, mientras que en el bosque la mayoría de especies poseen una cantidad similar de individuos.

En el caso del bosque, el alto valor del índice de Simpson indica una mayor riqueza de especies con respecto al arbustal y la sabana arbolada, así como la presencia de un número menor de especies dominantes, esto apoya lo sugerido por el índice de equitatividad de Shannon (Magurran, 1988).

Los valores obtenidos para el índice de equitatividad de Simpson (E) en el bosque, arbustal y la sabana fueron bajos, lo que evidencia la baja uniformidad en la distribución de individuos entre las especies dominantes de estos ecosistemas. Esto sugiere una tendencia donde los individuos

de las especies dominantes presentan una distribución ligeramente más equitativa en el orden: bosque > arbustal > sabana.

Similitud florística

La similitud florística se basa en la incidencia de las especies en cada ambiente (presencia o ausencia) y el resultado se puede visualizar como la proporción o porcentaje de especies compartidas, permitiendo conocer en forma detallada la semejanza entre pares de comunidades florísticas que previamente han sido definidas.

Las comunidades nativas de bosque y arbustal presentaron un índice de similitud de 0,39. Esta similitud corresponde a 18 especies exclusivas del bosque, siete del arbustal y 16 compartidas (Cuadro 5). Entre bosque y sabana, la similitud fue 0,18; con 25, 15 y nueve especies del bosque, sabana y compartidas (Cuadro 6). Asimismo, entre sabana y arbustal, el índice fue 0,21; con 16 especies de sabana, 15 arbustal y ocho compartidas (Cuadro 7).

Tomando en cuenta que el valor más cercano a 1 indica mayor semejanza (Magurran, 1988), se puede decir que existió baja similitud florística entre todas las formaciones estudiadas (Cuadro 8). En todos los casos, los valores estuvieron alejados de 1 (0,18-0,39), siendo las áreas más relacionadas el bosque y el arbustal (índice de Jaccard = 0,39) con 16 especies compartidas; los otros pares de tipos de vegetación mostraron valores de similitud menor. Estas bajas similitudes indican que la mayoría de las especies de una comunidad no se presentan en la otra.

Cuadro 4. Índices de diversidad (H, D) y equitatividad (J, E) de Shannon y Simpson para la vegetación de bosque, arbustal y sabana.

Vegetación	Diversidad		Equitatividad	
	H	D	J	E
Bosque	2,55	8,72	0,80	0,37
Arbustal	2,02	5,30	0,72	0,32
Sabana	2,09	5,18	0,71	0,28

Cuadro 5. Similaridad florística de la vegetación de bosque y arbustal.

Especies exclusivas		Especies compartidas
Bosque	Sabana	Bosque - Sabana
<i>Acacia macracantha</i>	<i>Acacia articulata</i>	<i>Arrabidaea pubescens</i>
<i>Caesalpinia mollis</i>	<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Bahuinia megalandra</i>
<i>Capparis flexuosa</i>	<i>Annona jahnii</i>	<i>Banisteriopsis cornifolia</i>
<i>Casearia zzyphoides</i>	<i>Caesalpinia granadillo</i>	<i>Bourreria cumanensis</i>
<i>Centropodium orinocense</i>	<i>Genipa caruto</i>	<i>Bumchusia columbica</i>
<i>Gissus sicyoides</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>	<i>Caesalpinia coriaria</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Palicourea rigida</i>	<i>Combretum fruticosum</i>
<i>Gyrocarpus americanus</i>		<i>Cordia alliodora</i>
<i>Jatropha curcas</i>		<i>Godmania macrocarpa</i>
<i>Lonchocarpus margaritensis</i>		<i>Guettarda divaricata</i>
<i>Myrospermum frutescens</i>		<i>Machaerium arboreum</i>
<i>Phitecellobium tortum</i>		<i>Passiflora</i> sp.
<i>Piscidia guaricensis</i>		<i>Platymiscium pinnatum</i>
<i>Pisonia macranthocarpa</i>		<i>Pterocarpus podocarpus</i>
<i>Pithecellobium dulce</i>		<i>Randia spinosa</i>
<i>Securidaca diversifolia</i>		<i>Senna viccifolia</i>
<i>Tabebuia chysantha</i>		
<i>Tapirira manchandii</i>		

Cuadro 6. Similaridad florística de la vegetación de bosque y sabana.

Especies exclusivas		Especies compartidas
Bosque	Sabana	Bosque - Sabana
<i>Acacia macracantha</i>	<i>Agonandra brasiliensis</i>	<i>Arrabidaea pubescens</i>
<i>Bahuinia megalandra</i>	<i>Annona jahnii</i>	<i>Bumchusia columbica</i>
<i>Banisteriopsis cornifolia</i>	<i>Bowdichia virgiloides</i>	<i>Casearia zzyphoides</i>
<i>Bourreria cumanensis</i>	<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Godmania macrocarpa</i>
<i>Caesalpinia coriaria</i>	<i>Calliandra moritziana</i>	<i>Guettarda divaricata</i>
<i>Caesalpinia mollis</i>	<i>Cassia moschata</i>	<i>Machaerium arboreum</i>
<i>Capparis flexuosa</i>	<i>Copaifera officinalis</i>	<i>Pisonia macranthocarpa</i>
<i>Centropodium orinocense</i>	<i>Cordia colococca</i>	<i>Randia spinosa</i>
<i>Combretum fruticosum</i>	<i>Curatella americana</i>	<i>Securidaca diversifolia</i>
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Genipa caruto</i>	
<i>Gissus sicyoides</i>	<i>Govania lupuloides</i>	
<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Lantana camara</i>	
<i>Gyrocarpus americanus</i>	<i>Miconia albicans</i>	

.../... continúa Cuadro 6.

...continuación Cuadro 6.

Especies exclusivas		Especies compartidas
Bosque	Sabana	Bosque - Sabana
<i>Jatropha curcas</i>	<i>Psidium salutare</i>	
<i>Lonchocarpus margaritensis</i>	<i>Strychnos fendleri</i>	
<i>Myrospermum frutescens</i>		
<i>Passiflora</i> sp.		
<i>Phitecellobium tortum</i>		
<i>Piscidia guaricencis</i>		
<i>Pithecellobium dulce</i>		
<i>Platymiscium pinnatun</i>		
<i>Pterocarpus podocarpus</i>		
<i>Senna viccifolia</i>		
<i>Tabebuia chysantha</i>		
<i>Tapirira manchandii</i>		

Cuadro 7. Similaridad florística de la vegetación de sabana y arbustal.

Especies exclusivas		Especies compartidas
Bosque	Sabana	Bosque - Sabana
<i>Agonandra brasiliensis</i>	<i>Acacia articulata</i>	<i>Annona jahonii</i>
<i>Bowdichia virgiloides</i>	<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Arrabidaea pubescens</i>
<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Bahuinia megalandra</i>	<i>Bumchosia columbica</i>
<i>Calliandra moritziana</i>	<i>Banisteriopsis cornifolia</i>	<i>Genipa caruto</i>
<i>Casearia zzyphoides</i>	<i>Bourreria cumanensis</i>	<i>Godmania macrocarpa</i>
<i>Cassia moschata</i>	<i>Caesalpinia coriaria</i>	<i>Guettarda divaricata</i>
<i>Copaifera officinalis</i>	<i>Caesalpinia granadillo</i>	<i>Machaerium arboreum</i>
<i>Cordia colococca</i>	<i>Combretum fruticosum</i>	<i>Randia spinosa</i>
<i>Curatella americana</i>	<i>Cordia alliadora</i>	
<i>Govania lupuloides</i>	<i>Mimosa tenuiflora</i>	
<i>Lantana camara</i>	<i>Palicourea rigida</i>	
<i>Miconia albicans</i>	<i>Passiflora</i> sp.	
<i>Pisonia macranthocarpa</i>	<i>Platymiscium pinnatun</i>	
<i>Psidium salutare</i>	<i>Pterocarpus podocarpus</i>	
<i>Securidaca diversifolia</i>	<i>Senna viccifolia</i>	
<i>Strychnos fendleri</i>		

Cuadro 8. Similaridad florística entre pares de vegetación nativa leñosa.

	Especies exclusivas			Especies compartidas	Similaridad
	Bosque	Arbustal	Sabana		
	34	23	--	16	0,39
	34	--	24	9	0,18
	--	23	24	8	0,21

La baja similaridad florística observada entre las áreas de estudio, puede ser explicada por las diferentes condiciones edáficas presentes en cada tipo de vegetación (reacción del suelo, aluminio intercambiable, pedregosidad, profundidad, entre otras). Los suelos de estas sabanas presentan horizonte pedregoso (70%), pH fuertemente ácido y altos niveles de aluminio intercambiable, lo que condiciona la existencia del tipo de vegetación, caracterizada por especies que toleran diferencialmente las condiciones ecológicas presentes (Soler, 2010).

Existen otros factores condicionantes (Muñoz *et al.*, 2004), como lugares conectados por el viento que presentan floras parecidas independientemente de la distancia que los separe, y lugares muy próximos, pero con pocas especies en común, porque no hay vientos que los conecte. En todo caso, los bosques, los arbustales y las sabanas están asociados espacialmente. No obstante, los bosques deciduos presentaron bajos índices de similitud con las asociaciones florísticas

CONCLUSIONES

Se observó la dominancia de las familias Fabaceae, Caesalpiniaceae, Mimosaceae, Rubiaceae, Bignoniaceae, Malpighiaceae y Boraginaceae. Las especies con mayor IVI fueron *Bourreria cumanensis*, *Arrabidaea pubescens*, *Myrospermum frutescens*, *Randia spinosa* y *Guettarda divaricata* en el bosque; *Combretum fruticosum*, *Mimosa tenuiflora*, *Guettarda divaricata* y *Arrabidaea pubescens*

en el arbustal; *Byrsonima crassifolia*, *Casearia zyzyphoides* y *Curatella americana* en la sabana.

En el arbustal y la sabana existió el mayor número de especies dominantes y excluyentes que compiten por el espacio, lo que condiciona la presencia de otras especies. Sin embargo, el bosque es más heterogéneo, es decir, el arbustal y la sabana son comunidades con menos equidad que el bosque.

Existe una mayor riqueza de especies en el bosque con respecto al arbustal y la sabana arbolada. La similaridad florística fue baja en todos los casos; sin embargo, fue más alta entre bosque y arbustal. La mayoría de las especies del bosque no se presentaron en la sabana.

LITERATURA CITADA

- Baldizán, A. 2004. Producción de biomasa y nutrientes de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los Llanos Centrales de Venezuela. Tesis doctorado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 288 p.
- Baldizán, A., C. Domínguez, D. García, E. Chacón y L. Aguilar. 2006. Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos. *Zootecnia Trop.* 24(3):213-232.
- Begon, M., M. Mortimer and D. Thompson. 1996. *Population Ecology. A unified study of animal and plants.* 3ra ed. Blackwell Science Publishing. Oxford, Inglaterra. 247 p.

- Berroterán, J. L. 1994. Ecología de sistemas nativos y agroecosistema maíz en los Llanos Altos Centrales de Venezuela. Tesis doctorado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 445 p.
- Casado C., N. Benezra, O. Colmenares y N. Martínez. 2001. Evaluación del bosque deciduo como recurso alimenticio para bovinos en los llanos centrales de Venezuela. *Zootecnia Trop.* 19(2):139-150.
- Curtis, J. 1959. The vegetation of Wisconsin. An ordination of plant communities. Univ. of Wisconsin Press. Madison. EUA. 657 p.
- Ellenberg, H. 1956. *Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde.* Eugen Ulmer, Stuttgart. Alemania.
- Ewel, J., A. Madriz y J. Tosi. 1976. Zonas de Vida de Venezuela. Ministerio de Agricultura y Cría. 2da ed. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Caracas, Venezuela. 265 p.
- Finol, H. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Rev. For. Ven.* 13(21):29-42.
- Finol, H. 1976. Estudio fitosociológico de las unidades 2 y 3 de la reserva forestal de Caparo, estado Barinas. *Acta Bot. Ven.* 10(1-4):15-103.
- Fudena (Fundación para la Defensa de la Naturaleza). 2003. Programa de evaluación de la biodiversidad. Fudena. Disponible en línea: <http://www.fudena.org.ve/proyectos/bio.htm> (Consultado 7 febrero 2008).
- Gallegos, A., E. Abundio, M. Morales y E. Hernández. 2002. Valor de importancia de especies arbóreas en un bosque tropical de la costa de Jalisco. Resúmenes V Congreso Mexicano de Recurso Forestales. Guadalajara, Jalisco. México. Disponible en línea: <http://www.buenastareas.com/ensayos/Valor-De-Importancia-De-Especies-Arb%C3%B3reas/2868416.html> (Consultado octubre 2011).
- Granda, V. y S. Guamán. 2006. Composición florística, estructura, y etnobotánica del bosque seco Algodonal. *Lyonia*, 11(2) Disponible en línea: <http://www.lyonia.org/viewArticle.php?articleID=395> (Consulta: 23 octubre 2007).
- Hill, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology.* 54(2):427-432.
- López, M. 1993. Diagnóstico físico y alternativas conservacionistas de tres unidades de tierra de los llanos altos centrales en el estado Guárico. Trabajo de Grado M.Sc. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 93 p.
- Magurran, A. E., 1988. *Ecological diversity and its measurement.* Princeton University Press, New Jersey. 179 p.
- Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico Washington, EUA. 72 p.
- Mogollón, L. y J. Comerma. 1994. *Suelos de Venezuela.* Palmaven, Ex Libris. Caracas, Venezuela. 267 p.
- Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology.* John Wiley and Sons, New York. EUA. 547 p.
- Muñoz, J., A. M. Felicísimo, F. Cabezas, A. R. Burgaz and I. Martínez. 2004. Wind as a long-distance dispersal vehicle in the southern hemisphere. *Science.* 304(5674):1.144-1.147.
- Soler, P. 2010. Evaluación del potencial forrajero de la vegetación nativa e intervenida en un área de los Llanos Altos Centrales del estado Guárico, Venezuela. Tesis doctorado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 185 p.

Efecto de extractos acuosos de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn var. *Caudatum* sobre el crecimiento de plántulas de *Solanum lycopersicum* L.

Effect of aqueous extracts of *Pteridium aquilinum* L. Kuhn var. *Caudatum* on the growth of plants of *Solanum lycopersicum* L.

Belitza Ch. Bracho¹ y Olga Arnaude¹

¹Profesoras. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET). San Cristóbal 5001, estado Táchira. Venezuela. Correos electrónicos: belitzabracho26@hotmail.com, oarana@unet.edu.ve

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de extractos acuosos de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn var. *caudatum* (helecho macho) sobre el crecimiento de plantas de *Solanum lycopersicum* L. (tomate), se colectaron plantas de helecho macho en potreros infestados, ubicados en la Aldea Mesa de Aura, estado Táchira. Para obtener los extractos acuosos se colocaron las hojas en agua hirviendo y a temperatura ambiente. El ensayo se estableció con un diseño experimental completamente al azar, las plantas fueron obtenidas a partir de semillas sembradas en recipientes de 25 ml de capacidad, con suelos de textura franca y aplicaciones cada 2 días con extractos acuosos a las concentraciones de 5, 10, 20, 30 y 40% m/v, en comparación con un tratamiento con agua destilada (0%). Se cosecharon a los 26 días después de la siembra (DDS), se utilizaron tres plantas de cada tratamiento para la determinación de materia seca y la morfología radical. Los resultados indican que la acumulación de materia seca en hojas y raíces en plantas de *S. lycopersicum* L., disminuyó con respecto al tratamiento con agua destilada, con el aumento de la concentración de los extractos acuosos. Los extractos más fitotóxicos se obtuvieron a la temperatura ambiente (26 °C), las concentraciones de 20, 30 y 40% m/v inhibe totalmente el crecimiento de las plantas a los 26 DDS. La longitud de la raíz se vio fuertemente afectada.

Palabras clave: helecho macho, tomate, fototoxicidad, materia seca, longitud de las raíces.

ABSTRACT

In order to evaluate the effects of aqueous extracts of *Pteridium aquilinum* L. Kuhn var. *caudatum* (bracken fern) on growth of seedlings *Solanum lycopersicum* L. (tomatoes) plants of bracken fern were collected in infested fields located in the Aldea Mesa of Aura, of Táchira state. To obtain the aqueous extracts, the fronds were place and water boiling and environment temperature water. The experiment was established in a completely randomized design, the plants were obtained from seeds, sown in recipients of 25 ml of capacity, with sandy soil frank texture and applications every other day with aqueous extracts to the concentrations of 5, 10, 20, 30 and 40% m/v, compared with a treatment with distilled water (0%). Were harvested at the 26 days after of sowing, three plants of each treatment were used for determinations of dry matter and radical morphology. The results indicate that the accumulation of dry matter in leaf and roots in plants of *S. lycopersicum* L., decreased, with respect to treatment with distilled water, with increased the concentration of aqueous extracts. The most phytotoxic extracts were the obtained to temperature environment (26 °C), the concentrations of 20, 30 and 40% m/v totally inhibited the growth of the plants after 26 days of seeded. The root length was strongly affected.

Key words: bracken fern, tomatoes, phytotoxic, dry matter, root length.

INTRODUCCIÓN

En el estado Táchira la alta incidencia de la maleza helecho macho, *Pteridium aquilinum* L. Kuhn var *caudatum*, ha generado problemas para la producción de los cultivos comerciales y pasturas dedicadas a la alimentación animal, tanto en aprovechamiento de suelos, como en el manejo agronómico aplicado a dichos rubros, ocasionando por consiguiente problemas secundarios como la degradación y contaminación del ambiente.

Adicionalmente, esta especie es un factor de riesgo asociado a la alta incidencia de cáncer gástrico en los estados Táchira y Mérida (Amelot y Avendaño, 2001; Peraza *et al.*, 2002; Peraza *et al.*, 2003; Peraza *et al.*, 2006), por lo que se hace necesario generar investigaciones que contribuyan a conocer y efecto de extractos acuosos de esta maleza sobre el aceleramiento y desarrollo de los cultivos, que permita diseñar estrategias en su control y poder brindar una solución al problema socio-económico, ecológico, cultural y científico que genera a toda la sociedad.

Muchas especies de malezas anuales y perennes con potencial alelopático afectan severamente la sucesión de comunidades de plantas, así como el crecimiento y productividad de los cultivos (Duke, 1978; Rice, 1979; Putman y Brown, 1986; Qasem, 1994; Torres *et al.*, 2003; Blanco, 2006; Kayode y Ayeni, 2009; Pisula y Meiners, 2010a; Pisula y Meiners, 2010b; Parvin *et al.*, 2011; Bauer *et al.*, 2012; Chen y Wang, 2012; Zhang y Fu, 2012).

El helecho macho se describe como la planta invasora más exitosa del mundo, la cual imposibilita labores agrícolas (Ortega, 1990; Pérez y Pacheco, 1994; Taylor y Thomson, 1998; Amelot, 1999) e incrementa los costos de producción por la fuerte inversión inicial que amerita mano de obra para su control y efectos residuales de esta maleza (Trejo *et al.*, 2007).

En este sentido, se han desarrollado diferentes estudios indicando que algunos aleloquímicos solubles en agua provenientes de lavados foliares por lluvia o rocío de *P. aquilinum* L. Kuhn afectan el crecimiento y desarrollo de cultivos, además originan la formación de un ecosistema característico.

En base a ello, Gliessman y Muller (1972); Dolling *et al.* (1994); Arnaude y Bracho (2001); Morales y Arnaude (2005); Loresco (2006); Matos y Belinato (2010); Wang *et al.* (2011), reportan en sus investigaciones como los extractos provenientes de frondas jóvenes de la maleza causan un efecto inhibitorio sobre las características morfofisiológicas de las plantas de diversas especies cultivables.

De allí la importancia de conocer realmente la capacidad inhibitoria de la maleza, evaluando su efecto sobre plántulas de tomate como cultivo primordial en la región y rubro establecido en la zona, el cual según los productores presenta problemas de producción donde crece el helecho (*P. aquilinum* L. Kuhn), adicionalmente, es muy sensible fisiológicamente a estrés hídrico, nutricional, entre otros (García y Ascencio, 1992 y Arnaude y Ascencio, 1996).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de extractos acuosos de helecho macho (*P. aquilinum* L. Kuhn var *caudatum*) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

La investigación se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) en condiciones de laboratorio, con una temperatura promedio de 26 °C y 75% de humedad relativa.

Material vegetal utilizado para las extracciones

Plantas de *P. aquilinum* L. Kuhn var *caudatum* con ausencia de esporas que se encontraban en proceso normal de crecimiento y desarrollo.

Preparación de extractos acuosos

Para la elaboración de cada uno de los extractos se utilizó la parte aérea de la planta (frondas), que luego de un proceso de limpieza y selección se empleó para la preparación de los extractos; cumpliendo la metodología de Lazo y Montoya (1994) demostrado en la Figura 1.

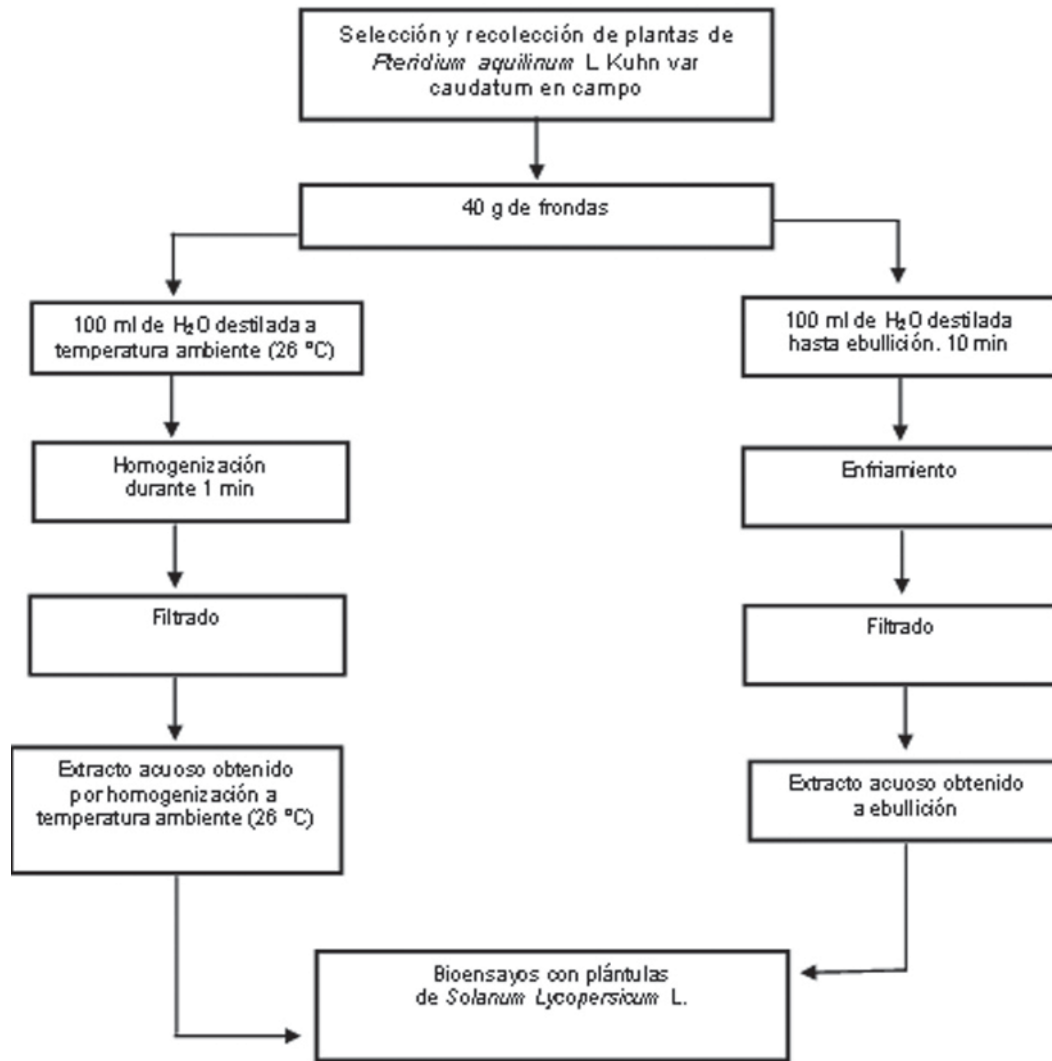


Figura 1. Diagrama de flujo para la obtención de los extractos acuosos de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn var caudatum.

Se obtuvieron dos extractos acuosos de *P. aquilinum* L. Kuhn var caudatum:

1. Extracto obtenido por homogenización utilizando agua destilada a temperatura ambiente (26 °C), en este extracto los compuestos no se afectarían por la temperatura.
2. Extracto obtenido por ebullición durante 10 min utilizando agua destilada con la finalidad de extraer compuestos.

Se realizaron ensayos preliminares utilizando las dosis de 5,0%, 10,0%, 20,0%, 30,0%,

40,0%, 50,0%, 60,0%; 70,0%, 80,0%, 90,0%, observándose que las dosis mayores a 50,0% m/v causaban la muerte de las plantas.

En el ensayo definitivo se evaluaron seis tratamientos por extracto (Cuadro 1), se tomaron tres repeticiones por tratamiento.

Es importante mencionar que el tratamiento (D0) corresponde al testigo, regado con agua destilada, los tratamientos se aplicaron cada 2 d luego de la germinación con un volumen de 10 ml por tratamiento.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el ensayo.

Tipo de extracto	Tratamientos (dosis [% m/v])					
	D0	D1	D2	D3	D4	D5
Extracto acuoso obtenido por homogenización a temperatura ambiente (26 °C)	0	5	10	20	30	40
Extracto acuoso obtenido a ebullición	0	5	10	20	30	40

Siembra

Para la siembra de *S. lycopersicum* L., se empleó semilla certificada variedad Río Grande en vasos plásticos de 6 cm de altura y 5 cm de diámetro, con suelo de textura franca, con un pH = 5,47 y 3,12% de materia orgánica. La siembra se realizó de forma manual.

Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño completamente al azar con seis niveles y tres repeticiones por tratamiento, a los datos obtenidos se les exploraron la homogeneidad y normalidad para ser analizados mediante ANAVAR. Para las pruebas de significancia de medias se utilizó el método de DUNCAN entre los diferentes tratamientos, mediante la ayuda de programas estadísticos computarizados.

Acumulación de biomasa seca

Las muestras destinadas a la determinación de biomasa seca (g) se lavaron cuidadosamente y se dividieron en partes aéreas y raíces, colocadas en bolsas de papel y secadas a 60 °C durante 72 h (García y Ascencio, 1992; Arnaude y Ascencio, 1996), para luego conocer su biomasa seca empleando la balanza analítica.

Longitud de las raíces

Una vez cosechadas las tres plantas por cada tratamiento se separó la raíz de la parte aérea y cada sistema radical fue preservado en alcohol 60%, antes de comenzar las mediciones, las raíces de cada muestra fueron rehidratadas utilizando

una serie decrecientes de alcoholes desde 50% hasta 10% en cada una de estas soluciones.

Las muestras permanecieron alrededor de 10 min en alcohol, por último, fueron colocadas en una solución de safranina al 5% para de esa manera teñirlas y facilitar la visibilidad de las muestras, el cálculo de la longitud de las raíces se realizó siguiendo el método de Tennant (1975).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características generales del crecimiento

En el Cuadro 2 se muestra la producción de materia seca (MS) y aéreas, raíces y longitud de raíces para los los diferentes tratamientos:

Biomasa seca de la parte aérea: la Figura 2 presenta la acumulación de biomasa seca en plantas de *S. lycopersicum* L., a los 26 días después de la siembra (DDS) y sometidas a diferentes concentraciones de extracto acuoso de *P. aquilinum* L. Kuhn var. caudatum obtenido por ebullición. Al comparar todos los tratamientos se pueden observar diferencias altamente significativas en D1, D2, D3, D4, y D5, con respecto al testigo (D0); este disminuyó en la medida que la concentración era mayor.

Para los tratamientos 5, 10 y 20% m/v (D1, D2 y D3) se observó una disminución con respecto al testigo (D0) de la biomasa seca de la parte aérea en 40,6, 42,41 y 46,6%, y este efecto inhibitorio se incrementó un 54,54 y 59,4% para las concentraciones de 30 y 40% m/v (D4 y D5).

Cuadro 2. Rangos múltiples para biomasa de la parte aérea, de raíces y longitud de las raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L., sometidas a extracto acuoso a ebullición en sus dosis correspondientes. A los 26 días después de la siembra.

Tratamiento	Biomasa parte aérea (g)	Biomasa de raíces (g)	Longitud de las raíces (cm)
D0	0,0055 a	0,0039 a	40,59 a
D1	0,0033 b	0,0024 b	23,83 b
D2	0,0031 c	0,0022 c	15,97 c
D3	0,0029 c	0,0019 d	10,99 d
D4	0,0025 d	0,0017 e	4,18 e
D5	0,0022 e	0,0016 e	2,70 f

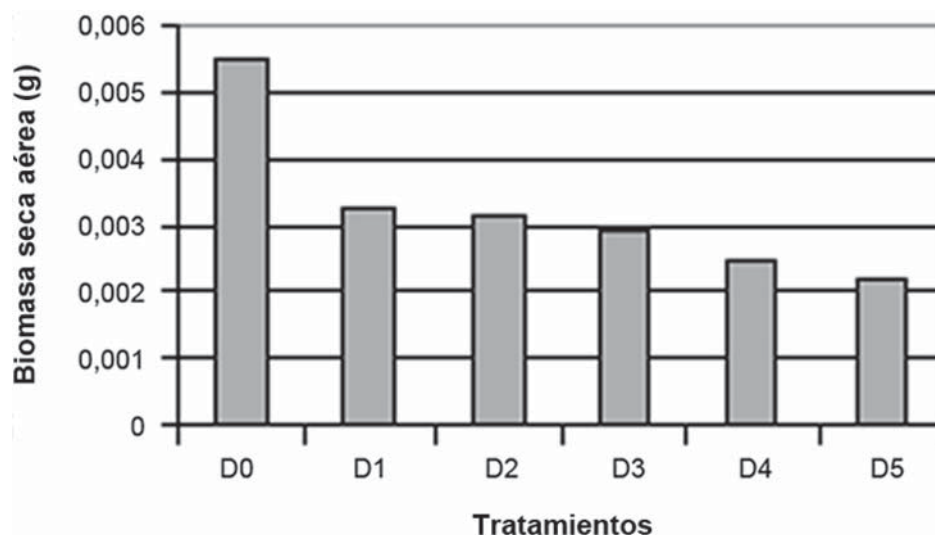


Figura 2. Biomasa seca en la parte aérea en plantas de *Solanum lycopersicum* L., regadas con extracto acuoso obtenido por ebullición para cada tratamiento a los 26 días después de la siembra.

La Figura 3 muestra el efecto producido por el extracto acuoso obtenido a temperatura ambiente sobre la acumulación de biomasa seca de la parte aérea de plántulas de *S. lycopersicum* L.

En el Cuadro 3 se muestra la producción de MS aérea y raíces, longitud de raíces para los diferentes tratamientos con extracto obtenido con agua a temperatura ambiente. Se detectaron

diferencias significativas entre la biomasa seca obtenida de las plantas testigos y las tratadas, los resultados indican que en la medida en que se incrementó la concentración del extracto, disminuyó la biomasa seca de la variable analizada en un 41,81 y 47,27% para las concentraciones de 5 y 10% m/v (D1 y D2) y las concentraciones de 20, 30 y 40% m/v (D3, D4 y D5, respectivamente) redujeron el crecimiento en un 100%, respecto al testigo (D0).

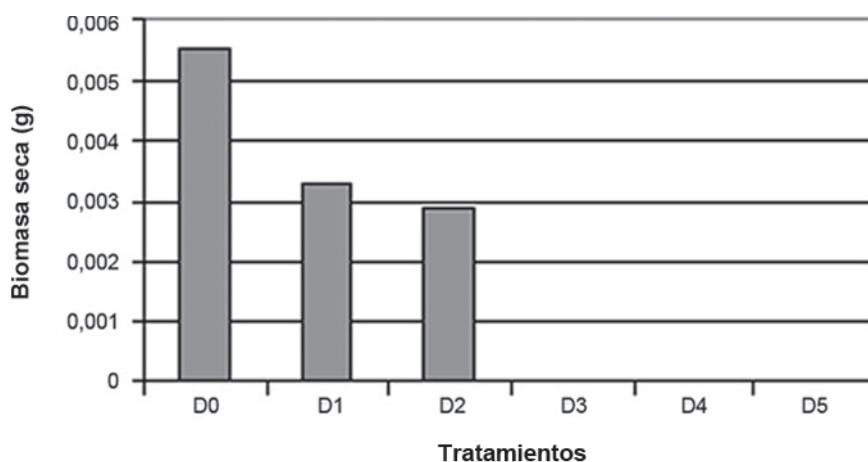


Figura 3. Acumulación de biomasa seca de la parte aérea en plantas de *Solanum lycopersicum* L., regadas con extracto acuoso a temperatura ambiente para cada tratamiento a los 26 días después de la siembra.

Cuadro 3. Rangos múltiples para biomasa de la parte aérea, de raíces y longitud de las raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L., sometidas a extracto acuoso a temperatura ambiente en sus dosis correspondientes, a los 26 días después de la siembra.

Tratamiento	Biomasa parte aérea (g)	Biomasa de raíces (g)	Longitud de las raíces (cm)
D0	0,0055 a	0,0039 a	40,59a
D1	0,0033 b	0,0014 b	21,99b
D2	0,0029 c	0,0012 c	6,81c
D3	0,0000 d	0,0000 d	0,00d
D4	0,0000 d	0,0000 d	0,00d
D5	0,0000 d	0,0000 d	0,00d

Biomasa seca de las raíces: el extracto acuoso de *P. aquilinum* L. Kuhn var. caudatum obtenido por ebullición a las concentraciones de 5, 10 y 20% m/v redujeron con respecto al testigo (D0) la biomasa seca de las raíces en plántulas de *S. lycopersicum* L. (Figura 4) hasta un 38,13; 44,06 y 49,99%, respectivamente, y las concentraciones de 30 y 40% m/v inhibieron el crecimiento de plántulas de tomate y disminuyó la MS de las raíces en un 56 a 59,32%, comparados con el testigo (D0).

La Figura 5 muestra el efecto del extracto acuoso obtenido a temperatura ambiente sobre la

acumulación de biomasa seca en raíces de plantas de *S. lycopersicum* L., lo que permite detectar diferencias significativas entre las plantas testigos y las tratadas en la medida que se incrementó la concentración del extracto, siendo notorio para las concentraciones de 30 y 40% m/v, las cuales indicaron una alta inhibición de la biomasa seca de las raíces, logrando alcanzar una disminución de hasta 100% a los 26 DDS.

Asimismo, las concentraciones de 5, 10 y 20% m/v (D1, D2 y D3) redujeron un 63,56, 68,48 y 100% la acumulación de biomasa de las raíces.

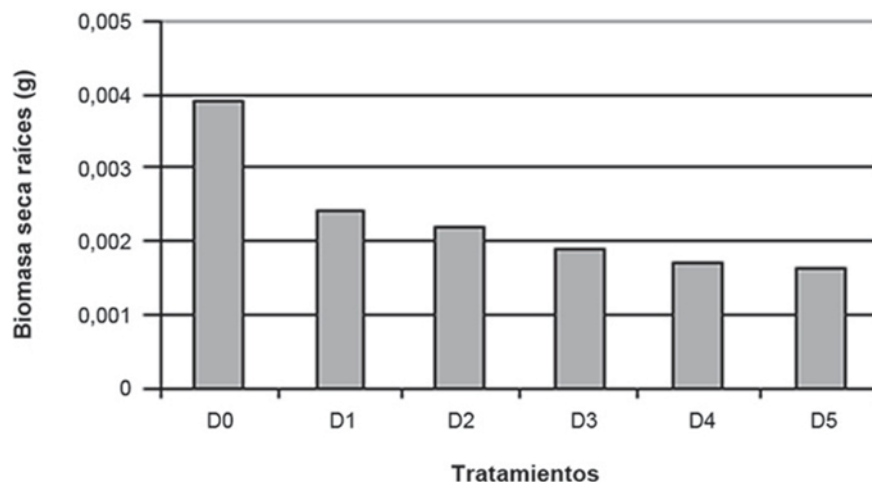


Figura 4. Biomasa seca de raíces en plantas de *Solanum lycopersicum* L., regadas con extracto acuoso obtenido a ebullición para cada tratamiento a los 26 días después de la siembra.

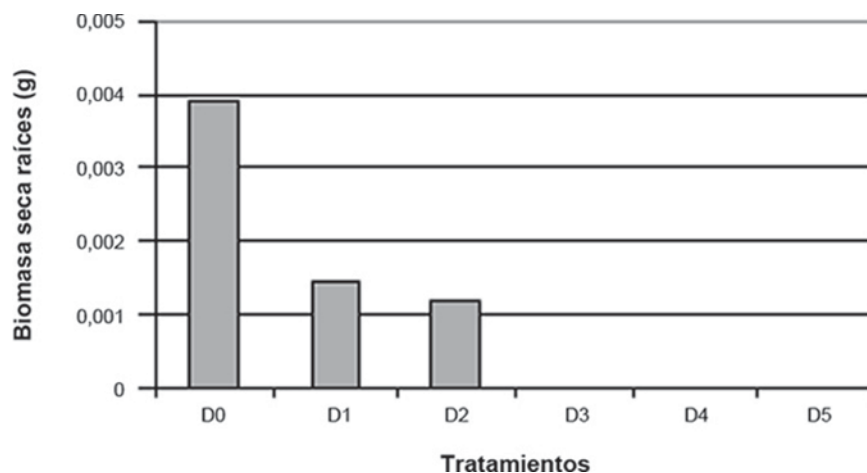


Figura 5. Biomasa seca de las raíces en plantas de *Solanum lycopersicum* L., regadas con extracto acuoso a temperatura ambiente para cada tratamiento a los 26 días después de la siembra.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la acumulación de biomasa seca en plantas de *S. lycopersicum* L., disminuyó con respecto al testigo (D0) en la medida que se incrementó la concentración de cada uno de los extractos obtenidos de frondas de *P. aquilinum* L. Kuhn var. caudatum, lo cual confirma lo señalado por Morales y Arnaude (2005); Loresco (2006); Matos y Belinato (2010); Wang *et al.* (2011),

quienes plantean que las sustancias aleloquímicas contenidas en frondas de plantas de *P. aquilinum* actúan sobre procesos fisiológicos, afectando el crecimiento de las especies receptoras.

Al comparar en conjunto todos los tratamientos, el efecto inhibitorio varió respecto al testigo dependiendo del tipo de extracto. El extracto acuoso obtenido a temperatura ambiente fue

más fitotóxico para las concentraciones de 20, 30 y 40% m/v, ya que a los 26 DDS causaron una inhibición del 100% en el crecimiento de plantas de tomate.

A diferencia del obtenido a ebullición, las concentraciones de 20, 30 y 40% m/v redujeron la MS de la parte aérea en un 46, 54 y 60% en comparación con el testigo, esto se debe a que durante el proceso de ebullición posiblemente ocurrió una pérdida por volatilización de algunos compuestos tóxicos presentes en frondas del helecho macho (*P. aquilinum* L. Kuhn var. caudatum); el resultado concuerda con Putman y Duke (1978) señalando que las plantas son capaces de producir aleloquímicos solubles en agua.

Por otro lado, Dolling (1994) se refiere a la inhibición sobre el crecimiento de plantas *Populus tremula* L. (álamo) y *Pinus silvestris* L. al utilizar extractos de frondas de *P. aquilinum* L. Kuhn var. caudatum, estos resultados concuerdan con Dolling (1996) al indicar que los extractos acuosos provenientes de frondas (*P. aquilinum* L. Kuhn) causan un efecto inhibitorio sobre el crecimiento de pino silvestre (*P. sylvestris* L.) y abeto rojo u árbol de navidad (*Picea abies* L.), que coinciden con lo publicado por Dolling (1994) y Wang *et al.* (2011) quienes señalan que en bioensayos realizados con extractos acuosos de frondas de *Pteridium* sobre diversas especies, entre ellas el rábano (*Raphanus sativus* L.), mostró efecto

alelopático persistente sobre la germinación de la semilla, la elongación del hipocótilo y elongación radicular, corroborado por Morales y Arnaude (2005); Loresco (2006); Matos y Belinato (2010), reportaron el efecto inhibitorio de extractos acuosos de *Pteridium* sobre diversas especies, tales como: *Guazuma ulmifolia* Lam (guácimo), *Trifolium repens* L. (trébol blanco) y *Brachiaria decumbens* Stapf, respectivamente.

Longitud de las raíces: en cuanto al efecto de los extractos acuosos y orgánico de *P. aquilinum* L. Kuhn var. caudatum sobre la longitud de las raíces en plántulas de *S. lycopersicum* L. se observó diferencias altamente significativas respecto al testigo (D0), el extracto acuoso obtenido a ebullición en sus concentraciones de 5, 10 y 20% m/v (Figura 6), disminuyó la longitud de las raíces en plantas de tomate en un 41,3, 60,65 y 72,92% respecto al testigo, y en un 89,70 y 93.34% para las concentraciones de 30 y 40%, respectivamente.

La Figura 7 muestra el efecto del extracto acuoso obtenido a temperatura ambiente sobre la longitud de las raíces de plantas de *S. lycopersicum* L. que permitió detectar diferencias significativas entre las plantas testigos y las tratadas en la medida que se incrementó la concentración del extracto, siendo notorio para las concentraciones de 30 y 40% m/v, logrando alcanzar una disminución de hasta 100% a los 26 DDS.

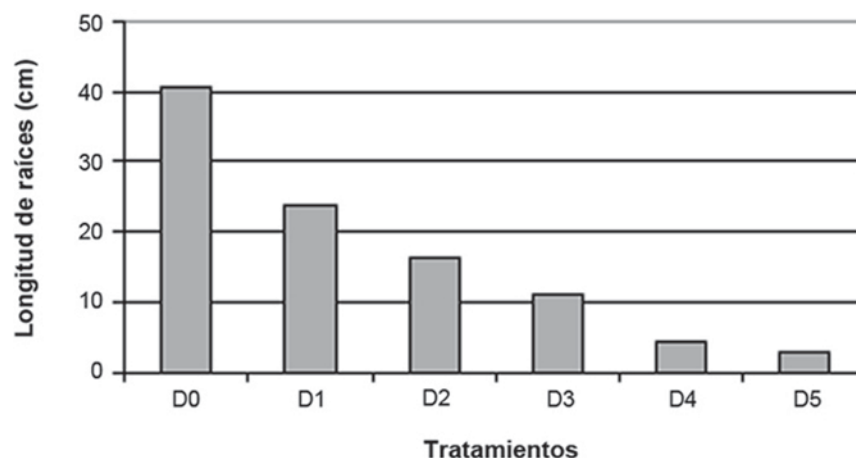


Figura 6. Longitud de las raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L., regadas con extracto acuoso obtenido a ebullición para cada tratamiento a los 26 días después de la siembra.

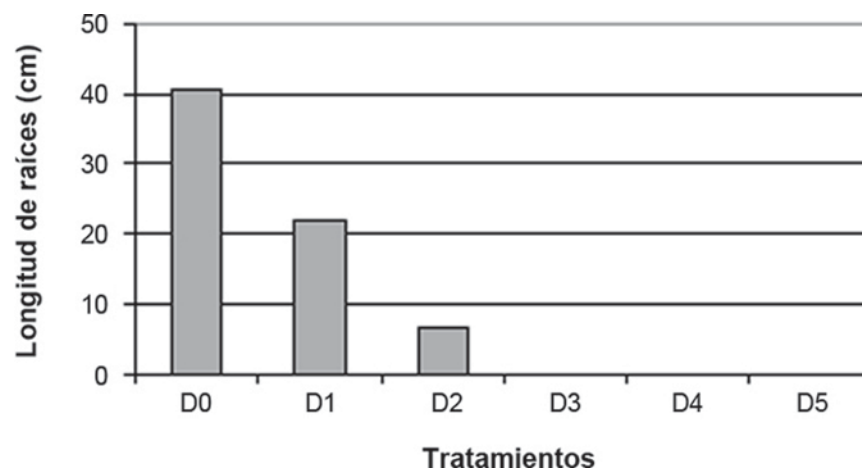


Figura 7. Longitud de las raíces de plantas de *Solanum lycopersicum* L., regadas con extracto acuoso a temperatura ambiente para cada tratamiento a los 26 días después de la siembra.

Las concentraciones de 5, 10 y 20% m/v (D1, D2 y D3) redujeron un 38,10; 82,22 y 100% la longitud de las raíces respecto al testigo.

De acuerdo a los resultados obtenidos, la longitud de las raíces en plantas de *S. lycopersicum* L. disminuyó con respecto al testigo (D0), señalado por Arnaude y Bracho (2001); Morales y Arnaude (2005); Loresco (2006); Matos y Belinato (2010), quienes señalan que las sustancias aleloquímicas contenidas en extractos foliares de plantas de *Pteridium* actúan sobre procesos fisiológicos, afectando el crecimiento de las especies receptoras.

Al respecto, Wang *et al.* (2011) publican que el mecanismo de acción de extractos acuosos de helecho macho ocasiona interrupción en el ciclo celular de plantas, afectan significativamente la mitosis en las células del ápice de la radícula. A bajas dosis (6% m/v) se observa alta proporción de células en división en profase y a dosis de 25% m/v la división celular se mantuvo totalmente en profase.

CONCLUSIONES

La acumulación de biomasa foliar y de raíces (g) disminuye significativamente en las plántulas de *S. lycopersicum* L., que fueron tratadas con extractos acuosos de *P. aquilinum* L.

var caudatum. Esta respuesta fue variable para cada uno de los extractos evaluados, así como también para cada una de las dosis evaluadas, en la medida que se incrementó la concentración del extracto acuoso obtenido a ebullición y a temperatura ambiente, se logró una diferencia altamente significativa respecto al testigo a los 26 DDS.

La variable de plantas de *S. lycopersicum* L. más afectada por aplicación de los extractos acuosos de *P. aquilinum* L. *var caudatum*, fue la longitud de raíces. El extracto acuoso obtenido a ebullición en sus concentraciones de 5, 10 y 20% m/v disminuyó la longitud radical en plántulas de tomate en un 41,3, 60,65 y 72,92% respecto al testigo, y en un 89,70 y 93,34% para las concentraciones de 30 y 40%, y las tratadas con extracto acuoso obtenido a temperatura ambiente a las concentraciones de 5, 10 y 20% m/v, redujeron en un 38,10; 82,22 y 100% la longitud de raíces respecto al testigo.

LITERATURA CITADA

- Amelot, A. 1999. Helecho Macho, salud animal y salud humana. Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 16:528-541.
- Amelot, A. and M. Avendaño. 2001. Possible association between gastric cancer and bracken

- fern in Venezuela: an epidemiological study. *Int. J. Cancer*. 91:252-259.
- Arnaude, O., B. Bracho y S. Peraza. 2001. Potencial Alelopático de extractos acuosos y orgánicos de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn sobre semillas de *Lactuca sativa* L. XV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas y X Jornadas Venezolanas Científico-Técnicas en Biología y Combate de Malezas. (Resumen). Maracaibo. Venezuela.
- Arnaude, O. y J. Ascencio. 1996. Comparación de crecimiento entre tres especies cultivadas –*Phaseolus vulgaris* L. var. Manaure, *Vigna unguiculata* (L) Walp var. Tuy y *Lycopersicon esculentum* L. Mill var caribe y dos especies silvestres *Euphorbia heterophylla* L. y *Amaranthus dudius* Mart, bajo condiciones de deficiencia de fósforo. *Anales de Botánica Agrícola*. 3:50-60.
- Bauer, J., S. Shannon, R. Sloops and H. Reynolds. 2012. Context dependency of the allelopathic effects of *Lonicera maachii* L. on seed germination. *Plant Ecology*. 213(12):1.907-1.916.
- Blanco, Y. 2006. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultivos tropicales*. 27(3):5-16.
- Bracho, B. y O. Arnaude. 2001. Efecto de extractos acuosos de *Pteridium aquilinum* L Kuhn sobre el crecimiento de plántulas de *Lycopersicon esculentum* Mill, XV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas y X Jornadas Venezolanas Científico-Técnicas en Biología y Combate de Malezas. (Resumen). Maracaibo. Venezuela.
- Brown, R. 1986. Bracken in the North York Moors: It's ecological and amenity implications in national parks. In: *Ecology, land use control Technology*. Ed. By R.T. Smith, J.A Taylor. Car forth, Parthenon. pp. 77-86.
- Chen, L. and L. Wang. 2012. Allelopathic behaviour of Chinese fir from plantations of different ages. *Forestry Journal of forest Research*. 86(2):225-230.
- Dolling, A. 1996. Interference of bracken (*Pteridium aquilinum* L Kuhn) with Scots Pine (*Pinus silvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* L Kerst) seedling establishment. *Forest ecology and management*. 88:227-235.
- Dolling, A., O. Zackrisson and M. Charlotte. 1994. Seasonal variation in phytotoxicity of bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn). *Journal of chemical ecology*. 20:3.163-3.172.
- García, M. and J. Ascencio. 1992. Root morphology and acid phosphatase activity in tomato plants during development of and recovery from phosphorus stress. *J. Plant Nutr.* 15(11):2.491-2.503.
- González, A. y O. Arnaude. 2004. Efecto de residuos de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn. incorporados al suelo sobre la acumulación de materia seca de *Lactuca sativa* L. In: V Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal. (Resumen). La Habana. Cuba.
- Gliessman, S. and C. Muller. 1972. The phytotoxicity potential of bracken *Pteridium aquilinum* L. Kuhn. *Madromo*. 21:229-304.
- Kayode, J. and J. Ayeni. 2009. Allelopathic effects of some crop residues on the germination and growth of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Ethnoleaflets Leaflets*. 13:343-350.
- Lazo, J. y C. Montoya. 1994. Evaluación de la capacidad alelopática de las malezas *Euphorbia heterophylla* L. y *Rottboellia exaltata* L. 1:1-13
- Loresco, M. 2006. Allelopathic effects of herbicide-treated bracken (*Pteridium esculentum* Forst. f. Cockayne) fronds on white clover and perennial rye grass. *Philippine Agricultural Scientist*. 89(1):91-96
- Morales, W. y O. Arnaude. 2005. Potencial alelopático de extractos acuosos de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn sobre el crecimiento de *Brachiaria decumbens* Stapf. XVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas (ALAM) I Congreso Iberoamericano de Ciencia de las Malezas. IV Congreso Nacional de Ciencia de Malezas. (Resumen). Maracaibo. Venezuela.

- Ortega, J. 1990. El género *Pteridium* en Venezuela: Taxonomía y distribución geográfica. *Brollania* 7:45-54.
- Parvin, R., T. Shapla and M. Amin. 2011. Allelopathic effects of *Albizia lebbek* Durazz. on agricultural crops. *Int. J. Sustain. Crop Prod.* 6(1):50-57.
- Peraza, S., O. Arnaude, R. Márquez, M. Santos, D. Cardozo, C. Morreno, D. Barroeta and A. Ocariz. 2003. Enzootic Bovine Hematuria, Bracken Fern (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) and human gastric cancer in a high incidence area of human gastric cancer in Venezuela. V Congreso Mundial de Cáncer Gástrico. (Resumen). Roma. Italia.
- Peraza, S., O. Arnaude, R. Márquez, J. Becker, J. Vivas, D. Castro y M. Santos. 2002. Enfoque integral sobre la carcinogénesis gástrica y el *Pteridium aquilinum* L. Kuhn (helecho macho). *GEN.* 56(3):50-60.
- Peraza, S., O. Arnaude, M. Santos, M. Márquez y D. Cardozo. 2006. Estudio anatomopatológico, epidemiológico y agronómico sobre la hematuria enzoótica del bovino, el *Pteridium aquilinum* L. Kuhn (helecho macho) y su asociación con cáncer gástrico en humanos. *Revista de la universidad de Pamplona.* 4(1):1-92.
- Pérez, L. y J. Pacheco. 1994. Comportamiento agroecológico de *Pteridium aquilinum* L. Kuhn en el estado Táchira- Venezuela. *Revista Científica UNET (Táchira-Ven.).* 8(1):5-18.
- Pisula, N. and S. Meiners. 2010a. Allelopathic effects of goldenrod species on turnover in successional communities. *Am. Midl. Nat.* 163(1):161-172.
- Pisula, N. and S. Meiners. 2010b. Relative allelopathic potential of invasive plant species in a Young disturbed Woodland. *The Journal of the Torrey Botanical Society.* 137(1):81-87.
- Qasem, J. 1994. Allelopathy effect of white top (*Lapidium draba* L.) on wheat and barley. *Allelopathy Journal.* 27(1):29-40.
- Ramírez-Trejo, M., B. Pérez-García y A. Orozco-Segovia. 2007. Helechos invasores y sucesión secundaria post fuego. *Ciencias.* 85:18-25.
- Rice, E. 1979. Allelopathy: An update. *Bot. Rev.* 45:17-109.
- Silva, M. and T. Belinato. 2010. Interference of *Pteridium arachnoideum* (Kaulf.) Maxon. (Dennstaedtiaceae) on the establishment of rainforest trees Braz. *J. Biol.* 70(2):311-316.
- Taylor, J. E. and J. A. Thomson. 1998. Bracken litter as mulch: glasshouse evaluation of phytotoxicity. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 38(2):161-169.
- Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology.* 63(3):995-1.001.
- Torres, S., M. Puente, F. de Cupere, M. Puerto y M. Rodríguez. 2003. Efecto alelopático del Boniato (*Ipomea batata* L. (Lam), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. *Centro Agrícola.* 30(1):59-63.
- Wang, H., B. Chen, L. Hsu, Y. Cheng, Y. Liou and C. Wang. 2011. Allelopathic effects of bracken fern (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) in Taiwan. *Allelopathy Journal.* 27(1):97-110.
- Zhang, C. and S. Fu. 2010. Allelopathic effects of leaf litter and live roots exudates of *Eucalyptus species* on crops. *Allelopathy Journal.* 26:91-100.

Características físicas, químicas y funcionales de las harinas obtenidas por secado del ñame, ocumo y mapuey

Physical, chemical and functional characteristics of flour of yam, taro and mapuey

Auris García¹, Elevina Pérez² y Rafael Dávila¹

Profesores. Universidad Central de Venezuela (UCV). ¹Facultad de Agronomía y ²Facultad de Ciencias. Maracay 2105. Estado Aragua. Venezuela.

Correo electrónico: aurisgarcia@hotmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de estudiar la potencialidad de los tubérculos de ñame (*Dioscorea alata* L.), ocumo, (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) y mapuey, (*Dioscorea trifida* L.), cultivados en Venezuela, se evaluó el secado por convección a dos temperaturas, para obtener harinas como materia prima de uso agroindustrial. La metodología permitió determinar algunas características físicas, organolépticas, químicas y funcionales, siguiendo los métodos de la Association of Official Analytical Chemist. Los resultados indicaron que el tiempo promedio de secado de los tubérculos frescos a la temperatura de 60 y 80 °C, fue de 180 y 120 min, obteniendo harinas con bajos contenidos de humedad (2,32 a 7,44 g/100 g) y actividad de agua ($aw < 0,6$), que predijeron su alta estabilidad. El análisis químico indicó para las harinas de ñame, seguido de ocumo y mapuey deshidratadas a 60 °C, un mayor contenido de almidón (70,5 a 79,96 g/100 g), proteína (3,84 a 6,77g/100 g) y fibra dietaria (4,84 a 7,58 g/100 g), que al incluirlas en formulaciones de harinas compuestas, pueden elevar el valor nutricional. El rendimiento del proceso de secado para ambas condiciones fue entre 27, 26 a 30,44%, considerado aceptable para propósitos agroindustriales. En las características funcionales se encontró que las harinas de mapuey, seguida de ocumo y ñame deshidratadas a 80 °C, presentaron una alta capacidad de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento, ideales para elaborar geles con alta capacidad espesante y baja tendencia a la retrogradación, mientras las deshidratadas a 60 °C, resultaron convenientes para formular productos de alta consistencia.

Palabras clave: *Dioscorea alata* L., *Xanthosoma sagittifolium* L. Schott, *Dioscorea trifida* L., secado por convección, propiedades.

ABSTRACT

In order to study the potential of yam (*Dioscorea alata* L.), taro (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) and mapuey (*Dioscorea trifida* L.) for agro-industrial use, they were dry by convection at 60 and 80 °C to obtain flours. The methods of the Association of Official Analytical Chemist were used to evaluate some physical, chemical, sensorial and functional characteristics. The results shown that the average time of drying were 180 and 120 minute for 60 and 80 °C, respectively, which yield with low moisture content (from 2.32 to 7.44 g/100 g) and water activity ($aw < 0,6$): these flours showed a high stability. For yam, taro and mapuey dehydrated at 60 °C the starch content range from 70.5 to 79.96 g/100 g, the protein from 3.84 to 6.77g/100 g and the dietary fiber from 4.84 a 7.58 g/100 g, so that including these flours into mixed or composed flours would rise its nutritional value. The yield performance of the drying process ranged from 27.26 a 30.44% for both temperature and flours evaluated, which is acceptable for agroindustrial purpose. Also, it was found that mapuey, followed by taro and yam dehydrated 80 °C, showed a high water absorption capacity, and solubility and swelling power, which are ideal characteristics to produce gels with high thickener capacity and low tendency to retrogradation, while that dry at 60 °C were suitable for making products of high consistency.

Key words: *Dioscorea alata* L., *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott, *Dioscorea trifida* L., convection drying, properties.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, los rubros autóctonos del grupo de los tubérculos como el ñame (*Dioscorea alata* L.), el ocumo (*Xanthosoma sagittifolium* L. Schott) y el mapuey (*Dioscorea trifida* L), son considerados promisorios y recursos alimentarios de alta calidad que representan la sostenibilidad de la economía de las poblaciones rurales de las distintas regiones donde se cultivan, y que históricamente forman parte de la dieta de sus poblaciones originarias (De Melo, 2006).

Estos rubros adquieren un gran valor económico y estratégico para el sector agroindustrial, como posibles materias primas para la obtención de almidones y harinas (Montaldo *et al.*, 1992; Bou *et al.*, 2006), otras investigaciones demuestran que las propiedades funcionales que poseen algunos tubérculos, son compatibles para la producción agroindustrial de diversos tipos de alimentos de consumo masivo (Pacheco y Techeira, 2009; Pacheco *et al.*, 2008; Sandoval *et al.*, 2007; Bou *et al.*, 2006; Pérez y Pacheco, 2005; Rincón *et al.*, 2000).

Montaldo *et al.* (1992) y Rivera (2007) coinciden en señalar que la siembra de estos cultivos, como la mayoría de las raíces y tubérculos en el país, se establece en un amplio rango de temperaturas entre 15 a 30 °C, altitudes hasta 4.000 m s. n. m. y precipitación desde 500 a 1.500 mm anual, condiciones que aunque contribuyen a un desarrollo vegetativo lento, favorecen a la mayor acumulación de carbohidratos, materia seca entre 15 a 35 g/100 g y la formación de tubérculos con epidermis no endurecida y sin crecimiento secundario.

Tradicionalmente se cultivan en pequeñas superficies, menores a 10 ha, generalmente en forma asociada, adaptándose a una gran diversidad de textura de suelos franco, arenoso, franco-arenoso y franco-limoso, que favorecen el libre desarrollo de estos tubérculos y una menor resistencia mecánica para el proceso de la cosecha manual o semi-mecanizada.

Los cultivos de raíces y tubérculos presentan un ciclo vegetativo entre 9 a 14 meses, según la especie y una producción con rendimientos variables (4,9 a 18 t ha⁻¹). El índice de madurez varía de una especie a otra, pero desde el punto de

vista fisiológico, corresponde al mayor contenido de materia seca alcanzada al completarse el máximo crecimiento y desarrollo del tubérculo (Tapia, 2001; Chacón *et al.*, 2005; Simón y Mariño, 2005).

Estos rubros son reconocidos como prececeros y la deshidratación por el método de secado a convección surge como una técnica alternativa para la reducción de las pérdidas físicas en la poscosecha, que a nivel mundial llegan hasta un 30%. Asimismo, para su aprovechamiento en la transformación de harinas que pueden ser utilizadas en la elaboración de alimentos de preparación rápida, tales como: galletas, mezcla para productos instantáneos, sopas, panquecas, bebidas, flanes o pudines, (Pérez y Pacheco, 2005; Sangronis *et al.*, 2006; García *et al.*, 2007; Pacheco *et al.*, 2008; Jimoh *et al.*, 2009; Palomino *et al.*, 2010). Esta alternativa contribuye a incentivar la producción y demanda de estos tubérculos, no sólo para el consumo directo, sino también para la industria de alimentos (Pérez, 2001).

El secado por convección, se produce por contacto directo del aire caliente sobre el material sólido húmedo, que por evaporación elimina el agua superficial tensoactiva y ligada, presente en el tejido hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio en el sólido (Fioreze y Morini, 2000; Krokida *et al.*, 2003; Montes *et al.*, 2008). Además, Brennan *et al.* (1998), Roquel (2008); Montes *et al.* (2009) proponen el uso de secadores de bandeja con ventilación forzada, en el rango de temperaturas entre 60 a 80 °C, por originar un menor efecto en el detrimento de la calidad sensorial.

Por su parte, Yadav *et al.* (2006) señalan que el secado por convección origina modificaciones en la estructura del almidón, que conllevan a interacciones con otros constituyentes y a transiciones de fases (transiciones vítreas), donde las moléculas de amilosa-amilopectina pierden su organización molecular, resultando en un polímero parcialmente cristalizado, plastificado por el agua y afectado tanto en su peso molecular promedio, como en sus propiedades funcionales de capacidad de absorción de agua, aceite y formación de las suspensiones acuosa, por presentar propiedades espesantes o gelificantes con una menor tendencia a la retrogradación.

Por lo expuesto, se propuso en esta investigación evaluar las características físicas, químicas y funcionales de las harinas de ñame, ocumo y mapuey obtenidos de material seco a 60 y 80 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Procesos y Equipos Postcosecha del Instituto de Ingeniería Agrícola y en el Laboratorio de Bioquímica de Alimentos "Dra. Emperatriz Pacheco de Delahaye", Instituto de Química y Tecnología, de la Facultad de Agronomía en la Universidad Central de Venezuela, núcleo Maracay, estado Aragua. El material de estudio se basó en tubérculos de ñame, ocumo (ambos del morfotipo criollo blanco) y mapuey (morfotipo morado), procedentes de los principales centros de producción del estado Portuguesa, municipio Ospino; estado Monagas, municipio Bolívar y Amazonas, municipio Atures, respectivamente.

La colecta de las muestras se hizo siguiendo la norma COVENIN N° 1769-81, referida al plan de muestreo global reducido, estableciendo dos lotes de 20 kg cada uno, por duplicado del tubérculo, para ser sometidos al proceso de secado con el método de convección a la temperatura de bulbo seco de 60 y 80 °C, con la finalidad de obtener dos tipos de harinas a partir de productos frescos sanos, enteros, libre de enfermedades y daños por insectos-plagas o físico-mecánicos. Las harinas obtenidas se sometieron a una caracterización física, organoléptica, química proximal y funcional siguiendo los métodos estandarizados de la AOAC (1990) y AACC (2000).

Los datos de los distintos ensayos se analizaron por pruebas estadísticas descriptivas, análisis de varianza y comparación de medias para un nivel de confianza del 95% (α : 0,05), bajo un diseño completamente aleatorizado (Montgomery, 1991), usando el programa computarizado Statistix con un soporte técnico de Windows 2007.

Determinación de la curva de secado por convección para la obtención de las harinas

En la elaboración de las harinas se utilizó el esquema tecnológico de Pacheco (2001), aplicando al material fresco, las operaciones de

selección, lavado, desinfección, tratamiento por inmersión con una solución de ácido cítrico al 0,5% para el control del oscurecimiento enzimático (Salazar *et al.*, 2010), troceado del producto en láminas (4x2x0,1 cm), centrifugado para eliminar el exceso de humedad, secado por el método de convección con aire forzado, molienda de las láminas deshidratadas para la obtención de la harina (malla: 60 mesh: 0,248 mm), empacado en bolsas aluminizadas de poliéster termoselladas y conservación en refrigeración a 5 ± 1 °C para mantener las características de las harinas hasta el momento de su evaluación.

Para las curvas de secado, se planteó ensayar las temperatura de bulbo seco a 60 y 80 °C, con una velocidad fija de flujo de aire seco caliente de 11 m/s en un secador de gabinete o bandeja de marca Procter y Swchwartz, SCM Corporation Philadelphia, E.E. U.U. y describir la proyección de la tasa de pérdida de agua y el contenido de humedad final (humedad de equilibrio) en el material seco.

Determinación de las características físicas, organolépticas, químicas y funcionales

Las características físicas medidas fueron: el contenido de humedad (AOAC, 1990; N° 925,09), actividad del agua (Guzmán *et al.*, 2006); usando un psicométrico Equoi Aqualab Decagon y rendimiento de producto fresco (cantidad de harina por 100 g), expresado en porcentaje (Pacheco, 2001).

La determinación del color y la cromaticidad se midió como característica organoléptica por Hunter (2001), mientras los análisis químicos proximales, expresadas en gramos por cada 100 g, fueron los contenidos de proteína (AOAC, 1990; N° 979.09), ceniza total (AOAC, 1990; N° 923.03), grasa (AOAC, 1990; N° 920.39), azúcares totales y reductores (AOAC, 1990; N° 925.36), taninos (usando el reactivo de Folin Ciocalteu Kaluza *et al.*, 1980), almidón disponible (método multienzimático de Holm *et al.*, 1986), amilosa (Juliano, 1971), amilopectina calculada por diferencia del contenido de amilosa (método de Juliano, 1971) y fibra dietética (método enzimático-gravimétrico, Prosky *et al.*, 1988, publicado en la AOAC, 1990 N° 985.29). Adicionalmente, se midió el pH (método Covenin N° 1315-79).

Las características funcionales medidas fueron: **a)** capacidad de absorción de agua a temperatura ambiente por el método de Wang y Kinsella (1976) utilizando 1 g de muestra en 10 ml de agua destilada, centrifugando (velocidad fija de 2500 rpm por 25 min) y estandarizando el residuo (temperatura de 50 °C por 20 min), por diferencia de pesos, se expresaron los resultados en gramos de agua absorbidos por gramo de almidón; **b)** capacidad de absorción de aceite por el método de Dench *et al.* (1981), se hizo mezclando 0,5 g de muestra en 3 ml de aceite, centrifugando (velocidad fija de 3500 rpm por 25 min) y descartando el exceso de aceite, estableciendo la diferencia de pesos para expresar los resultados en gramos de aceite absorbidos por gramos de almidón; **c)** capacidad de absorción de agua, solubilidad y poder de hinchamiento en el intervalo de temperatura de 60 a 95 °C, por el método de Whistler (1964), que constituye la temperatura de gelatinización y absorción de agua como variables específicas de cada tipo de almidón.

La estimación del contenido de sólidos solubles (SS), absorción de agua (AA) y poder de hinchamiento (pH), se realizó según se muestra en las ecuaciones 1, 2, y 3,

$$\% \text{ SS} = (b/W2) \times 100 \quad (1)$$

$$\% \text{ AA} = (a-W3)/w3 \quad (2)$$

$$\% \text{ pH} = \frac{(a \times 100)}{W2} \times (100 - \% \text{ SS}) \quad (3)$$

donde, W2 es el almidón en cada alícuota y se estima según la ecuación 4, en la cual W1 es el contenido de almidón

$$W2(\%) = \frac{A \times W1}{100} \quad (4)$$

en la suspensión y se estima según la ecuación 5. A es el peso de alícuota (g), a es el peso del sedimento en el tubo y b es el peso del residuo en la cápsula.

$$W1(\%) = \frac{\text{peso (g) almidón base seca}}{\text{peso (g) almidón base húmeda}} + 200 \quad (5)$$

En la ecuación 2, W3 es el almidón residual en cada alícuota y se estima según la ecuación 6

$$W3 = W2 - b \quad (6)$$

También, se determinó el comportamiento reológico de la viscosidad, por el método AACC (2000) número 61-02, usando un viscoamiloógrafo rápido (Rapid Visco™ Analyzer [RVA] Super3, Newport Scientific, modelo 3D Australia), que permitió medir la resistencia del flujo de la pasta a una tensión de desplazamiento constante en función de la variación de temperatura registrada por el programa de computación Thermocline para Windows (TCW). Para el perfil viscoamilográfico, se utilizó el estándar número uno a partir de la suspensión de harina a una concentración de sólidos de 18%, bajo condiciones controladas de temperatura desde 50 a 95 °C y velocidad de 960 a 160 rpm. Los resultados se expresaron en unidades de RUV para los valores de la viscosidad pico, media y final, estabilidad del gel o "breakdown" (viscosidad pico-viscosidad media), retrogradación o "setback" (viscosidad final-viscosidad pico), consistencia (viscosidad final-viscosidad media) y temperatura de gelatinización o empaste denotada en grados centígrados (°C). Todas las mediciones fueron por cuadruplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la curva de secado por convección

Las curvas de secado permitieron visualizar el comportamiento de los cambios de masa y forma de transferencia de calor en los tres tubérculos, durante la deshidratación a las temperaturas de 60 y 80 °C, determinando para ambas condiciones de secado, períodos de velocidad decreciente del contenido de agua inicial (tensoactiva o superficialmente libre) hasta llegar a la humedad de equilibrio, como consecuencia de la menor cantidad de agua tenso activa y parcialmente ligada, que se difundió a través del sólido, debido a la menor disposición de los sitios activos (o enlaces de hidrógeno) en los polímeros de almidón para la unión con el agua (Westgate *et al.*, 1992).

Este comportamiento siguió un modelo polinomial (cinética de tercer orden (dx/dt)) con un coeficiente de determinación (R²) de 0,99, establecido por la relación exponencial negativa entre los cambios de la humedad promedio del

sólido (SS), como consecuencia del mecanismo de difusión del aire seco a su paso por el tejido poroso. El tiempo de secado varió de 180 a 120 min, a las temperaturas de 60 y 80 °C, respectivamente (Figura 1), siendo similares a la cinética de secado por convección de *Dioscorea rotundata* (Montes *et al.*, 2008).

Bajo estas condiciones de secado, hubo una reducción del contenido de agua inicial de trozos de ñame (75,63 g/100 g), ocumo (77,89 g/100 g) y mapuey (73,94 g/100 g), aproximadamente un 75 a 80%, con cambios en la estructura física visible del material (reducción del tamaño, deformaciones, fisuras, fracturas y encostramiento superficial), indicativos de un tejido seco, apto para la obtención de harina, con características estables de humedad final, tanto a la temperatura de 60 °C (6,64; 7,44 y 6,44 g/100 g) como de 80 °C (5,50; 5,09 y 3,42 g/100 g) en los empaques usados (Cuadro 1). Estas observaciones fueron parecidas a las descritas para productos vegetales (Krokida *et al.*, 2003; Yadav *et al.*, 2006; Montes *et al.*, 2009).

Características físicas y organolépticas de las harinas y rendimiento

Contenido de humedad, actividad de agua y color: el bajo contenido de humedad obtenido en las harinas de ñame, ocumo y mapuey (Cuadro 2), se relacionó con una baja actividad de agua (a_w : 0,38-0,53) que fue indicativa de una estabilidad, tanto en su estructura física, como ante el desarrollo de microorganismos deteriorativos y cambios bioquímicos indeseables, durante el almacenamiento a temperatura ambiente, siempre y cuando el producto se encuentra bien empacado (Jimoh *et al.*, 2009; Montes *et al.*, 2008; Labuza *et al.*, 1985).

Respecto al contenido de humedad, los resultados están a la misma magnitud que los reportados por García y Pacheco (2009) de 3,11 y 4,23 g/100 g en harina de *A. xanthorrhiza* L., sometidas a un secado por convección a la temperatura de 60 y 80 °C, respectivamente. Estas harinas se caracterizaron por presentar en términos de color, altos valores de luminosidad con una baja influencia de la variación del croma **a**, pero sí del croma **b** (Cuadro 3), por la formación de los compuestos del pardeamiento no enzimático

(degradación azúcares, aminoácidos, vitaminas, entre otros) ocurridos durante el proceso de deshidratación.

Los valores promedio de la cromaticidad (C) mostraron una tendencia a la coloración crema claro, que puede ser aceptado por el consumidor. Según González e Ileana (2007), determinan que esto se debe a la luz reflejada o transmitida por las harinas no convencionales, normalmente produce una sensación subjetiva o percepción visual al ojo humano que lo asemeja a la harina de trigo.

De acuerdo a estos resultados, la técnica de secado ensayada desde el punto de vista comercial, podría resolver el problema percedero de estos rubros, al transformarlos en harinas y en una posible materia prima a ser usada por la agroindustria en el desarrollo de harinas compuestas destinadas a la formulación de productos tradicionales o novedosos.

Rendimientos de las harinas: los rendimientos promedio en las harinas deshidratadas a la temperatura de 80 °C (ñame 30,44%, ocumo 28,30% y mapuey 26,89%), fueron similares a los obtenidos a la temperatura de 60 °C (Cuadro 4), encontrándose que el rendimiento de la harina de mapuey fue superior al indicado por Bou *et al.* (2006), obteniendo valores de 18,48 g/100 g en el morfotipo blanco y 19,90 g/100 g para el morado, los cuales fueron considerados aceptables en función al factor de desecho. En consecuencia, los rendimientos obtenidos en las harinas en estudio, para las dos temperaturas (60 y 80 °C) y tiempos de secado (180 y 120 min), pueden resultar de interés para fines agroindustriales.

Características químicas de las harinas en estudio

El Cuadro 5 presenta las características químicas proximal de las harinas en estudio, se observa que las muestras deshidratadas a 60 °C (2,12 a 3,26 g/100 g) y 80 °C (2,15 a 3,38 g/100 g), presentaron bajos contenidos de ceniza, en comparación con lo reportado para la mayoría de las raíces y tubérculos tropicales de 0,44 a 4,10 g/100 g (Hernández *et al.*, 2008; Palomino *et al.*, 2010). Sin embargo, representa un aporte variable en algunos minerales de importancia en la dieta del individuo (Pérez, 2007).

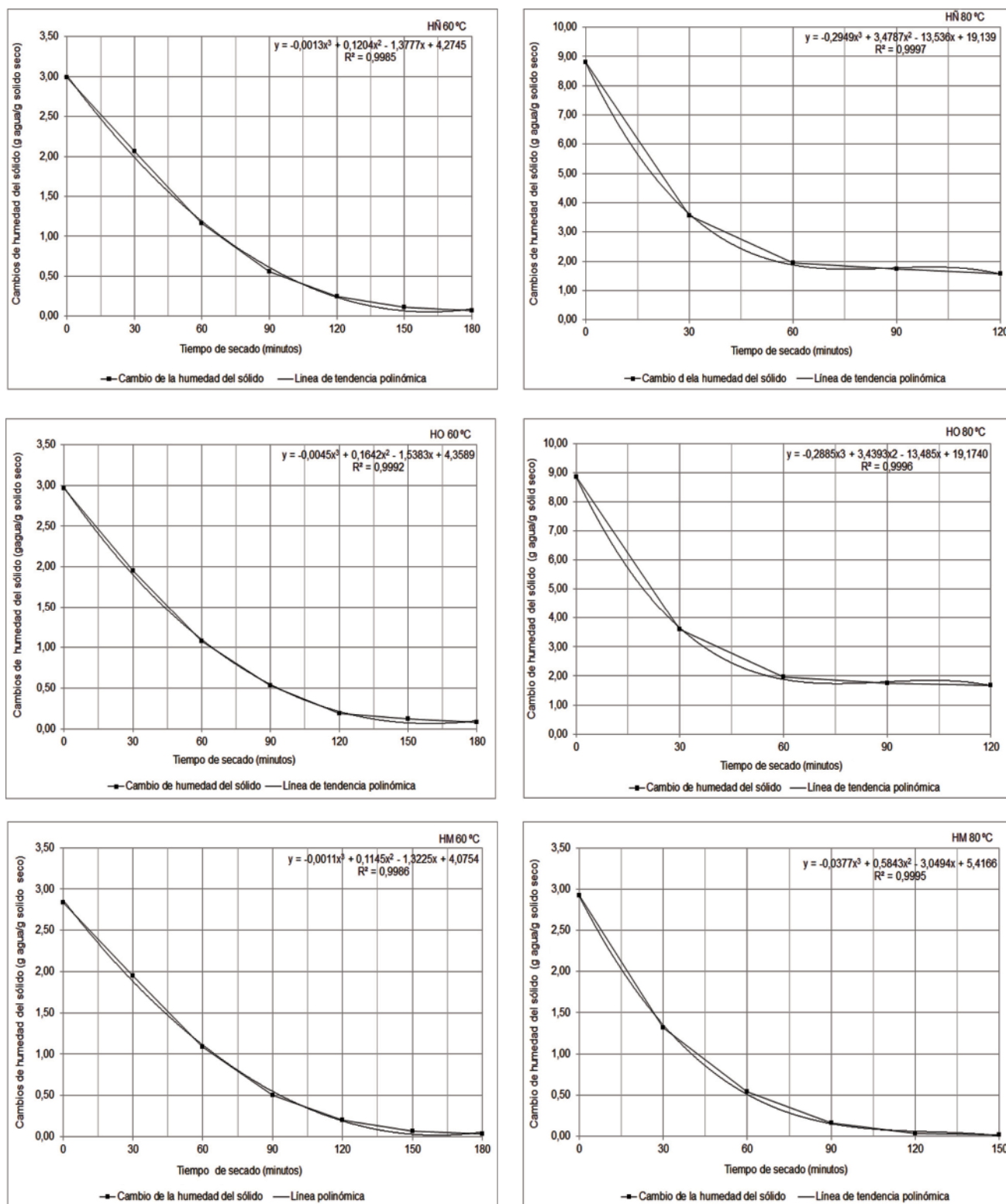


Figura 1. Curvas de secado de los tubérculos ñame (HÑ), ocumo (HO) y mapuey (HM) por el método de convección a la temperatura de 60 y 80 °C para la obtención de harinas.

Cuadro 1. Contenido de humedad de los tubérculos de ocumo, ñame, mapuey y sus harinas deshidratadas por el método de convección a la temperatura de 60 y 80 °C.

Producto	Humedad inicial de los tubérculos (g/100g)	Humedad final (g/100g) de las harinas deshidratado a la temperatura	
		60 °C	80 °C
Ñame	75,63 ± 0,04	6,64 ± 0,04	5,50 ± 0,05
Ocumo	77,89 ± 0,05	7,44 ± 0,03	5,09 ± 0,03
Mapuey	73,94 ± 0,04	6,44 ± 0,02	3,42 ± 0,01
Tiempo de secado		180 minutos	120 minutos

Valores promedios ± desviación estándar

Cuadro 2. Características físicas de las harinas deshidratadas por el método de convección a la temperatura de 60 y 80 °C.

Característica física	Harinas deshidratadas a 60 °C			Harinas deshidratadas a 80 °C		
	Ñame	Ocumo	Mapuey	Ñame	Ocumo	Mapuey
Humedad (g/100g)	6,64 ± 0,04 ^b	7,44 ± 0,03 ^a	6,44 ± 0,02 ^b	5,50 ± 0,05 ^c	5,09 ± 0,03 ^c	3,42 ± 0,01 ^d
Actividad de agua	0,51 ± 0,02 ^b	0,53 ± 0,01 ^a	0,50 ± 0,02 ^b	0,48 ± 0,01 ^c	0,44 ± 0,01 ^d	0,38 ± 0,01 ^e

Letras iguales en una misma fila, indica que no existe diferencias significativas entre las muestras (P>0,05).

Cuadro 3. Característica organoléptica del color en las harinas deshidratadas por el método de convección a la temperatura de 60 y 80 °C.

Parámetros del color	Harinas deshidratadas a 60 °C			Harinas deshidratadas a 80 °C		
	Ñame	Ocumo	Mapuey	Ñame	Ocumo	Mapuey
L	87,95 ± 0,05	86,61 ± 0,06	83,04 ± 0,04	85,40 ± 0,05	84,23 ± 0,04	81,74 ± 0,04
a	2,02 ± 0,03	1,47 ± 0,02	1,65 ± 0,02	0,97 ± 0,01	0,62 ± 0,02	0,64 ± 0,03
b	7,55 ± 0,04	5,98 ± 0,02	4,86 ± 0,04	8,64 ± 0,02	7,50 ± 0,04	5,69 ± 0,03
Cromaticidad	7,81 ± 0,02 ^b	6,16 ± 0,01 ^c	5,13 ± 0,03 ^d	8,69 ± 0,01 ^a	7,52 ± 0,02 ^b	5,73 ± 0,02 ^c

C: cromaticidad. L = luminosidad, 100=blanco, 0=negro, croma a: +a = rojo, -a = verde, croma b: +b = amarillo, -b = azul
Letras iguales en una misma fila indica que no existe diferencias significativas entre las muestras (P>0,05).

Cuadro 4. Rendimiento de las harinas deshidratadas por convección a la temperatura de 60 y 80 °C.

Rubro	Rendimiento (%)	
	Harinas deshidratadas a temperatura 60 °C	Harinas deshidratadas a temperatura 80 °C
Ñame	29,34 ± 0,96 ^a	30,44 ± 0,99 ^a
Ocumo	27,26 ± 0,91 ^a	28,30 ± 1,10 ^a
Mapuey	25,99 ± 0,89 ^a	26,89 ± 0,76 ^a

Promedios expresados en base seca.

Letras iguales indican inexistencia de diferencias significativas entre las muestras (P>0,05)

Cuadro 5. Características químicas proximales de las harinas deshidratadas por el método de convección a la temperatura de 60 y 80 °C.

Contenidos (g/100g)	HÑ 60 °C	HÑ 80 °C	HO 60 °C	HO 80 °C	HM 60 °C	HM 80 °C
Ceniza	2,46 ± 0,04 ^b	2,33 ± 0,03 ^b	3,26 ± 0,05 ^a	3,38 ± 0,06 ^a	2,12 ± 0,07 ^c	2,15 ± 0,04 ^c
Proteína	6,77 ± 0,04 ^a	5,20 ± 0,08 ^b	4,84 ± 0,04 ^c	4,05 ± 0,07 ^d	6,37 ± 0,04 ^a	5,75 ± 0,06 ^b
Grasa	0,38 ± 0,01 ^e	0,36 ± 0,02 ^e	1,13 ± 0,03 ^a	0,92 ± 0,04 ^b	0,53 ± 0,04 ^c	0,45 ± 0,04 ^d
Almidón	79,96 ± 0,07 ^a	77,48 ± 0,09 ^a	74,91 ± 0,10 ^b	71,21 ± 0,08 ^d	72,60 ± 0,11 ^c	70,84 ± 0,09 ^d
Azúcares totales	4,77 ± 0,20 ^f	7,66 ± 0,06 ^e	9,63 ± 0,11 ^d	12,5 ± 0,10 ^c	13,51 ± 0,12 ^b	15,14 ± 0,09 ^a
Fibra dietaria	4,89 ± 0,05 ^d	6,21 ± 0,05 ^b	5,76 ± 0,03 ^c	7,58 ± 0,11 ^a	4,84 ± 0,04 ^d	5,18 ± 0,04 ^c
Taninos	0,77 ± 0,01 ^a	0,76 ± 0,02 ^a	0,47 ± 0,03 ^c	0,36 ± 0,05 ^d	0,56 ± 0,02 ^b	0,49 ± 0,03 ^c

Letras iguales en una misma fila, indican la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas (P>0,05).

Por el contrario, el contenido de proteína tiende a ser mayor en las harinas deshidratadas a la temperatura de 60 °C (4,84 a 6,77 g/100 g) que a 80 °C (4,05 a 5,75 g/100 g), coincidiendo con reportes que indican alto valor biológico por ser ricos en aminoácidos esenciales y particularmente en leucina e isoleucina (Pérez, 2007).

El contenido de grasa presentó valores promedio bajos (0,38 a 1,13 g/100 g; Cuadro 4), similares a los reportados para la mayoría de los tubérculos (Pérez, 2007; Bou *et al.*, 2006; Rincón *et al.*, 2000), mientras el contenido de almidón, además de representar el macro-componente, mostró diferencias estadísticamente significativas (P>0,05) entre las especies por existir una mayor

proporción en los materiales deshidratados a la temperatura de 60 °C, con respecto a 80 °C, determinándose que las harinas de ñame (79,96 y 77,48 g/100 g) tuvieron los valores promedios más altos, seguidos de las harinas de ocumo (74,91 y 71,21 g/100 g) y mapuey (72,60 y 70,84 g/100 g), existiendo en estos gránulos de almidón predominio de la fracción de amilopectina (70,99 a 71,78 g/100 g) sobre la amilosa aparente (28,22 a 29,01 g/100 g). Estos últimos valores coincidieron con los reportados en la mayoría de las raíces y tubérculos procedentes de las regiones tropicales (Cuadro 6), que se ubican en el intervalo de 20 a 30 g/100 g (Pérez, 2007; Espín *et al.*, 2003; Espín *et al.*, 2001).

Cuadro 6. Contenidos de amilosa, amilopectina y azúcares reductores en las harinas deshidratadas por el método de convección a la temperatura de 60 y 80 °C.

Contenidos (g/100g)	HÑ 60 °C	HÑ 80 °C	HO 60 °C	HO 80 °C	HM 60 °C	HM 80 °C
Amilosa	28,22 ± 0,17 ^c	28,99 ± 0,10 ^a	28,24 ± 0,08 ^a	28,72 ± 0,09 ^b	28,94 ± 0,13 ^a	29,01 ± 0,08 ^a
Amilopectina	71,78 ± 0,14 ^a	71,01 ± 0,10 ^c	71,76 ± 0,09 ^a	71,28 ± 0,09 ^b	71,06 ± 0,13 ^c	70,99 ± 0,08 ^d
Azúcares reductores	3,22 ± 0,09 ^e	4,34 ± 0,04 ^d	5,86 ± 0,06 ^c	9,04 ± 0,08 ^b	8,76 ± 0,09 ^b	9,55 ± 0,06 ^a

Letras iguales en una misma fila indican la inexistencia de diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$).

La importancia de un menor contenido de amilosa, está relacionada con las características funcionales de las pastas o geles a la menor retrogradación y no presencia de sinéresis, fenómeno no deseable por indicar re-arreglos de los componentes amiláceos después de la formación del gel, que pierden el dominio de las moléculas de agua saliendo al exterior (Bou *et al.*, 2006).

Con relación a los azúcares totales y reductores, se encontraron mayores contenidos en las harinas deshidratadas a 80 °C que a 60 °C (Cuadros 5 y 6), siendo superiores en la harina de mapuey (15,14 y 9,55 g/100 g) con respecto a las harinas de ñame (7,66 y 4,77 g/100 g) y ocumo (12,5 y 9,63 g/100 g). En el caso del contenidos de azúcares reductores, las harinas de ñame (4,34 y 3,22 g/100 g) y ocumo (9,04 y 5,86 g/100 g), presentaron menores promedios que la harina de mapuey (9,55 y 8,76 g/100 g).

Según Espín *et al.* (2003), en la mayoría de las raíces y tubérculos, los promedios de azúcares totales son variables entre 1,96 a 11,59 g/100 g y reductores de 1,21 a 10,53 g/100 g, pero estas cantidades resultan importantes por influir en las características sensoriales del producto.

La fibra dietaria fue mayor en las harinas de ocumo (7,58 g/100 g), seguida en ñame (6,21 g/100 g) y mapuey (5,18 g/100 g) obtenidas a la temperatura 80 °C que 60 °C (Cuadro 5). Se considera que su disponibilidad al ser usada en la formulación

de alimentos, puede mejorar algunas características funcionales, reológicas y sensoriales en estos productos, elevar el valor nutritivo e incluso aportar beneficios a la salud, como agente protector de ciertas enfermedades (diabetes, cáncer de colon, cardiovasculares) según las cantidades presentes (García *et al.*, 2008; Rayas y Romero, 2008; Park y Floch, 2007).

El contenido de taninos (compuestos fenólicos de alto peso molecular que contienen suficientes hidroxilos y otros grupos como los carboxilos) fue mayor en las harinas de ñame (0,77 y 0,76 g/100 g), aunque en general es bajo tanto en las harinas procesadas a las temperaturas de 60 y 80 °C (Cuadro 5).

Los resultados de taninos coincidieron con lo reportado por Padilla *et al.* (2008); Barrera *et al.* (2004); Yu *et al.* (2002) en harinas de raíces y tubérculos (0,2; -0,89 g/100 g), indicando que son importantes por tratarse de compuestos bioactivos con alta capacidad antioxidante como la vitamina C, E, y β -caroteno.

pH de la harinas en estudio: El pH se encontró cercano a la neutralidad, sin que existieran diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre las harinas. Los valores promedios fueron entre 6,2 a 6,4 (Cuadro 7), parecidos a los señalado por Akissoe *et al.* (2001) y Jimoh *et al.* (2009) en algunas harinas de *Dioscorea alata* y *Dioscorea rotundata*, que indicaron pH de 6,1 a 6,6.

Cuadro 7. Valores promedio del pH en las harinas deshidratadas por convección a las temperaturas de 60 y 80 °C.

Rubro	pH HD 60 °C	pH HD 80 °C
Ñame	6,4 ± 0,01 ^a	6,2 ± 0,01 ^b
Ocumo	6,4 ± 0,01 ^a	6,2 ± 0,01 ^b
Mapuey	6,4 ± 0,01 ^a	6,2 ± 0,01 ^b

HD = harinas deshidratadas.

Letras iguales en una misma fila indican inexistencia de diferencias significativas entre las muestras ($P > 0,05$).

Características funcionales de las harinas en estudio

En la Figura 2 se observa que existió una alta relación entre la capacidad de absorción de agua y poder de hinchamiento, con un $R^2=0,95$ a $0,98$ y una dependencia directa entre la absorción de agua y solubilidad ($R^2= 0,95$ a $0,99$), siendo los valores de la capacidad de poder de hinchamiento y solubilidad superiores para la harina de mapuey (25,88 g/100 g y 22,01%), seguido de la harina de ocumo (22,01 g/100 g y 21,82%) y ñame (20,06 g/100 g y 18,95%) obtenidas a la temperatura de secado de 80 °C.

Una tendencia similar ocurrió para la absorción de agua, siendo mayor en la harina de ocumo deshidratada a 80 °C (20,32 g/100 g), seguido de la harina de mapuey (18,67g/100 g) y ñame (17,27 g/100 g). Es de mencionar, que el resultado para la harina de mapuey, fue muy cercano al determinado por Bou *et al.* (2006).

El comportamiento del poder de hinchamiento de estas harinas, coincide con Hernández *et al.* (2008); Hoover (2001); Lii *et al.* (1995), quienes observaron un hinchamiento gradual de los gránulos de almidón a medida que aumenta la temperatura, debido a la ruptura de los enlaces de hidrógeno intermoleculares de las zonas amorfas, que conllevan a una absorción irreversible y progresiva del agua. Esto como

respuesta del alto contenido de amilopectina, la amilosa tiende a ser más un diluyente e inhibidor del hinchamiento.

Es interesante mencionar, que las harinas deshidratadas por convección a la temperatura de 80 °C, posiblemente presentaron modificaciones físicas en la estructura de los gránulos de almidón, relacionadas con ciertos grados de disrupción sobre el mismo y entre los complejos que pudieran existir, iniciando una mayor solubilización y capacidad de absorción de agua, con la alta capacidad constante de poder de hinchamiento de los mismos, en medio acuoso, en la medida que aumenta la temperatura de calentamiento (García y Pacheco, 2009; Pacheco y Techeira, 2009; Pérez, 2007; Sandoval *et al.*, 2007; Pérez y Pacheco, 2005).

De acuerdo a este análisis, se indica que los materiales deshidratados a la temperatura de 80 °C, tienden a presentar una mayor capacidad espesante y gelificante con respecto a las harinas obtenidas a 60 °C. Según Jimoh *et al.* (2009) las harinas de especies comerciales de *Dióscorea*, deshidratadas a la temperatura de 60 °C, por convección, presentan baja capacidad de absorción de agua, por la presencia de la estructura nativa en los gránulos de almidón.

Esta condición tiende a afirmar que dichas harinas pueden tener una baja resistencia a los esfuerzos de corte, descomposición térmica, alto nivel de retrogradación, sinéresis e incluso pueden impartir una textura gomosa y cohesiva en aquellos alimentos donde se utilizan como agentes espesantes.

Capacidad de absorción de agua a temperatura ambiente: Las harinas deshidratadas a la temperatura de 80 °C de mapuey (2,88 g/g almidón), ñame (2,75 g/g almidón) y ocumo (2,69 g/g almidón), presentaron los mayores valores promedio de capacidad de absorción de agua a temperatura ambiente (CAA) que las harinas obtenidas a 60 °C (Cuadro 8). Mientras los promedios de capacidad de absorción de aceite (CAAc), fueron similares entre las harinas (ocumo: 1,99 y 1,98 g/g, ñame: 1,87 y 1,83 g/g y mapuey: 1,83 y 1,82 g/g) deshidratadas a temperatura de 80 y 60 °C, coincidiendo estos resultados con lo indicado para la mayoría de las harinas de raíces y tubérculos (Pérez, 2007).

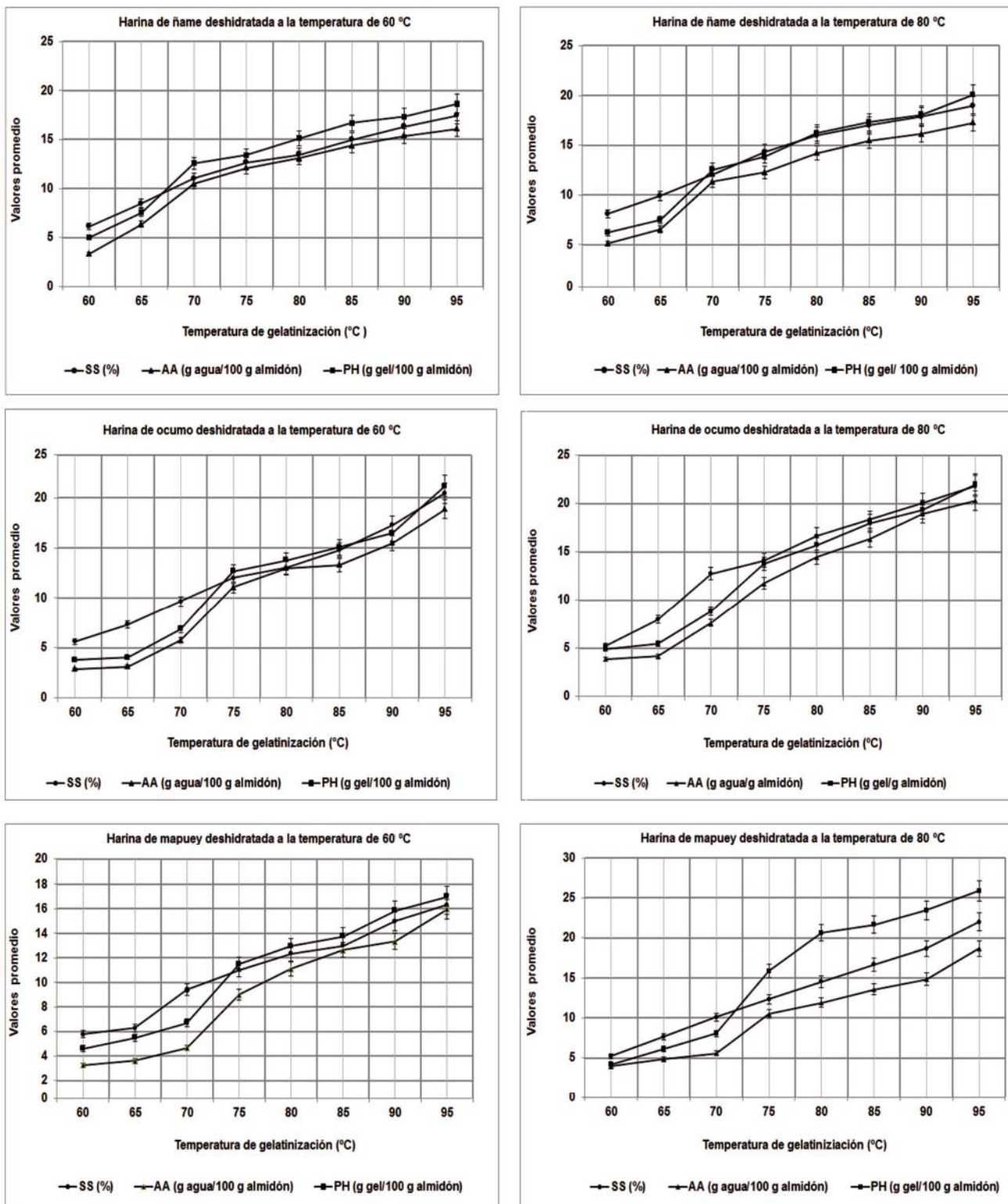


Figura 2. Capacidad de absorción de agua (AA), poder de hinchamiento (PH) y solubilidad (SS) en las harinas deshidratadas por convección a la temperaturas de 60 y 80 °C.

Cuadro 8. Capacidad de absorción de agua a temperatura ambiente y absorción de aceite en las harinas deshidratadas a 60 y 80 °C.

Características funcionales	Tipo de harina		
	Ñame	Ocumo	Mapuey
Absorción de agua (g agua/g almidón)			
HD 60 °C	2,66 ± 0,04 ^c	2,54 ± 0,03 ^d	2,81 ± 0,04 ^a
HD 80 °C	2,75 ± 0,03 ^b	2,69 ± 0,02 ^c	2,88 ± 0,03 ^a
Absorción de aceite (g aceite/g almidón)			
HD 60 °C	1,83 ± 0,05 ^b	1,98 ± 0,03 ^a	1,82 ± 0,03 ^b
HD 80 °C	1,87 ± 0,05 ^b	1,99 ± 0,04 ^a	1,83 ± 0,03 ^c

HD = harinas deshidratadas

Letras iguales en una misma fila, indica que no existe diferencias significativas entre las muestras (P>0,05).

Este comportamiento está relacionado con las posibles modificaciones ocurridas en los gránulos de almidón por efecto del tratamiento térmico a la mayor temperatura de secado de 80 °C, así como a las interacciones que puedan existir entre la proteína-agua, carbohidratos-agua y las acciones físicas de la capilaridad (Sandoval *et al.*, 2007; García y Pacheco, 2007; Pérez y Pacheco, 2005). Es importante señalar que los resultados de alta CAAC promueve la posibilidad de que estas harinas sean usadas en la formulación de diversos productos de panadería, cárnicos, preparación de cremas o sopas, formulación de productos para freír, por ser una característica que tiende a mejorar el sabor y la textura de estos alimentos.

Viscosidad: En el Cuadro 9 se observa que la harina de mapuey deshidratada a 60 y 80 °C, presentó valores promedio de viscosidad máxima (375,00 y 352,67 RUV) que tiende a indicar una mayor inestabilidad de la suspensión del almidón, seguido de las harinas de ñame (197,58 y 203,25 RUV) y ocumo (182,42 y 275,75 RUV).

La inestabilidad del gel, se relacionó con la fragilidad y la solubilidad de los gránulos de almidón hinchados, durante el ciclo de calentamiento. La viscosidad media fue mayor para las harinas obtenidas a la temperatura de 80 °C, atribuido al rearreglo lineal de las moléculas de amilosa liberadas durante el calentamiento (Hoover,

2000), mientras la viscosidad final, en la harina de mapuey (420,00 y 386,00 RUV) tuvo los promedios más altos, con respecto a las harinas de ocumo (226,25 y 351,67 RUV) y ñame (220,17 y 228,42 RUV) deshidratadas a 60 y 80 °C.

Estos resultados coinciden con la mayor capacidad de hinchamiento y absorción de agua que tuvo la harina de mapuey, que conllevó al alto grado de disrupción granular y lixiviación de los componentes hacia el medio circundante durante el calentamiento progresivo hasta la temperatura de 95 °C, y a que ocurriera la formación de un gel firme después de la cocción y del enfriamiento. Esto por la retrogradación de los gránulos de almidón (reorganización de las moléculas y convirtiéndose en una estructura de gel). Resultado similar fue observado por Jimoh *et al.* (2009) en harinas de ñame de dos especies del género *Dióscorea*, deshidratadas por convección a la temperatura de 45 °C, pero con promedios de viscosidad más altos a los reportados en este trabajo.

En todas las muestras en estudio, la viscosidad máxima mostró una disminución gradual, debido a que las moléculas de los gránulos de almidón solubles, se orientaron en la dirección de agitación del sistema originando una reducción, siendo este fenómeno conocido como "Shear Thinning" (Bou *et al.*, 2006; Singh *et al.*, 2007, Parker y Ring, 2001; Hoover, 2001).

Cuadro 9. Viscosidad de las suspensiones de las harinas deshidratadas a la temperatura de 60 y 80 °C.

Parámetros	Temperatura de deshidratación		
	HÑ 60/80 °C	HO 60/80 °C	HM 60/80 °C
Viscosidad máxima (RVU)	197,58/203,25	182,42/275,75	375,00/352,67
Viscosidad media (RVU)	137,92/175,00	147,84/233,58	350,67/350,00
Viscosidad final (RVU)	220,17/228,42	226,25/351,67	420,00/386,00
Temperatura de empaste (°C)	64,90/69,75	72,80/65,00	64,95/70,40
Estabilidad o "Breakdown"	59,66/28,25	34,58/42,17	24,33/2,67
Asentamiento o "Setback"	22,58/25,17	43,83/75,92	45,00/34,00
Consistencia o "Setback total"	82,25/53,42	78,41/118,05	69,33/36,00

HÑ: harina de ñame; HO: harina de ocumo; HM: harina de mapuey

1 RVU = aproximadamente 12 cp (centipoise). Estabilidad o breakdown (viscosidades máxima - viscosidad media). Asentamiento o setback (viscosidad final - viscosidad máxima). Consistencia o "Setback total" (viscosidad final - viscosidad media).

La temperatura de gelatinización o empaste (transición de fase de un estado ordenado a uno desordenado), en las harinas de ñame (64,90 °C) y mapuey (64,95 °C) deshidratadas a 60 °C, fueron similares; mientras la harina de ocumo (65 °C) deshidratada a la temperatura de 80 °C, tuvo un promedio más bajo al compararlo con las harinas de ñame (69,75 °C) y mapuey (70,40 °C) deshidratadas a la misma temperatura. Estos resultados coincidieron con los indicados para la mayoría de los tubérculos de 63-74 °C (Hernández *et al.*, 2008).

Es de mencionar que la formación de geles a temperaturas iguales o superiores de 70 °C, implican altos valores de entalpía (Rodríguez *et al.*, 2006), lo que significa que estas harinas pueden ser utilizadas para elaborar productos que requieren ser sometidos a altas temperaturas de procesamiento (productos enlatados).

La mayor estabilidad de la pasta o "Breakdown" (viscosidad máxima - viscosidad media) se observó en la harina de mapuey obtenida a 60 y 80 °C (24,33 y 2,67 RUV), mientras el valor más alto de inestabilidad del gel, se determinó para la harina de ñame deshidratada la temperatura de 60 °C

(59,66 RUV), debido a la alta fragilidad para la ruptura de los gránulos de almidón al inicio del enfriamiento, que sobrellevó la pérdida de la viscosidad.

Paralelamente, se detectó un aumento en la viscosidad al final del período de enfriamiento en las distintas suspensiones, restableciendo los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de amilosa/ amilopectina y la pérdida del calor en el sistema donde varios constituyentes (gránulos hinchados, fragmentos de gránulos hinchados, moléculas de almidón coloidal y molecularmente dispersas), tienden al proceso de retrogradación.

Este comportamiento es característico para la mayoría de las harinas de tubérculos (Jimoh *et al.*, 2009; Pérez, 2007; Singh *et al.*, 2007; Sandoval *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2006; Spin *et al.*, 2003).

La diferencia de la viscosidad a 50 °C, con respecto a la máxima viscosidad, es denominado asentamiento o "setback" (viscosidad final y máxima), siendo este valor menor para las harinas obtenidas por secado a la temperatura de 80 °C que a 60 °C en las harinas de ñame

(22,58 y 25,17 RUV), mapuey (45,00 y 34,00 RUV) y ocumo (43,83 y 75,92 RUV), permitiendo inferir una baja tendencia a la retrogradación en el orden indicado. Estos eventos son importantes al momento de decidir incorporar este material amiláceo en algún producto que necesite enfriamiento durante su preparación (pudines, flanes, atoles, entre otros).

La consistencia o "setback total" (viscosidad final y media), fue mayor para las harinas de ñame (82,25 RUV) y ocumo (78,41 RUV) deshidratadas a 60 °C, que en las harinas de mapuey (69,33 RUV), mientras la harina de ocumo deshidratada a 80 °C, mostró menor consistencia por haber tenido el valor promedio más alto (118,05 RUV), siendo los valores más bajos detectados en las harinas de mapuey (36,00 RUV) y ñame (53,42 RUV) deshidratadas a 80 °C, estos resultados son el reflejo del comportamiento del contenido de amilosa en estas suspensiones al enfriarse, lo cual fue coincidente con las experiencias de Rodríguez *et al.* (2006).

CONCLUSIONES

El método de secado por convección a la temperaturas de 60 y 80 °C, permitió obtener harinas con bajos contenidos de humedad y actividad de agua, estables ante cambios físicos y bioquímicos, con rendimientos considerados de interés para fines agroindustriales.

Los análisis de las características físicas y químicas, fueron similares a la reportada en la mayoría de las harinas de raíces y tubérculos, pero funcionalmente distintas, atribuidas a las modificaciones de los gránulos de almidón por efecto de los tratamientos térmicos, particularmente las deshidratadas a la temperatura de 80 °C, y a las interacciones entre proteína-agua, carbohidratos-agua y las acciones físicas de capilaridad.

Las harinas son ideales para obtener geles con una mayor capacidad espesante y baja tendencia a la retrogradación. Siendo referida la harina de mapuey, como adecuada para elaborar productos que requieren ser sometidos a altas temperaturas de procesamiento (productos enlatados).

Las harinas de ñame y ocumo, deshidratadas a 60 °C, se consideraron convenientes para obtener productos con alta consistencia y en general las

harinas sometidas a esta temperatura, manteniendo un mayor contenido de algunos componentes de valor nutricional, que son de interés para formulaciones de harinas compuestas.

AGRADECIMIENTO

Por el apoyo a nivel de laboratorio de análisis de alimentos a la TSU Gloria Betancourt e Isolina Corcega, la doctora Emperatriz Pacheco del Laboratorio de Bioquímica de Alimentos y Laboratorio de Procesos y Equipos Postcosecha, respectivamente. Igualmente, a la Profesora Gladiana Praderes en las actividades de logística (UCV-FAGRO) y al CDCH-UCV por su parcial financiamiento.

LITERATURA CITADA

- Akissoe, N., J. Hounhouigan, N. Bricas, P. Vernier, O. Nasco and O. Olorun. 2001. Physical, chemical and sensory evaluation of dried yam (*Dioscorea rotundata*) tubers, flour and 'Amala' a flour derivatives product. *Food Chemistry*. 77:203-208.
- AACC (The American Association of Cereal Chemist). 2000. Viscosity determination. *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist* n° 61-02. St. Paul, MN, E.E. U.U. 1.200 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Dietary fiber determination. *Official methods of analysis* n° 985.29. 15 ed. Washington, DC (USA). 980 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Lipid determination. *Official methods of analysis* n° 920.39. 15 ed. Washington, DC (USA). 980 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Moisture determination. *Official methods of analysis* n° 925.09. 15 ed. Washington, DC (USA). 980 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Protein determination. *Official methods of analysis* n° 979.09. 15 ed. Washington, DC (USA). 980 p.

- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Total ash Determination. Official methods of analysis n° 923.03. 15 ed. Washington, DC (USA). 980 p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1990. Total sugar and reductors determination. Official methods of analysis n° 925.36. 15 ed. Washington, DC (USA). 980 p.
- Barrera, V., C. Tapia y A. Monteros. 2004. Raíces y tubérculos andinos. Alternativas para la conservación y uso sostenibles en el Ecuador. INIAP. Quito, Ecuador. 178 p.
- Bou, L., C. Vizcarrondo, A. Rincón y F. Padilla. 2006. Evaluación de harinas y almidones de mapuey (*Dioscorea trifida* L.) variedades blanco y morado. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 56(4):375-383.
- Brennan, J., J. Brutters, N. Cowell y A. Lilley. 1998. Las operaciones de la Ingeniería de los alimentos. 3a ed. Acribia. Zaragoza, España. 714 p.
- Chacón, A., L. Gómez y S. Torres. 2005. Aclimatización de plántulas de yampí (*Dioscorea trifida*) y ñame (*Dioscorea alata*) producidas *in vitro*. Revista Agronomía Costarricense. 29(3):47-58.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1981. Frutas tomas de muestra N° 1769-81. 1era. Revisión. Publicación de Fondo-norma, Categoría C. CDU. 634.1/7:620.11. Caracas, Venezuela. 8 p.
- COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales). 1979. Alimentos. Determinación de pH. N° 1315-79. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Norma Venezolana. Ministerio de Fomento. Ediciones Fondonorma. Caracas- Venezuela. 4 p.
- De Melo, S. 2006. Mesa redonda sobre complementariedad de la producción sostenible frutihortícola Amazónica con el desarrollo de microempresas agroindustriales en los países del tratado de cooperación amazónica. FAO para América Latina y el Caribe Amazónica. Serie 33. Lima, Perú. 50 p.
- Dench, J., E. Rivas and J. Caygill. 1981. Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. Journal Science of Food and Agriculture. 32:557.
- Espín, S., B. Brito, E. Villacrés, A. Rubio, C. Nieto y J. Grijalva. 2001. Composición química, valor nutricional y usos potenciales de siete especies de raíces y tubérculos andinos. Acta Científica Ecuatoriana. 7(1):43-49.
- Espín, S., E. Villacrés y B. Brito. 2003. Caracterización físico-química, nutricional y funcional de raíces y tubérculos andinos. Revista Centro Interamericano de la Papa. 1:101-107.
- Fioreze, R. and B. Morini. 2000. Yam (*Dioscorea* sp.) drying with different cuts and temperatures experimental and simulated results. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 20(2):262-266.
- García A. y E. Pacheco. 2009. Hidrólisis enzimática *in vitro* y microscopia electrónica de la harina horneada y extrudida de arracacha. Agronomía Trop. 59(3):297-308.
- García A., E. Pacheco, J. Tovar y E. Pérez. 2007. Caracterización fisicoquímica y funcional de la harina de arracacha (*A. xanthorrhiza*) para sopas instantáneas. Revista Ciencia y Tecnología de los Alimentos, CYTA- México. 5(5):384-393.
- García, O., R. Infante y C. Rivera. 2008. Hacia una definición de fibra alimentaria. Anales Venezolanos de Nutrición. 21(1):25-30.
- González, A. y V. Ileana. 2007. El color en la industria de los alimentos. Editorial Universitaria. La Habana, Cuba. 95 p.
- Guzmán, R., R. Torán, P. Guzmán y R. Cásares. 2006. Método simplificado para estimar la actividad del agua en deshidratación de hortalizas. Investigación y Desarrollo. 27:1-9.
- Hernández, M., J. Torruco, L. Chel e D. Betancur. 2008. Caracterização físico-química de amidos de tubérculos cultivados em Yucatán, México. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas. 28(3):718-726.
- Holm, J., I. Bjorck, A. Drews and N. Asp. 1986. A rapid method for the analysis of starch. Starch/Starke. 38(7):224-226.

- Hoover, R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A review. *Carbohydrates and Polymers*. 45(3):253-267.
- Hunter, L. 2001. Associates laboratory. INC. Instruction manual Hunter Lab 11491 USA. 132 p.
- Jarayaman, K. and D. Gupta. 1992. Dehydration: Recent developments in principles and techniques. *Drying Technology*. 10(1):1-50.
- Jimoh, K., T. Olurin and J. Aina. 2009. Effect of drying methods on the rheological characteristics and colour of yam flours. *African Journal of Biotechnology*. 8(10):2.325-2.328.
- Juliano, B. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal of Science. Today*. 16:334-360.
- Kaluza, W., R. Mc.Grath, T. Roberts and H. Shoroder. 1980. Separation of phenolics of sorghum bicolor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 28(6):1.191-1.196.
- Krokida, M., V. Karathanos, Z. Maroulis and D. Marino. 2003. Drying kinetics of some vegetables *Journal of Food engineering*. 59(4):391-403.
- Labuza, T., A. Kaanane and J. Chen. 1985. Effect of temperature on the moisture sorption isotherm and water activity shift of two dehydrated food. *Journal Food Science*. 50(2):392-396.
- Lii, C., Y. Shao, K. Tseng and K. 1995. Gelations mechanism and rheological o rice starch. *Cereal Chemistry*. 72(4):393-400.
- Montaldo, A., J. J. Montilla, D. Perdomo, J. Luciani y J. Mantilla. 1992. Investigación y mejora de los cultivos de raíces y tubérculos en Venezuela. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. *Revista Facultad de Agronomía*. 8(1):1-19.
- Montes, E., R. Torres, R. Andrade, O. Pérez, J. Marimon e I. Meza. 2009. Modelado de las isoterma de desorción del ñame (*Dioscorea rotundata*). *Revista Facultad Nacional de Minas (DYN)*. 76(157):145-152.
- Montes, E., R. Torres, R. Andrade, O. Pérez, J. Marimon y I. Meza. 2008. Modelado de la cinética de secado de ñame (*Dioscorea rotundata*) en capa delgada. *Revista Ingeniería e Investigación*. 28(2):45-52.
- Montgomery, D. 1991. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Iberoamericana. Caracas. 589 p.
- Pacheco, E. 2001. Evaluación nutricional de sopas deshidratadas a base de harina de plátano verde. Digestibilidad *in vitro* del almidón. *Acta Científica Venezolana*. 52(4):278-282.
- Pacheco, E. y N. Techeira. 2009. Propiedades químicas y funcionales del almidón nativo y modificado de ñame (*Dioscorea alata*). *Inter-ciencia*. 34(4):280-285.
- Pacheco, E., N. Techeira y A. García. 2008. Elaboración y evaluación de polvos para bebidas instantáneas a base de harina extrudida de ñame (*Dioscorea alata*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 35(4):452-459.
- Padilla, F., A. Rincón y L. Bou. 2008. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 58(3):303-308.
- Palomino, C., Y. Molina y E. Pérez. 2010. Atributos físicos y composición química de harinas y almidones de los tubérculos de *Colocasia esculenta* (L.) Schott y *Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott. Universidad Central de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 36(2):58-66.
- Park, J. and M. Floch. 2007. Prebiotics, probiotics, and dietary fiber in gastrointestinal disease. *Gastroenterol Clinical of North America*. 36(1):47-63.
- Parker, R. and S. Ring. 2001. Aspects of the physical chemistry of starch. *Journal of Cereal Science*. 34(1):1-17.
- Pérez, E. 2007. Raíces y tubérculos, Capítulo 9. In: De tales harinas tales panes. Granos, harinas y productos de panificación. En Iberoamérica Editores Alberto León y Cristina

- Rosell. Primera Edición. Córdoba-Argentina. pp. 363-401.
- Pérez, E. 2001. Modificación de las propiedades funcionales de harina y almidones extraídos de ocumo criollo (*Xanthosoma sagittifolium*), ocumo chino (*Colocasia esculenta*), y batata (*Ipomea batata*) para su aprovechamiento en la formulación de alimentos horneados. Trabajo de Grado. Caracas, Ven. Universidad Central de Venezuela. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 324 p.
- Pérez, E. y E. Pacheco. 2005. Características químicas, físicas y tecnológicas de la harina y el almidón nativo aislado de *Ipomeas batatas*. Acta Científica Venezolana. 56(1):9-15.
- Rayas, P. y A. Romero. 2008. Fibra a base de frutas, vegetales y cereales: Función de salud. Revista Mexicana de Agronegocios. 12(23):613-621.
- Rincón, A., C. Araujo y F. Carrillo 2000. Evaluación del posible uso tecnológico de algunos tubérculos de las Dióscoreas: ñame congo (*Dioscorea bulbifera*) y mapuey (*Dioscorea trifida*). Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50(3):286-290.
- Rivera, R. 2007. Cultivos andinos: Situación y estrategia para su desarrollo. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). Santiago de Chile. 67 p.
- Rodríguez, E., A. Fernández, L. Quintero y B. Ospina. 2006. Reología de suspensiones preparadas con harina precocida de yuca. Revista de Ingeniería y Desarrollo. 19:17-30.
- Roquel, M. 2008. Diseño de una línea de producción para la elaboración de harina de camote (*Ipomoea batata*). Revista de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. 234 p.
- Salazar, E., O. Méndez, J. González, M. Moreno, D. García, D. Belén, C. Medina, C. Ojeda y N. Griman. 2010. Efecto del secado y tratamiento con ácido cítrico sobre la degradación de carotenoides en harinas de batata (*Ipomoea batatas* L.). Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ). 27(1):112-124.
- Sandoval, A., I. Farhat and Q. Fernández. 2007. Rheological modeling of cassava (*Manihot esculenta* Cranz) starches and flours during extrusion process. Revista Vitae. 14(1):6-15.
- Sangronis, E., P. Teixeira, M. Otero, M. Guerra y G. Hidalgo. 2006. Manaca, batata y ñame: posibles sustitutos del trigo en alimentos para dos etnias del Amazonas venezolano. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 56(1):122-128.
- Simón, M. y M. Marín. 2007. Dinámica de crecimiento de dos cultivares de ocumo blanco *Xanthosoma sagittifolium* L. XVII, Congreso Venezolano de Botánica FE. 19:638-640.
- Singh, J., L. Kaur and O. McCarthy. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications. Food Hydrocoll. 21(1):1-22.
- Tapia, M. 2001. Origen y domesticación de las especies alimenticias en la región andina. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). Santiago de Chile. 32 p.
- Wang, J. J. Kinsella. 1976. Functional properties of novel proteins: alfalfa leaf protein. Journal of Food Science. 41(2):286-292.
- Westgate, N., J. Lee and M. Ladisch. 1992. Modelling of equilibrium sorption of water vapour on starchy materials. American Society of Agricultural Engineers. 35(1):213-219.
- Whistler, R. 1964. Swelling power. In Methodos Carbohydrate Chemistry Edition. Academic Press New York. USA 325 p.
- Yadav, A., M. Guha, R. Tharanathan and S. Ramteke. 2006. Changes in characteristics of sweet potato flour prepared by different drying techniques. Food Science and Technology. 39(1):20-26.
- Yu, L., J. Perret, J. Davy, J. Wilson and C. Melby. 2002. Antioxidant properties of cereal products. Journal Food Science. 67(7):2.600-2.603.

Ciclo de vida de *Metamasius dimidiatipennis* Champeon (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de laboratorio

Life cycle of *Metamasius dimidiatipennis* Champeon (Coleoptera: Curculionidae) under laboratory conditions

María M. García-Caicedo¹, Humberto Giraldo-Vanegas¹ y Ángel Ochoa¹

¹Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Táchira). Rubio 5030. Estado Táchira. Venezuela. Correos electrónicos: mcaicedo@inia.gob.ve, hgiraldo@inia.gob.ve.

RESUMEN

El gorgojo de la piña *Metamasius dimidiatipennis* Champeon (Coleoptera: Curculionidae), es considerado uno de los insectos plaga más importante de la piña en el estado Táchira. Se determinó el ciclo de vida de este insecto en el laboratorio de Entomología del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Táchira (INIA Táchira) a una temperatura de 21,87 °C y una humedad relativa 79,27%. Los insectos utilizados se criaron en el laboratorio y se alimentaron con hojas de piña. La duración del ciclo de vida desde la fase de huevo hasta la emergencia del adulto fue 82,34 ± 0,47 días. La duración de días en las diferentes etapas fueron: huevo 6 ± 0,25; larva 50,59 ± 0,36; pupa 10,61 ± 0,36. El proceso de melanización para el adulto duró 14,67 ± 0,26 días. El número promedio de huevos por hembra fue de siete, con 92% de fertilidad. Se establecieron ocho estadios larvarios (de acuerdo a la ley de Dyar). Para el cambio de cada estadio se requiere un promedio de 6 días. Los adultos de ambos sexos presentan dos colores, algunos con pronoto de color rojo y otros con el pronoto totalmente negro. Los machos adultos tienen una longitud de 1,88 ± 0,11 cm y las hembras 1,95 ± 0,12 cm. La longevidad de los adultos fue 319,4 ± 37,20 días.

Palabras clave: piña, gorgojo, bioecología, zona árida.

ABSTRACT

The pineapple weevil *Metamasius dimidiatipennis* Champeon (Coleoptera: Curculionidae) is considered one of the most important insect pest of pineapple in the Táchira state. In this study, was determined the life cycle of this insect in the Entomology laboratory at the National Institute of Agricultural Research in Táchira (INIA-TÁCHIRA) at a temperature 21.87 °C, and a relative humidity 79.27%. The insects used in this study were grown in the Lab and were fed with pineapple leaves. The duration of the life cycle from the egg stage to the adult emergence, was 82.34 ± 0.47 days. The duration of the different stages were, egg: 6 ± 0.25 days, larva: 50.59 ± 0.36 days and pupa: 10.61 ± 0.36 days. The process of melanization for the adult lasted 14.67 ± 0.26 days. The average number of eggs per female was 7, with 92% of fertility. Eight well-defined larval instars were identified according to Dyar's Law, for changing each stadium required averaged 6 days. Adults of both sexes presented two colors, some with red pronotum and others with the pronotum entirely black. Adult males have a length of 1.88 ± 0.11 cm and females 1.95 ± 0.12 cm. The adult longevity was 319.4 ± 37.20 days.

Key words: pineapple, pineapple weevil, bioecology, arid zone.

INTRODUCCIÓN

La piña *Ananas comosus* (L.) Merr., pertenece a la familia Bromeliaceae y es considerada como "la reina de las frutas" tanto por su tamaño como por su sabor, aroma y apariencia (Panamá, 2003). Para el año 2009, la producción mundial de frutas tropicales se estimó en más de 82,2 millones de toneladas, siendo la piña la segunda fruta dominante, con una producción de 18.242.699 t, representando el 23% del total de esta producción (FAO, 2011).

En Venezuela, el estado Táchira es una de las zonas productoras de este rubro, sin embargo, su producción ha disminuido por la incidencia de un insecto plaga conocido como "gorgojo de la piña" *Metamasius dimidiatipennis* Champeon, ocasionando pérdidas considerables al agricultor. Durante el proceso de alimentación las larvas y adultos de este insecto, perforan tallos y hojas de la planta, causando volcamiento de las mismas, con la consecuente pérdida de frutos.

En el manejo de este insecto no se ha realizado bajo un enfoque de sustentabilidad, debido al desconocimiento casi total de su biología, lo que generó el aumento progresivo de su población y limitó la aplicación de medidas de control eficaces para disminuir su creciente población. En consecuencia, los productores como método de control aplican insecticidas sintéticos de diferentes grupos químicos, utilizando aquellos de mayor toxicidad. No obstante, el uso de agroquímicos resulta ineficiente porque no se sustenta en el conocimiento de la plaga ni en los principios técnicos que rigen su manejo, lo que impacta negativamente el ambiente, arriesgando la salud de los agricultores, consumidores e incrementa los costos de producción.

En esta investigación se determinó el ciclo de vida de *M. dimidiatipennis* Champeon (Coleoptera: Curculionidae) en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Entomología del Instituto

Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Táchira) ubicado en el municipio Junín, estado Táchira, a una altura de 1.050 m s. n. m., con temperatura de 21,87 °C y 79,27% HR. El área de recolección de *M. dimidiatipennis* fue en la Aldea Hato de la Virgen, Parroquia Cipriano Castro, municipio Libertad, estado Táchira, Venezuela; localizada en una zona de vida con transición de bosque seco premontano hacia un monte espinoso premontano (Giraldo-Vanegas, 1998).

El estudio del ciclo de vida se inició mediante la recolección a través de trampas y en forma manual en campo del adulto de *M. dimidiatipennis*. Los adultos colectados se llevaron al laboratorio para establecer el pie de cría, fueron sexados y colocados por parejas en placas de Petri, para asegurar su apareamiento.

Seguidamente, las hembras de manera individual se colocaron sobre plantas de piña cultivadas en macetas dentro de jaulas entomológicas. Luego de 24 h y una vez reconocido el lugar de ovoposición, se retiraron todas las hojas de la piña para coleccionar 80 huevos como mínimo, con ayuda de un estereoscopio. Para la determinación del ciclo de vida de *M. dimidiatipennis* se emplearon 80 individuos emergidos de la colecta anterior, correspondiendo cada individuo a una unidad experimental. Se determinó el promedio y desviación estándar de la duración en días de cada una de las fases de desarrollo del insecto, incluyendo los estadios larvales, el proceso de melanización, la emergencia del adulto, longevidad, además de fertilidad de los huevos

Los huevos recién puestos se colocaron de manera individual en el mesófilo de un trozo de hoja (25 mm²) dentro de una placa de Petri. A partir de ese momento se registró de forma individual el período de incubación, las dimensiones de largo y ancho, número promedio de huevos por postura, color, forma, apariencia y lugar de ovoposición.

Una vez emergidas las larvas, se colocaron de manera individual sobre trozos tiernos de brotes o cogollos de piña como dieta alimenticia dentro de cápsulas de Petri, a las que previamente se habían colocado en el fondo papel filtro.

La larvas se revisaron diariamente con el fin de determinar el momento de la muda, número de instares y duración promedio de cada una de ellas, en su último instar fueron colocadas en recipientes plásticos con papel absorbente húmedo, restos de tejido vegetal y material tierno de plantas de piña, para la elaboración de la cámara puparia. El número de instares larvales se determinó a partir de la medición del ancho de la cápsula cefálica.

Los datos recolectados fueron analizados mediante la Regla de Dyar, fundamenta en: a) las partes esclerotizadas de un insecto no cambian de tamaño durante un estadio; b) el crecimiento por etapas de las partes esclerotizadas de un insecto durante la fase larval, usualmente toma la forma de una progresión geométrica (Gaines and Campbell, 1935; Giraldo-Vanegas y García, 1992; Rodríguez *et al.*, 2000).

La comparación del ancho de las cápsulas cefálicas entre los diferentes instares se realizó mediante un análisis de varianza con el Programa STATGRAPHICS Plus Ver 5.1.

Ocurrida la transformación de la fase de larva a la fase de pupa, se registró individualmente el tiempo de duración de esta fase, longitud, forma, color y tipo de la misma. Al transformarse la pupa en adulto se registró el tiempo del proceso de melanización hasta la emergencia de adultos. Los adultos obtenidos en condiciones de laboratorio se colocaron de forma individual dentro de envases de vidrio de 250 ml de acuerdo a la fecha de emergencia. Los adultos fueron alimentados con trozos de hojas de piña, los cuales eran reemplazados cada 2 días durante el tiempo de vida de los insectos. Se cuantificó en cada caso los días transcurridos entre emergencia y muerte de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ciclo de vida de *M. dimidiatipennis* desde la fase de huevo hasta la emergencia de los adultos en vida libre, se cumplió durante $82,34 \pm 0,47$ días, mientras su longevidad fue $319,4 \pm 37,20$ días, la fase de huevo duró $6 \pm 0,25$ días.

El número de huevos por postura 7 ± 3 con 92% de fertilidad, la forma de los huevos fue elipsoidal, de textura lisa, al inicio con una coloración amarillo claro y próximos a eclosionar se tornaron de color amarillo-anaranjado. Presentaron una longitud $2,09 \pm 0,12$ mm y $0,78 \pm 0,08$ de ancho en su parte media (Cuadro 1).

Las larvas fueron de tipo vermiforme, sub-tipo curculioniforme y duraron $50,59 \pm 0,58$ días; al inicio presentaron una coloración amarillo cremosa y a medida que pasaron de un instar a otro se fueron oscureciendo. La cápsula cefálica presentó una coloración café y escudo protorácico amarillo-naranja.

Estas larvas tienen mandíbulas grandes y fuertes y al momento de la eclosión, se desarrolló dentro del mesófilo de la hoja formando grandes galerías en forma ascendente o descendente que alcanzaron hasta 20 cm de longitud, logrando así llegar al interior del tallo y las raíces.

Aplicando la regla de Dyar se determinó el número de instares de *M. dimidiatipennis*, agrupando las medidas de las cápsulas cefálicas en un histograma de frecuencias, en el que se observan ocho grupos discretos que representaron ocho instares bien definidos (Figura 1).

En el Cuadro 2 se presentan las medidas del ancho de la cápsula cefálica para los diferentes instares larvales de *M. dimidiatipennis*, observándose para el primer y último instar un ancho promedio de la cápsula cefálica $0,68 \pm 0,59$ mm y $4,12 \pm 0,10$ mm; con una diferencia entre ellos 3,44 mm. La duración de la fase larval fue $50,59 \pm 0,58$ días.

Cuadro 1. Longitud promedio y desviación estándar del largo y ancho de huevos de *Metamasius dimidiatipennis*.

n	Longitud (mm)	Ancho (mm)	
		Ápice	Parte media
65	$2,09 \pm 0,12$	$0,51 \pm 0,05$	$0,78 \pm 0,08$

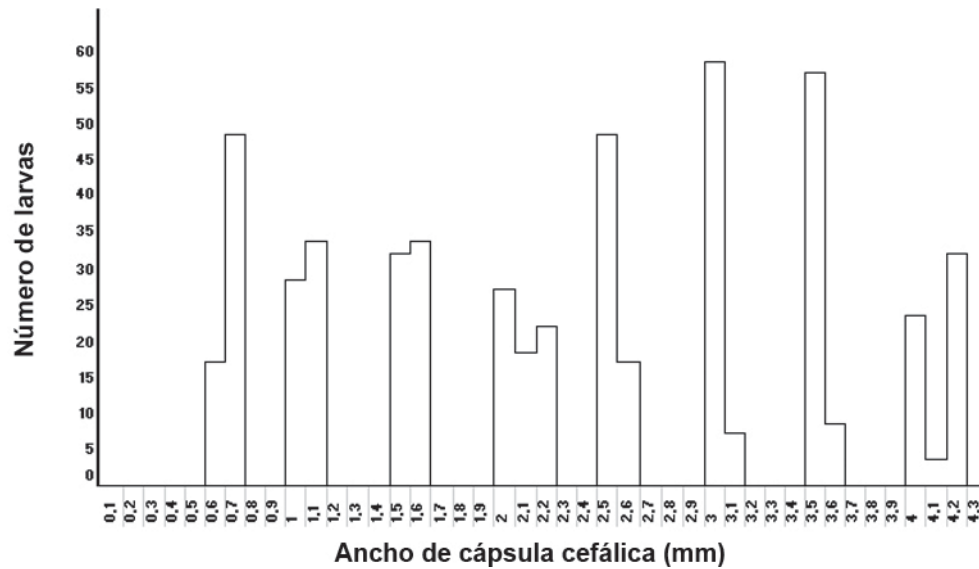


Figura 1. Distribución de frecuencia de las medidas del ancho de cápsulas cefálicas de *Metamasius dimidiatipennis*.

Los valores promedio del ancho de la cápsulas cefálicas aumentaron a través de los diferentes instares (Cuadro 2), tomando la forma de una progresión geométrica como lo indica la Ley de Dyar. En cuanto al tiempo en que ocurrió cada cambio de instar, se observó uniformidad con un promedio de 6 días.

El Cuadro 3 señala la relación de crecimiento “r” entre un instar y el que le precede, presentando variaciones. Al respecto, Gains y Campell (1935) determinaron que para que la tasa de crecimiento sea perfectamente geométrica, este valor debe mantenerse constante. Se observó discordancia en los primeros instares con 1,62; 1,41 y 1,35. A partir del IV instar se demostraron los valores de r un poco más homogéneo con 1,21; 1,19; 1,16 y 1,15.

El Cuadro 4 (ANAVAR), muestra la varianza del ancho de la cápsula cefálica en dos componentes: uno entre grupos y otro dentro de los grupos, detectándose diferencias estadísticamente significativas entre las medias del ancho de la cápsula cefálica y el promedio de un nivel de instar a otro (P-valor <0,05), con un nivel de confianza 95,0%.

Utilizando el modelo de regresión de acuerdo a los indicadores en la Figura 2 ($Lny = ax + b$, donde

$y =$ ancho de la cápsula cefálica y $x =$ el número de instar) se obtuvo la línea de regresión $Lny = 0,488242x + 0,128297$ con $r^2 = 0,994678$. Este tipo de relación, conociendo el ancho de la cápsula cefálica (X), permitiría estimar el instar en el cual se encuentra una larva (Y) para realizar esto, el modelo debe ser con $X =$ ancho de cápsula cefálica y $Y =$ instar.

Cuadro 2. Ancho de la cápsula cefálica (mm) y duración (días) de los diferentes instares larvales de *Metamasius dimidiatipennis*.

Instar	n	Ancho de cápsula (mm)	Duración del período (días)
I	63	0,68 ± 0,59	6,58 ± 0,69
II	61	1,10 ± 0,10	6,05 ± 0,55
III	61	1,55 ± 0,05	5,97 ± 0,51
IV	61	2,09 ± 0,08	5,97 ± 0,91
V	60	2,53 ± 0,04	6,46 ± 0,50
VI	60	3,01 ± 0,03	6,58 ± 0,50
VII	59	3,50 ± 0,01	6,57 ± 0,50
VIII	58	4,12 ± 0,10	6,41 ± 0,49

Cuadro 3. Relación de crecimiento del ancho de la cápsula cefálica (mm) *r* entre un instar y el que lo precede en *Metamasius dimidiatipennis*.

Instar	<i>r</i>						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
I							
II	1,62						
III		1,41					
IV			1,35				
V				1,21			
VI					1,19		
VII						1,16	
VIII							1,15

Cuadro 4. Análisis de la Varianza para ancho de la cápsula cefálica de los diferentes instares de *Metamasius dimidiatipennis*.

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrados medios	Coefficiente F	P - Valor
Entre grupos	605,024	7	86,4319	19129,07	0,0000
Intra grupos	2,14622	475	0,00451836		
Total (corr)	607,17	482			

Se encontró una relación estadísticamente significativa entre ancho de la cápsula cefálica y número de instares para un nivel de confianza 99% (P-valor <0,01). El estadístico r^2 indicó en el modelo una variabilidad en el ancho de la cápsula cefálica. El coeficiente de correlación fue 0,997336, indicando una relación relativamente fuerte entre las variables.

Durante el último instar, las larvas se contraen y toman forma elipsoidal, aumentan de grosor y acortan su longitud; esta fase se conoce como prepupa. Finalmente, cesan todos sus movimientos para transformarse en pupa. Con relación a esto último, tuvo una duración $10,61 \pm 1,02$ días,

período en que las larvas construyeron su propia cámara puparia con la fibra de las hojas de la piña, dejando un orificio con una laminilla del mismo tejido a modo de tapa, lo que facilita la salida del adulto. Las pupas fueron de tipo exárate, de color crema al inicio, tornándose más oscuras previo a la emergencia del adulto.

Este tipo de pupa permitió observar el desarrollo de los apéndices, distinguiéndose claramente la cabeza prolongada en pico, patas, ojos y antenas. Las pupas presentaron una longitud $1,87 \pm 0,18$ mm. En campo se observó que los capullos generalmente se localizan en el centro del tallo de la planta.

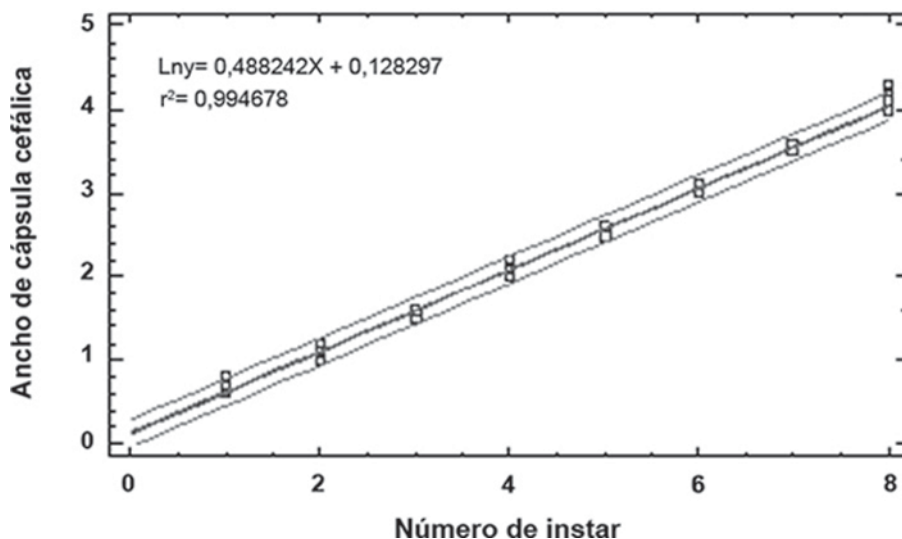


Figura 2. Modelo lineal para describir la relación entre ancho de la cápsula cefálica y número de instares de *Metamasius dimidiatipennis*.

La fase que va desde el proceso de melanización hasta la emergencia del adulto libre fue en promedio $14,67 \pm 0,26$ días. Se observaron dos coloraciones en ambos sexos, uno con pronoto de color rojo y otro con el pronoto completamente negro. Dentro de la cámara puparia se observó al adulto en proceso de melanización, con una coloración clara, en este proceso el adulto no se alimentó. Posteriormente, el adulto esclerotizado emerge para alimentarse y copular.

Al nacer el adulto se observaron dos coloraciones, tanto en hembras como en machos; una en la que el pronoto fue de color rojo con tres manchas negras (rayado), dos en sus extremos inferiores y en el centro en forma de diamante y otra con pronoto completamente negro.

La longitud de las hembras con pronoto negro obtuvo un promedio $1,96 \pm 0,10$ cm y rayado $1,95 \pm 0,15$ cm; mientras para los machos con pronoto negro la longitud fue $1,87 \pm 0,13$ cm y rayado $1,89 \pm 0,09$ cm. Observándose mayor homogeneidad en las hembras (Cuadro 5). Asimismo, se determinó $319,4 \pm 37,20$ días la longevidad de *M. dimidiatipennis* (Cuadro 6).

Cuadro 5. Longitud de adultos de *Metamasius dimidiatipennis* de diferentes coloraciones.

Sexo	Color de pronoto	n	Longitud de adulto (cm)
Machos	Negro	20	$1,87 \pm 0,13$
Hembras	Negro	20	$1,96 \pm 0,10$
Machos	Rayado	20	$1,89 \pm 0,09$
Hembras	Rayado	20	$1,95 \pm 0,15$

Cuadro 6. Longevidad de adultos de *Metamasius dimidiatipennis*.

n	Longevidad de adultos (días)
30	$319,4 \pm 37,20$

M. dimidiatipennis posee una cabeza prolongada que termina en un pico largo y curvo; el rostrum del macho en su margen ventral posee varias ondulaciones y en el margen ventral de la tibia posterior posee una fila uniforme de setas doradas o color bronce; característica que sirvió al momento de diferenciar hembras de machos.

También se observó el aedeagus del macho, mostrando una longitud de 3 mm en promedio y coloración caoba. El ovopositor de la hembra presentó un par de válvulas laterales cortas, aproximadamente 2 mm de largo y 1 mm de ancho.

CONCLUSIONES

El alto valor de fertilidad, el elevado número de huevos colocados por hembra y la gran longevidad de los adultos (319 días) pueden explicar cómo este insecto pasa de ser una plaga ocasional a una plaga primaria en el cultivo, en función del tiempo que tienen los adultos para infestar plantaciones, aunado a que todas las etapas de vida de *M. dimidiatipennis* pueden estar presentes en la misma planta de piña, ocasionando pérdidas considerables al provocar volcamiento de la planta y pérdida de los frutos.

Basado en la gran importancia socio-económica del cultivo de la piña en el estado Táchira y de los daños que *M. dimidiatipennis* ocasionan al cultivo, estos resultados obtenidos sobre el ciclo de vida del insecto serán de utilidad al momento de establecer programas de manejo agroecológico de este rubro.

LITERATURA CITADA

FAO. 2011. Production of Pineapple Crops from Venezuela. FAO Statistic Division 2011. Disponible en línea: <http://faostat.fao.org/site/567/Default.aspx?PageID=567#ancor>

Gaines, J. C. and F. L. Campbell. 1935. Dyar's rule as related to the number of instars of the corn ear worm *Heliothis obsoleta* (Fab.) collected in the field. Ann. Entomol. Society of America. 18(445-461).

Giraldo-Vanegas, H. 1998. La Mosca de la Piña *Melanoloma viatrix*. In: Curso Manejo agronómico de la piña. Hato de la virgen Capacho Libertad. Manual técnico Fonaiap-Dainco. 66.

Giraldo-Vanegas, H. y J. L. García. 1992. Determinación del número de instares de *Eiphosoma vitticolle* Cresson (Hymenoptera : Ichneumonidae). Bol. Entomol. Venez. N.S. 7(2):133-137.

Panamá, C. 2003. Seminario sobre Producción y Manejo Post Cosecha de La Piña para la exportación. Manual Técnico. Disponible en línea: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subdoarchivos/BibliotecaVirtual/SeminarioProduccionManejoPina.pdf>

Rodríguez, M., J. Valdez, J. Vera y A. Castillo. 2000. Identificación de ínstares larvales de *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (Coleoptera: Bruchidae) mediante las dimensiones de sus cápsulas cefálicas. Agrociencia. 1(34):83-90.

Vargas, E. 2011. Guía para la identificación y manejo integrado de plagas en piña. Disponible en línea: <http://cep.unep.org/repcar/proyectos-demostrativos/costa-rica-1/publicaciones-proagroin/Guia%20Manejo%20de%20plagas%20en%20pina.pdf>

Efecto de *Trichoderma* sobre el desarrollo de papa y el biocontrol de *Rhizoctonia* bajo tres tiempos de inicio de aplicación

Effect of *Trichoderma* on potato development and biocontrol of *Rhizoctonia* at three times from applying

Rosaima G. García Crespo¹, Miguel A. Arcia Montesuma²,
Miguel R. Pérez Tortolero¹ y Ramón F. Riera Tona³

¹Investigadores. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida). ²Profesores. Universidad Central de Venezuela (UCV). Maracay 2103. Estado Aragua. Venezuela. ³Profesores. Universidad Politécnica Territorial de Mérida "Kleber Ramírez". Ejido 5011, estado Mérida. Venezuela. Correos electrónicos: rgcrespo@inia.gob.ve, ramonriera60@cantv.net.

RESUMEN

La rhizoctoniasis ocasionada por el hongo *Rhizoctonia solani* Kühn, limita la producción de papa. En la búsqueda de alternativas de manejo de la enfermedad amigable con el ambiente, se realizó este trabajo, con el objetivo de evaluar el efecto de *Trichoderma* sobre el desarrollo de plantas de papa, *Solanum tuberosum* L. y el biocontrol a *R. solani*, en el proceso de producción de semilla. Se efectuaron dos réplicas de un ensayo en casas de cultivo en el Campo Experimental Mucuchíes del INIA-Mérida, bajo diseño completamente aleatorizado, donde se evaluó la aplicación de tres cepas de *Trichoderma asperellum* (M-4, M-11, M-18 y su mezcla) sobre plantas de papa del cv "Andinita" iniciando en tres tiempos distintos: semilla, surco en la siembra y en la emergencia de las plantas. Las plantas tratadas con *Trichoderma* mostraron incrementos significativos en las variables fisiológicas (crecimiento, fotosíntesis) y el rendimiento; con baja incidencia, severidad de daño y reducción de rhizoctoniasis en los tubérculos que se mantuvo en todas sus fases de desarrollo. Las mejores respuestas fueron obtenidas con M-11 y la mezcla cuando la aplicación se inició en la emergencia de las plantas con baja incidencia (2,23 y 3,9%), severidad de daño grado 1, reducción de la enfermedad de 83 y 80%, respectivamente, y mayores rendimientos que oscilaron entre 77.000 a 83.333 kg ha⁻¹, en comparación con el testigo. La cepa endofítica M-11 de *T. asperellum* representa una alternativa para el manejo de la rhizoctoniasis en el cultivo papa destinado a semilla.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, manejo, semilla, fisiología.

ABSTRACT

Rhizoctoniasis caused by the fungus *Rhizoctonia solani* Kühn, decreases potato yield. Seeking for environmentally and friendly alternative management of the disease, this study was conducted to evaluate the effect of *Trichoderma* on development of potato, *Solanum tuberosum* L. and biocontrol of *R. solani* in the seed production process. Two replicas of a test cultivation house at Campo Experimental Mucuchíes, INIA-Merida were performed, under completely randomized design, where the application of three strains of *Trichoderma asperellum* (M-4, M-11, M-18 and their mixture) on potato plants cv "Andinita" was evaluated initiating at three different times: seed, furrow at planting and emergence of plants. *Trichoderma* treated plants showed significant increases in physiological variables (growth, photosynthesis) and yield; with low incidence, severity of injury and rhizoctoniasis reduction in tubers, maintained at all stages of development. The best responses were obtained with M-11 and the mixture, when the application is started in the emergence of plants, low incidences that were reached at 2.23 and 3.9%, grade 1 severity of injury, disease reduction 83 and 80%, respectively, higher yields, ranging from 77.000 a 83.333 kg ha⁻¹, compared with the control. The endophytic strain M-11 *T. asperellum* represents an alternative for the management of potato rhizoctoniasis crop for seed.

Key words: *Solanum tuberosum*, management, seed, physiology.

INTRODUCCIÓN

Por su valor alimenticio, la papa *Solanum tuberosum* L., reviste de gran importancia dentro de los sistemas agrícolas de Venezuela, principalmente en los estados alto andinos (Mérida, Táchira, Trujillo) y Lara, donde existen condiciones agroecológicas propicias para su desarrollo (Gutiérrez, 2006) y representa un 95,60% de la superficie de siembra nacional de este cultivo. Para el año 2009, la producción de papa en Venezuela fue de 420.000 t en una superficie cosechada de 22.025 ha, con un rendimiento promedio de 19.115,3 kg ha⁻¹ y, donde la producción de semilla fue de 29.700 t (FAOSTAT, 2010).

Mérida, principal productor de papa nacional con 48% de la superficie, registra el mayor rendimiento promedio con 23.412 kg ha⁻¹ (Molina de Paredes y Contreras, 2009). En la producción participan pequeños y medianos agricultores, campesinos y campesinas con siembras en pequeñas superficies, promedio de 0,5 ha/agricultor, mano de obra de hombres, jóvenes, niños, mujeres y ancianos que habitan en la zonas rurales de los páramos de esta región (García *et al.*, 2005).

La multiplicación en forma vegetativa de la papa, mantiene las características varietales por generaciones sucesivas, pero también se convierte en un medio de transporte y diseminación de enfermedades sistémicas y de contacto, que ocasionan pérdidas en calidad sanitaria y rendimiento.

Entre las enfermedades de mayor importancia económica en los sistemas de producción de la región andina venezolana están: la candelilla tardía ocasionada por el pseudo hongo *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary; marchitez bacteriana por *Ralstonia solanacearum*; pudrición blanda causada por *Erwinia carotovora*; diferentes virus y la rhizoctoniasis por *Rhizoctonia solani* (Salazar, 1995; García *et al.*, 2003; García *et al.*, 2005).

La rhizoctoniasis o costra negra de la papa ocasionada por el hongo *R. solani* Kühn en la fase asexual y *Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk en la fase sexual, se incrementó

los últimos años en las zonas productoras del estado Mérida, alcanzando incidencias desde 5 hasta 60%. Las plantaciones severamente afectadas muestran pérdidas en los rendimientos y en la calidad del tubérculo, debido al bajo crecimiento o evidentes deformaciones en los brotes, rajaduras y manchas causadas por la presencia de esclerocios del hongo.

Cuando los tubérculos infectados son usados como semilla, diseminan la enfermedad y reinfectan suelos por largos períodos de tiempo, provocando además, pérdidas superiores en los próximos ciclos de siembras, lo que disminuye los rendimientos hasta en un 50% (Hooker, 1980, García *et al.*, 1999; García *et al.*, 2002, García *et al.*, 2005).

En el país, todos los cultivares comerciales de papa están afectados por rhizoctoniasis, se desconocen los germoplasmas resistentes y el manejo es generalizado. Los agricultores usan comúnmente fungicidas químicos en mayor grado, sin la asesoría requerida y seguridad de control, con énfasis en el ingrediente activo Pencycuron, en altas dosis, que alcanzan hasta 8 k ha⁻¹. Este excesivo e incontrolado uso pudiera ocasionar un alto impacto ambiental negativo, con desmejora en la salud de los campesinos. Entre una de las medidas potenciales de manejo técnico a *R. solani*, amigable con el ambiente, está la utilización de cepas del hongo antagonista *Trichoderma* sp. (García *et al.*, 2002; García *et al.*, 2005).

El efecto antagónico de *Trichoderma* sobre el hongo fitopatógeno *R. solani* fue descrito en 1932 (Weindling, 1932). Posteriormente, se experimentó su uso con indiscutibles éxitos en su control en diferentes cultivos bajo variadas formas de aplicación (Howell *et al.*, 2000).

Durante mucho tiempo, la capacidad de distintas cepas de *Trichoderma* para proteger a la planta frente a patógenos de raíz se atribuyó a un efecto directo contra los patógenos (Chet *et al.*, 1998), pero se demostró que también existe una asociación directa de algunas cepas de *Trichoderma* con las raíces, lo cual estimula sus mecanismos de defensa (Yedidia *et al.*, 1999; Korolev *et al.*, 2008) y conlleva a una resistencia contra varios tipos de microorganismos fitopa-

tógenos e incluso nematodos (Harman *et al.*, 2004).

Son varios los mecanismos de acción de *Trichoderma* spp. como agente de biocontrol y en interacción con la planta, entre ellos: especial habilidad para parasitar hongos fitopatógenos, debido a la producción de enzimas hidrolíticas de la pared celular, como: glucanasas, quitinasas y proteasas; la competencia por espacio y nutrientes, especialmente en la rizosfera; capacidad de promover el desarrollo de plantas (Yedidia *et al.*, 2001) y raíces (Contreras-Cornejo *et al.*, 2009); aumento de la captación de nutrientes y la eficacia como fertilizante en la planta (Altomare *et al.*, 1999); fortalecimiento de la resistencia a estreses ambientales (Harman, 2004); estimulación de las defensas de la planta frente a patógenos (Van Wees *et al.*, 2008), y en la producción de antibióticos (Reino *et al.*, 2008).

A pesar de las potencialidades de *Trichoderma* como biocontrolador, su adopción en el país para el manejo de enfermedades en papa, ha sido menor, ya que su efectividad es variable en dependencia de la actuación de la cepa y la calidad del producto aplicado. Así, la rhizoctoniasis sigue representando un riesgo en el proceso productivo de la papa para semilla y para consumo.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la efectividad de tres cepas de *T. asperellum* y sus mezclas sobre el desarrollo de plantas de papa del cv "Andinita" (*S. tuberosum* L. subsp. andigenum) y el biocontrol a *R. solani*, bajo tres distintos tiempos de inicio de aplicación en el proceso de producción de semilla, en la búsqueda de alternativas de manejo amigables con el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue realizada en dos casas de cultivos de la Unidad de Producción de tubérculos-semilla pre-básica de papa (dos réplicas), ubicadas en el Campo Experimental Mucuchíes (CEM) del Instituto Nacional de investigaciones Agrícolas (INIA), situado en el sector La Toma a 3.100 m s. n. m., latitud 08° 44' N, longitud 70° 54' W, municipio Rangel, estado

Mérida, Venezuela, bajo una temperatura media diaria de 12,7 °C, máxima de 17,3 °C y mínima de 7,9 °C. La precipitación media anual es de 1.684,5 mm, radiación de 420,4 cal cm⁻² día⁻¹, humedad relativa de 66% (8:00 a.m.) y 64,4% (2:00 p.m.), insolación: 131 h días⁻¹ (INIA, 2011). En ambas casas de cultivo, históricamente, se presentan niveles altos de rhizoctoniasis en los tubérculos-semilla de papa producidos.

Como material experimental se utilizaron tres cepas autóctonas de *T. asperellum* pertenecientes al Laboratorio Referencial de Biocontrol de Plagas del INIA-Mérida, siendo previamente caracterizadas y seleccionadas por su capacidad endofítica, biocontroladora e inductoras de resistencia bajo condiciones *in vitro*. Los conidios del hongo fueron extraídos haciendo suspensiones con agua potable, biopreparados de las tres cepas obtenidos por fermentación sólida, usando arroz con 5% de granos partidos (García *et al.*, 2006).

El material vegetal empleado fue microtubérculos de papa cv."Andinita" (*S. tuberosum* L. subsp. andigenum) libres de virus, regenerados en cultivo *in vitro* mediante el Sistema de Inmersión Temporal, colocados a brotar bajo condiciones de almacenamiento en oscuridad, siguiendo la metodología del sistema descrito y establecido por Igarza (2011) y estandarizado en el laboratorio de cultivo de tejido del Campo Experimental Mucuchíes del INIA-Mérida.

Diseño del experimento y arreglo de los tratamientos

El experimento fue realizado bajo un diseño completamente aleatorizado, con tres repeticiones, evaluando el efecto y la mezcla de tres cepas de *T. asperellum* M-18, M-4, M-11, bajo tres tiempos de inicio de aplicación: 1) los microtubérculos-semilla antes de la siembra; 2) surco al momento de la siembra; 3) surco en la emergencia del 80% de las plantas. Además, se utilizaron como testigos plantas provenientes de microtubérculos-semilla y de surcos en siembra tratadas solo con agua de riego. El arreglo de los tratamientos se indican en el Cuadro 1. Se sembraron siete surcos de 10 microtubérculos por tratamiento, con tres repeticiones, para

evaluar el hilo central, los demás sirvieron como bordura.

En cada tratamiento indicado en el Cuadro 1, se realizó una aplicación adicional de las cepas de *T. asperellum* al momento del aporque y otra más 15 días después del aporque.

En los tratamientos T1, T2, T3 y T4 la aplicación de *T. asperellum* se realizó sobre los microtubérculos-semilla, sumergiéndolos durante 2 h en una suspensión de conidios de las cepas de $1,2 \times 10^{09}$ ufc ml⁻¹, mientras que para los tratamientos realizados en el surco (T5, T6, T7 y T8), tanto en el momento de la siembra como en la emergencia de plantas (T9, T10, T11 y T12), se utilizaron suspensiones de esporas a la concentración de $1,2 \times 10^{08}$ ufc ml⁻¹.

Labores culturales realizadas en las casas de cultivos

Para las camas de cultivo se usó un sustrato compuesto por suelo, arena y concha de arroz (2:1:1); el cual se esterilizó mediante vapor caliente a 95 °C, durante 1 h con 1 día de descanso, repitiendo el proceso. El análisis del sustrato se realizó en el Laboratorio de Servicio

de Suelos, INIA-Mérida, reportando pH 5,6; fósforo 7 ppm; potasio 212 ppm; calcio 545 ppm; magnesio 69 ppm; materia orgánica 6,9% y conductividad eléctrica 0,09.

De acuerdo a los resultados del análisis de suelo, se aplicó NPK, fórmula 12:12:17, al momento de la siembra usando 300 g/m lineal. Además, en el primer mes durante el desarrollo vegetativo del cultivo, se aplicaron fertilizantes foliares Carbovit® y Biomex-20® en proporción de 2 ml/l y el herbicida post-emergente selectivo y sistemático [Butil 2 (3-5 trifluorometil-2- piridiloxifexoxi) propinato]. En el aporque, fue aplicado un fertilizante rico en fósforo y potasio, para engrosar el tubérculo, se aplicaron fertilizantes foliares (Carbovit®, Hit de desarrollo).

El riego fue realizado diariamente en forma manual por aspersión durante 20 min, con base en los requerimientos hídricos de las plantas. Antes de la floración se aplicó al foliar fungicida por ingrediente activo en dosis de 1 k ha⁻¹, para prevenir el ataque de la candelilla tardía (*P. infestans*); considerando que este fungicida no controla *R. solani* y así evitar su interferencia sobre el efecto de los tratamientos estudiados.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados.

Identificación de los tratamientos	Significado de los tratamientos
T0	Sin aplicación de <i>Trichoderma</i> , solo agua de riego
T1	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con M-18
T2	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con M-4
T3	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con M-11
T4	Tratamiento de los microtubérculos-semilla con una mezcla de las tres cepas (cada una a 1/3 de las proporciones anteriores)
T5	Aplicación de M-18 al surco en el momento de la siembra
T6	Aplicación de M-4 al surco en el momento de la siembra
T7	Aplicación de M-11 al surco en el momento de la siembra
T8	Aplicación al surco en el momento de la siembra con una mezcla de las tres cepas (cada una a 1/3 de las proporciones anteriores)
T9	Aplicación de M-18 al surco en la emergencia de las plantas
T10	Aplicación de M-4 al surco en la emergencia de las plantas
T11	Aplicación de M-11 al surco en la emergencia de las plantas
T12	Aplicación al surco en la emergencia de las plantas con una mezcla de las tres cepas (cada una a 1/3 de las proporciones anteriores)

Las evaluaciones de las variables fueron realizadas de acuerdo al desarrollo fenológico del cultivo sobre 10 plantas/tratamiento:

1. Número de plantas emergidas y vivas a los 20 y 30 días de la emergencia (DDE) de más del 80%.
2. A los 60 d de desarrollo del cultivo, pero antes de los aporques, altura de la planta (cm), número de tallos/planta, diámetro del tallo (cm), número de hojas/planta, ancho y longitud del tercer foliolo (cm), tomado del ápice hacia abajo.
3. Fotosíntesis a los 1,5 y 2,5 meses de desarrollo del cultivo, al inicio de la floración, utilizando un equipo Bioscientific Ltd, modelo L.MAN-LCI año 2000 y tomando como estándar un área de hoja de 6,25 cm², bajo una radiación constante de 200 cal cm⁻².
4. A los 120 d de desarrollo del cultivo previo a la cosecha, altura de la planta (cm), longitud de la hoja (cm), número de folíolos/hoja, ancho y largo del tercer foliolo (cm) tomado del ápice hacia abajo, diámetro del tallo (cm), peso fresco y seco del follaje (g).
5. Durante todo el desarrollo del cultivo, a los 30, 45, 60, 75, 90 y 120 DDE, previo al corte de follaje, altura de la planta (cm). Al mismo tiempo se hicieron observaciones visuales a las plantas para constatar su sanidad.
6. En la cosecha, longitud (cm), peso fresco y seco de la raíz (g) y número de tubérculos/planta; peso de los tubérculos (g/surco) con lo que se calculó el rendimiento estimado en kg ha⁻¹. Asimismo, se evaluó la incidencia y severidad de la enfermedad costra negra en los minitubérculos, utilizando una escala de infección de tubérculos de 0 a 3, donde 0 significa tubérculos sin esclerocios y 3 tubérculos infectados con esclerocios que cubren más del 20% de la piel (García *et al.*, 2002).

Con los datos de incidencia de la enfermedad, se calculó el porcentaje de reducción de la rhizoctoniasis (%RR) por efecto de los

tratamientos, empleando la fórmula de Aponte (1986):

$$\%RR = 100 - 100 \left(\frac{\text{incidencia del tratamiento}}{\text{incidencia del testigo}} \right)$$

Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la aplicación de cada uno de los 13 tratamientos por separado, se promediaron para tres repeticiones, obteniendo un total de 39 datos por variable, procesados a través del programa INFOSTAST Professional, versión 2.0. Cuando cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza se aplicaron los análisis de varianza y las medias, entre los tratamientos se compararon según la prueba de Tukey (P<0,05); los que no siguieron una distribución normal, se analizaron estadísticamente mediante la prueba de Kruskal Wallis, para datos no paramétricos y a su vez sus medias se compararon mediante la prueba de Mann Whitney (P<0,05). Por su parte, en los datos de rendimiento fue usado la transformación de Log₁₀, incidencia y reducción de la enfermedad fueron transformados aplicándoles la raíz cuadrada del porcentaje.

Pruebas para confirmar la asociación *Trichoderma*-planta producto de la inoculación

Para confirmar la relación simbiótica de *T. asperellum* con las raíces de las plantas de papa del cv. "Andinita" y poder relacionar sus efectos de acuerdo a esta interacción, se realizaron estudios exploratorios cualitativos sobre relaciones biológicas de asociación endofítica, revisando la colonización y penetración de *T. asperellum* en las raíces de las plantas post-inoculación. Para ello, se realizaron cortes histológicos tiñendo las preparaciones con azul de lactofenol, observando a 40X de aumento para corroborar si las estructuras correspondían con las de *Trichoderma*. Además, se midió el crecimiento de colonias de *Trichoderma* desde las raíces que fueron sembradas sobre el medio de cultivo Agar-Papa-Dextrosa (PDA).

Por otro lado, en algunas raíces fue extraída la capa externa y luego rigurosamente desinfectada haciendo tres pases por alcohol isopropílico al 95% durante 2 min, intercalando con agua durante 1 min, posteriormente se sometieron a cámara humedad durante 3 días, la emergencia de micelio y conidiogénesis general de *Trichoderma* se observó mediante el uso de un microscopio-estereoscopio a 10X de aumento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre la emergencia de plantas de papa a partir de microtubérculos

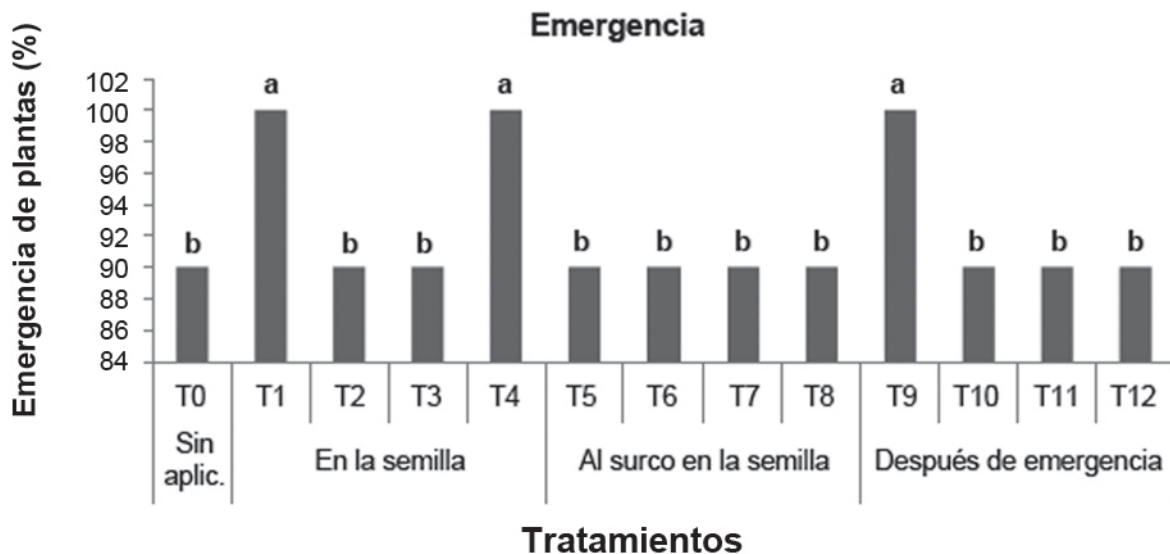
En la Figura 1 se presentan los resultados de la emergencia de plantas a los 20 días después de la siembra. Se observan diferencias significativas entre los tratamientos, los tratamientos T1, T4 y T9, conforman un mismo

grupo estadístico superior a todos los demás que alcanzó 100% de emergencia; mientras que los demás tratamientos estuvieron en un mismo grupo inferior, conjuntamente con el testigo alcanzaron 90% de emergencia. Sin embargo, a los 30 días se pudo observar que el resto de las plantas fueron emergiendo hasta completar un 100% en todos los surcos sembrados.

En las casas de cultivo, las plantas mostraron características morfológicas en cuanto a color, forma y tamaño de las hojas y del tallo, típicas del cv “Andinita” de acuerdo a los descriptores reportados por García *et al.* (2005).

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de crecimiento de plantas de papa a los 60 días de desarrollo del cultivo

En el Cuadro 2 se indican los resultados de la interacción entre las plantas de papa y las tres cepas endofíticas de *T. asperellum*, solas y su mezcla.



Medias sobre barras con letras desiguales difieren significativamente según la prueba de Kruskal Wallis/Man Whitney $P < 0,05$. N= 39.

Figura 1. Porcentaje de emergencia de plantas de papa cv. “Andinita”, provenientes de microtubérculos de papa, en el Campo Experimental Mucuchíes.

Cuadro 2. Indicadores del crecimiento de plantas y minitubérculos de papa cv. "Andinita". Datos del cultivo a los 60 días de desarrollo (25/08/11).

Tratamientos	Altura planta (cm)	N° tallos/planta	Diámetro tallos (cm)	N° hojas/planta	Ancho foliolos (cm)	Longitud foliolos (cm)
T1	43,17 cd	1,33 b	1,94 abcd	7,67 abc	7,83 ab	9,08 bcd
T2	42,17 cd	1,33 b	1,68 d	8,00 ab	7,00 b	8,47 bcd
T3	49,67 bcd	1,33 b	2,12 a	7,83 abc	7,67 ab	9,21 ab
T4	43,83 cd	1,33 b	2,03 ab	8,17 ab	8,00 ab	9,68 ab
T5	50,00 bc	1,33 b	2,00 ab	8,17 ab	6,00 b	7,27 cd
T6	53,83 abc	1,33 b	1,89 bc	9,33 ab	7,67 ab	9,28 ab
T7	3,50 abc	2,00 a	2,20 a	8,83 ab	7,67 ab	9,28 ab
T8	45,33 cd	1,67 ab	2,79 abc	8,67 ab	7,33 ab	8,88 bcd
T9	55,33 ab	1,33 b	1,79 bcd	9,33 ab	8,00 ab	9,68 ab
T10	53,83 abc	1,67 ab	1,87 bcd	8,67 ab	6,67 b	8,08 bcd
T11	63,00 a	2,00 a	1,96 abcd	10,00 a	8,00 ab	10,35 a
T12	52,50 abc	1,67 ab	1,95 abcd	10,17 a	6,67 b	8,40 bcd
T0	30,67 d	1,33 b	1,74 cd	4,67 d	6,33 b	6,54 d
CV (%)	8,25	1,01	1,97	3,12	6,45	

Medias con letras desiguales en una columna difieren según la prueba de Tukey o ∞ Kruskal Wallis/Man Whitney para $P < 0,05$. N= 39.

Para la variable altura promedio, el mejor tratamiento resultó ser T11, donde las plantas alcanzaron el mayor promedio con 63 cm, estadísticamente similar a los tratamientos T6, T7, T9, T10 y T12, seguido de las plantas tratadas con T5, que mostraron también un buen comportamiento conformando un grupo intermedio con 50 cm; mientras que los demás tratamientos formaron grupos estadísticos similar al testigo (T0).

En relación a la variable número de tallos/planta, los mejores tratamientos resultaron T7 y T11, donde las plantas alcanzaron un total de dos tallos, formando el primer grupo superior estadístico, seguido de los tratamientos T8, T10 y T12, que conformaron un grupo estadísticamente relacionado; mientras que las plantas que interactuaron con los demás tratamientos se ubicaron en el grupo aparte inferior, conjuntamente con T0.

En la variable diámetro del tallo, se encontró que las plantas tratadas con T3 y T7, tuvieron un mejor comportamiento conformando el grupo superior estadístico; seguido de T1, T4, T5, T8 y T12. Con los otros tratamientos, las plantas tuvieron un comportamiento igual o inmediatamente superior a los testigos y ocuparon el grupo heterogéneo inferior.

Para la variable número de hojas/planta, se observó que las plantas indistintamente del tratamiento aplicado desarrollaron más hojas que las testigos y conformaron los grupos estadísticos superiores. En este caso los mejores resultados fueron encontrados con los tratamientos T11 y T12, alcanzando 10,00 y 10,17 hojas, respectivamente, formando un grupo superior y estadísticamente relacionado con los demás tratamientos; mientras que T0 se ubicó en el grupo inferior; de acuerdo a la prueba de Tukey $< 0,05$.

En cuanto a la variable ancho del foliolo, también se encontró que las plantas mostraron un comportamiento estadísticamente superior con todos los tratamientos, excepto con T2, T5, T10 y T12 que conformaron un grupo estadísticamente inferior conjuntamente con T0.

Para la variable longitud de foliolo, las plantas del tratamiento T11, tuvieron el mejor comportamiento estadístico, ubicándose en el primer grupo superior alcanzando 10,35 cm; seguido de T3, T4, T6, T7 y T9, que conformaron un grupo estadístico relacionado donde la longitud promedio de raíces estuvo entre 9,21 y 9,68 cm; mientras que los demás tratamientos se ubicaron en grupos estadísticos relacionados con el testigo, este último ocupó el inferior, donde las plantas alcanzaron 6,54 cm de longitud promedio.

Efecto de la aplicación de *Trichoderma asperellum* sobre la tasa fotosintética de plantas de papa

En las Figuras 2A y 2B se muestra la tasa fotosintética a 1,5 y 2,5 meses, respectivamente. Asimismo, se observa que para la tasa fotosintética no se encontraron diferencias marcadas en las mismas, de acuerdo a la fecha de evaluación 1,5 y 2,5 meses de desarrollo del cultivo, pero sí de acuerdo a los tratamientos.

Los análisis estadísticos confirmaron que hubo diferencias significativas en la tasa fotosintética (Tukey $P < 0,05$), a los 1,5 y 2,5 meses de desarrollo de las plantas, independientemente de la cepa usada. Todas las plantas inoculadas con cualquiera de las cepas de *T. asperellum*, mostraron mayor tasa fotosintética respecto al testigo.

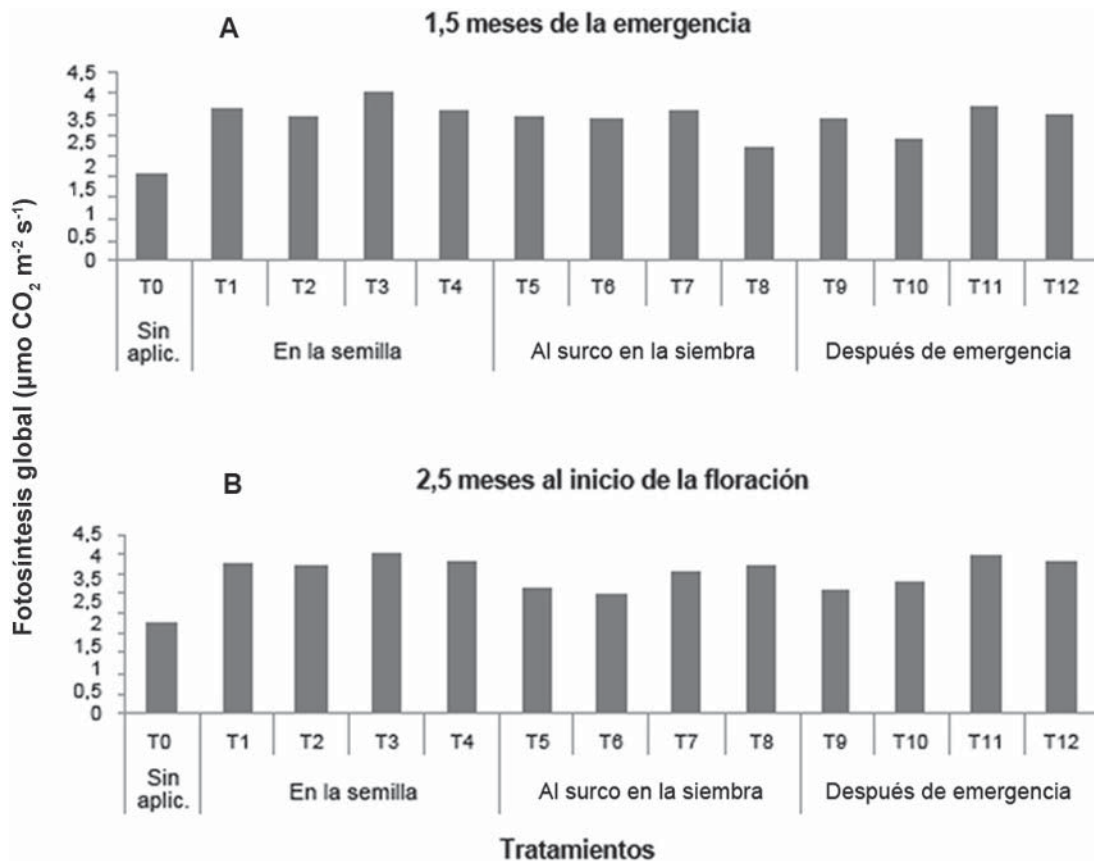


Figura 2. Tasa fotosintética de papa del cv. "Andinita", en el Campo Experimental Mucuchíes (junio-noviembre del año 2011).

La mejor respuesta se observó con el tratamiento T3, donde la tasa fotosintética alcanzó a $4,00 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a los 1,5 y 2,5 meses, respectivamente, que formaron un grupo estadístico superior y aparte, seguido de los demás tratamientos, que a su vez estuvieron por encima del testigo, el cual se ubicó en el grupo inferior con $2,1$ y $2,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a los 1,5 y 2,5 meses, respectivamente.

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de crecimiento de plantas de papa a los 120 días de desarrollo

En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos de las variables de crecimiento especificadas a los 120 d.

Para la variable longitud promedio de la hoja; las plantas tratadas desde la semilla previo a la siembra, alcanzaron una mayor longitud que estuvo entre 35,90 a 36,23 cm con T2 y T1,

seguido de las desarrolladas bajo el tratamiento T6 que alcanzaron 34,93 cm y de las plantas sometidas a los demás tratamientos, en relación T0 que presentó una altura inferior de 26,50 cm promedio ocupando el grupo estadístico inferior.

En cuanto a la variable número de folíolos/hoja, la mejor respuesta fue alcanza con los tratamientos T4 y T12, que presentaron 12,20 y 12,60 folíolos, respectivamente; ocupando un grupos estadístico homogéneo superior, seguido de los demás tratamientos y con relación a T0, que ocupó el grupo inferior bajo un promedio de 6,53 folíolos/hoja.

En relación al ancho del foliolo, las mejores respuestas fueron obtenidas con los tratamientos T4, T5, T6, T7, T8, T9 y T11 para la variable ancho del foliolo, que ocuparon grupos heterogéneos superiores, seguido de los demás tratamientos; con valores que estuvieron entre 7,77 a 9,30 cm; siendo estadísticamente superiores a T0 cuyo valor estuvo en 7,10 cm.

Cuadro 3. Indicadores del crecimiento de plantas de papa cv. "Andinita", en el Campo Experimental Mucuchíes. Datos del cultivo a los 120 días de desarrollo; tomados previo a la cosecha.

Tratamientos	Longitud hoja (cm)	N° folíolos/hoja	Ancho del foliolo (cm)	Longitud del folíolos (cm)	∞Diámetro del tallo (cm)
T1	36,23 a	8,47 abc	7,70 ab	12,20 ab	3,87 abcd
T2	35,90 ab	9,13 abc	7,52 b	11,48 b	3,35 cd
T3	35,20 abc	10,90 abc	7,54 b	12,39 b	4,23 a
T4	35,27 abc	12,20 a	7,80 ab	11,92 ab	4,07 ab
T5	33,83 bcde	8,40 abc	8,33 ab	12,90 ab	4,00 ab
T6	34,93 abc	7,17 bc	8,29 ab	11,73 ab	3,77 bcd
T7	30,67 d	9,90 abc	9,30 ab	12,37 ab	4,40 a
T8	33,43 bcde	7,73 bc	8,13 ab	12,57 ab	4,18 a
T9	29,82 de	9,57 abc	7,77 ab	11,95 ab	3,59 bcd
T10	31,63 de	11,17 ab	7,27 b	11,05 b	3,74 bcd
T11	32,07 cde	11,43 ab	8,34 ab	11,66 ab	3,91 abc
T12	32,97 bcde	12,60 a	7,40 b	11,30 b	3,90 abcd
T0	26,50 e	6,53 c	7,10 c	8,20 c	3,47 d
CV (%)	4,16	14,96	7,76	7,42	

Medias con letras desiguales en una columna difieren según la prueba de Tukey o ∞Kruskal Wallis/Man Whitney para $P < 0,05$. N= 39.

En la variable longitud del foliolo, la respuesta de la planta siguió la misma tendencia anterior con valores entre 11,05 y 12,90 cm en las plantas tratadas, superiores a T0, que presentó una longitud de folíolos de 8,20 cm.

Respecto al diámetro de los tallos, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, resultando T3, T4, T5, T7 y T8 superiores, con valores de 4,23; 4,07; 4,0; 4,40; 4,18 cm, respectivamente; seguido de los demás tratamientos; que a su vez fueron estadísticamente superiores a T0 (diámetro de 3,47 cm) ubicó en un grupo inferior.

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre la variable altura de las plantas y la sanidad aérea, durante su desarrollo

La Figura 3 demuestra el progreso en cuanto a altura/planta durante el desarrollo, bajo los diferentes tratamientos. Todas las curvas de altura de las plantas tratadas con *T. asperellum*, estuvieron por encima del testigo T0. Mientras

que la curva T11 estuvo por encima de todas las demás, lo cual confirma los resultados explicados previamente.

Durante todo el desarrollo del cultivo, las plantas se mostraron vigorosas y verdes, sin observar síntomas la enfermedad; debido a que provenían de un material de alta calidad de primera generación. Además, debido a que el sustrato donde fueron sembradas fue desinfectado previamente. Posiblemente, el nivel de inóculo de *R. solani* no era suficiente como para producir trastornos en las plantas. En condiciones naturales, el inóculo proviene normalmente de las aguas de riego, el viento y de esclerocios que quedan en las paredes de los canteros de la cosecha anterior.

En el testigo y en las plantas tratadas con M-18 se observó presencia de rhizoctonias y de otras enfermedades como candelilla tardía ocasionada por *P. infestans* (no sujeto a estudio en este trabajo) en baja incidencia.

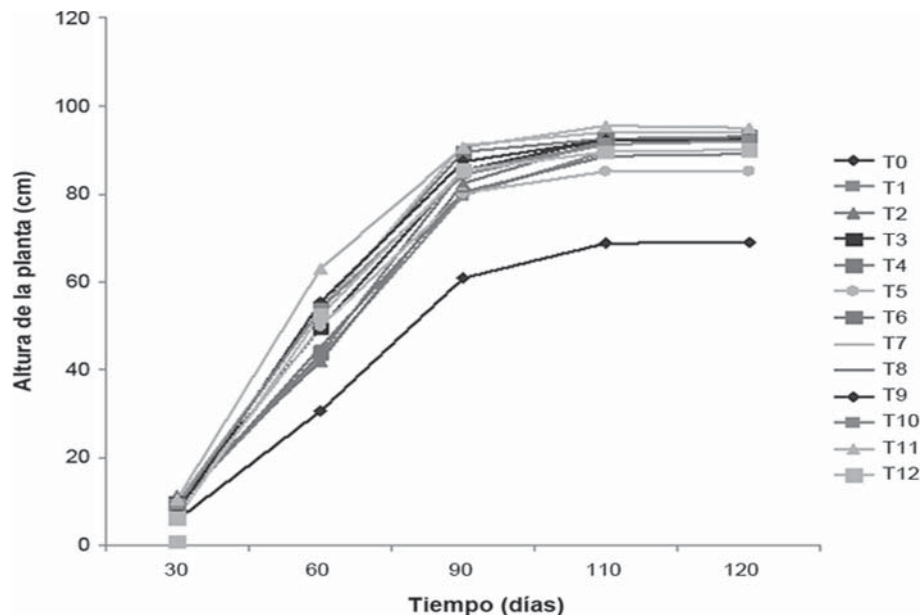


Figura 3. Curvas de progreso de altura promedio de plantas de papa cv. "Andinita" que fueron sometidas a los diferentes tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes.

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de crecimiento de plantas de papa a los 120 días de desarrollo evaluadas previamente a la cosecha y en el momento de la misma

Los resultados de variables de crecimiento se presentan en el Cuadro 4, obtenidos previamente a la cosecha o en el momento de la misma.

En la variable altura hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, (Tukey < 0,05); siendo superior T11 y T7, que alcanzaron las mayores alturas con 95,50 y 93,97 cm, respectivamente; seguido de los demás tratamientos y, en referencia a T0, en el cual la altura promedio de las plantas fue inferior a todas las demás (68,87 cm).

Asimismo, los tratamientos T3 y T2 presentaron mayor peso fresco (199,34 y 196,73 g) y seco (64,78 y 60,97 g) promedio del follaje, conformando un grupo superior homogéneo; seguido de los tratamientos T1, T4, T9, T10, T11 y T12; que conformaron diferentes grupos heterogéneos intermedios; mientras que T0 se situó en el inferior con 116,73 y 32,9 g de peso fresco y seco, respectivamente.

Por su parte, los tratamientos T2, T3, T4, T6, T7, T8, T10, T11 y T12 presentaron las mayores longitudes de raíces, conformando un mismo grupo homogéneo, estadísticamente superior con valores que oscilaron entre 35,13 y 43,87 cm. Sin embargo, los tratamientos T1, T5 y T9, donde la longitud radical alcanzó entre 27,0 y 29,67, son similares al T0, el cual alcanzó 14,33 cm.

Cuadro 4. Indicadores del crecimiento de plantas de papa cv. "Andinita", sometidas a los tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes (junio-noviembre 2011). Datos del cultivo a los 120 días de desarrollo; tomados previo a la cosecha y en la cosecha.

Tratamientos	Previo a la cosecha			En la cosecha		
	Altura planta (cm)	Peso fresco del follaje (g)	Peso seco del follaje (g)	∞Longitud de la raíz (cm)	Peso fresco de raíces (g)	Peso seco de raíces (g)
T1	89,63 cd	174,50 ab	47,41 abcd	29,00 ab	216,33 def	67,06 def
T2	92,37 bcd	196,73 a	60,97 a	43,87 a	231,20 cdef	71,67 cdef
T3	92,43 bcd	199,34 a	64,78 a	35,13 a	447,33 a	138,67 a
T4	91,37 bcd	150,53 bcde	48,88 abc	36,00 a	365,00 abcd	113,15 abcd
T5	85,13 cd	120,33 cde	38,51 cde	27,00 ab	170,00 ef	52,7 ef
T6	92,57 bcd	120,20 de	38,47 cde	35,33 a	416,67 ab	129,17 a
T7	93,97 ab	122,67 bcde	39,25 bcde	35,13 a	385,87 abc	119,62 ab
T8	88,53 cd	119,07 de	38,1 de	34,33 a	228,33 bcdef	70,78 bcdef
T9	92,37 bcd	161,03 abc	50,37 ab	29,67 ab	220,00 cdef	68,20 cdef
T10	91,27 bcd	124,63 bcde	39,24 bcde	35,33 a	360,00 abcde	111,60 abcde
T11	95,50 a	163,87 abc	52,44 ab	36,00 a	370,00 abc	114,70 abc
T12	89,47 cd	141,40 bcde	45,76 bcde	40,00 a	310,00 abcdef	96,10 abcdef
T0	68,87 e	116,73 e	32,69 e	14,33 b	165,07 f	47,87 f
CV(%)				23,26		

Medias con letras desiguales en una columna difieren según la prueba de Tukey o ∞Kruskal Wallis/Man Whitney para P<0,05. N= 39.

En cuanto al peso fresco y seco de estas raíces, con la excepción de T1, T2, T5, T8, T9 y T12, todos los tratamientos con base a *Trichoderma*, fueron superiores al testigo en cualquier tiempo de inicio de aplicación, siendo el mejor T3 seguido de T6 y los demás tratamientos, que estuvieron por encima de T0, el cual resultó en un grupo estadísticamente inferior según la prueba de medias de Tukey $< 0,05$.

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre variables de rendimiento de plantas de papa:

En la Figura 4 A y B, se presentan los resultados de las variables de rendimiento en cuanto a número de tubérculos/planta y el rendimiento

estimado en $k\ ha^{-1}$. Todas las plantas tratadas tuvieron un número de tubérculos superior a las no tratadas, bajo un coeficiente de variación de 4,33%.

Los mejores resultados fueron obtenidos con T11, T12 y T10, los cuales conformaron un grupo superior, cuyos valores promedio estuvieron en 7,12; 6,9 y 6,5 tubérculos/planta, respectivamente; seguido de los demás tratamientos y por encima de las testigos donde se encontraron 4 tubérculos/planta. Los tratamientos T3, T4, T10, T11 y T12 alcanzaron los mayores rendimientos promedio, estimados estadísticamente, entre 77.000 a 83.333 $k\ ha^{-1}$; y T0 estuvo muy por debajo, con 15.000 $k\ ha^{-1}$.

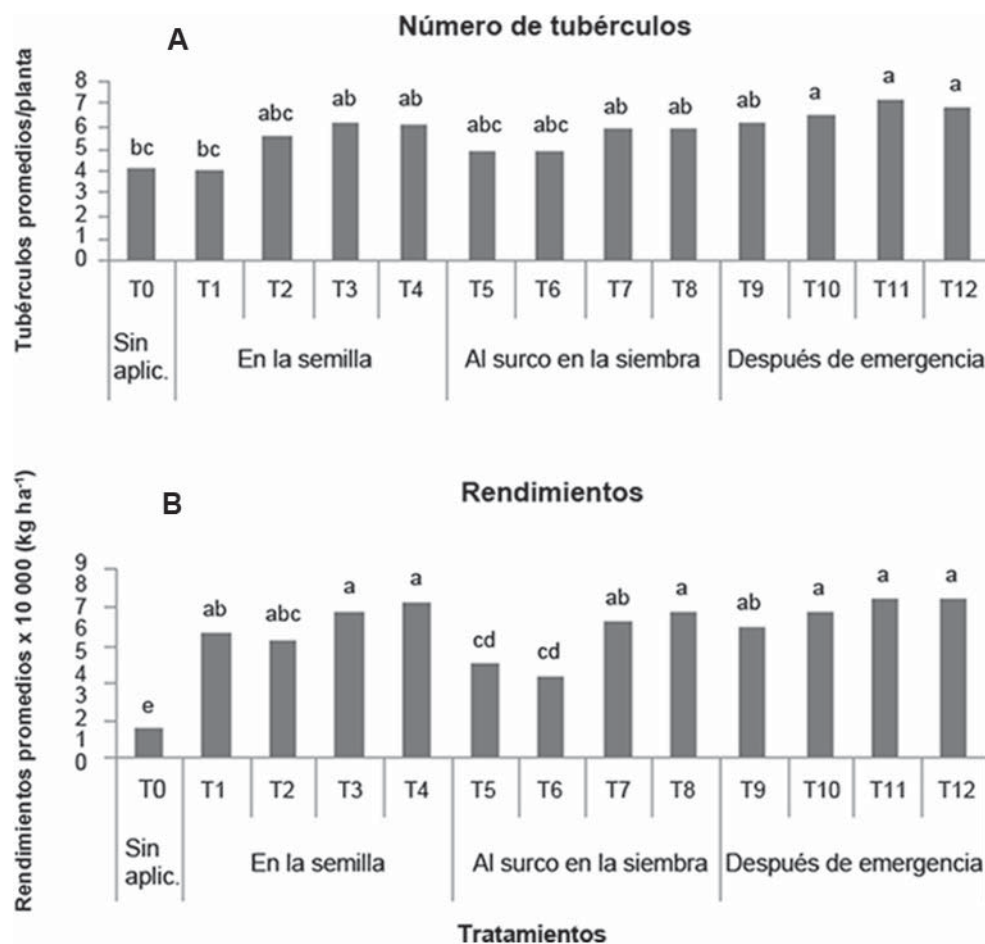


Figura 4. Rendimiento promedio de tubérculos obtenidos en la cosecha de papa del cv. "Andinita", provenientes de plantas sometidas a los diferentes tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes.

En la Figura 5, se pueden observar los tubérculos cosechados/surco/tratamiento de papa del cv. "Andinita", obtenidos en una de las réplicas del ensayo cosechado.



Figura 5. Tubérculos/surco/tratamientos de papa del cv. "Andinita", obtenidos en una de las réplicas del ensayo cosechado.

Efecto de *Trichoderma asperellum* sobre las variables incidencia, severidad de daño y reducción de rhizoctoniasis del cultivo papa

En la Figura 6 (A, B y C) se presentan los resultados en cuanto a incidencia de rhizoctoniasis, severidad de daño y reducción de la enfermedad en los tubérculos de papa cosechados. Se observó una mayor incidencia significativa de costra negra en los tubérculos provenientes de T0, en el cual alcanzó 20% (Figura 6A), seguido de T1 y T2, que representaron 18 y 17%, mientras que las menores incidencias 2,23 y 3,9% ocurrieron en los tratamientos T11 y T12, respectivamente. En los demás tratamientos la incidencia también estuvo por debajo del testigo T0.

La severidad de la enfermedad (Figura 6B), en general estuvo entre muy baja a mediana, con diferencias significativas entre las plantas tratadas. La mayor severidad de daño ocurrió

en T0 alcanzando grado 2 que se correlaciona con una mediana incidencia; seguido de T1 y T5 que llegaron hasta 1,5 grado que corresponde con una baja a mediana severidad de daño. Los demás tratamientos alcanzaron grado 1, muy baja severidad de daño, que es despreciable a los fines de certificación.

También se encontraron diferencias significativas en la reducción de la enfermedad en los tubérculos (Figura 6C), que estuvo entre 7 a 83% para los tratamientos T1 y T11. Las mayores reducciones fueron logradas con T11 y T12, mientras que las menores reducciones se lograron en los tratamientos T1 y T2, conjuntamente con T0 (indica 0 reducción).

Pruebas para confirmar la asociación *Trichoderma*-planta producto de la inoculación

Entre los resultados de las pruebas realizadas para confirmar la asociación endofítica de las cepas del hongo y las raíces de las plantas, se encontró alta colonización de *T. asperellum* sobre la rizósfera de papa, además se observó la presencia de *Trichoderma* dentro de las raíces, donde se pudo visualizar el micelio y los cuerpos de fructificación de *Trichoderma* saliendo de las mismas. También se evidenció el desarrollo de colonias características de este hongo desde los trocitos de raíces sembrados bien desinfectadas en placas de Petri con el medio de cultivo PDA.

Con respecto a los resultados mencionados anteriormente, donde se encontraron diferencias entre los tratamientos en cuanto a la emergencia de las plantas a los 20 días de la siembra, estos se pueden explicar debido a que los tubérculos-semillas sembrados presentaban algunas diferencias en cuanto a tamaño de los grelos (tallitos) emitidos en la germinación, sin embargo, a los 30 días se alcanzó el 100% de emergencia en todos los tratamientos.

Por su parte, las plantas tratadas con cualquiera de las tres cepas de *T. asperellum* mostraron un comportamiento superior, aunque no fue significativa en todos los casos, a las no tratadas en las diferentes fases de desarrollo fenológico evaluadas, evidenciado por los incrementos

en las variables de crecimiento: altura de la planta, número de tallos, diámetro del tallo, número de hojas promedio/planta, longitud de la hoja, número de folíolos, ancho y longitud de los folíolos, tamaño de raíces, peso fresco y seco del follaje y raíces; una mejor respuesta

fotosintética y rendimiento en cuanto al número de tubérculo/planta y en kg ha^{-1} ; así como menor incidencia de la enfermedad, menor severidad de daño y una reducción significativa de la misma en cualquiera de los tres tiempos de aplicación.

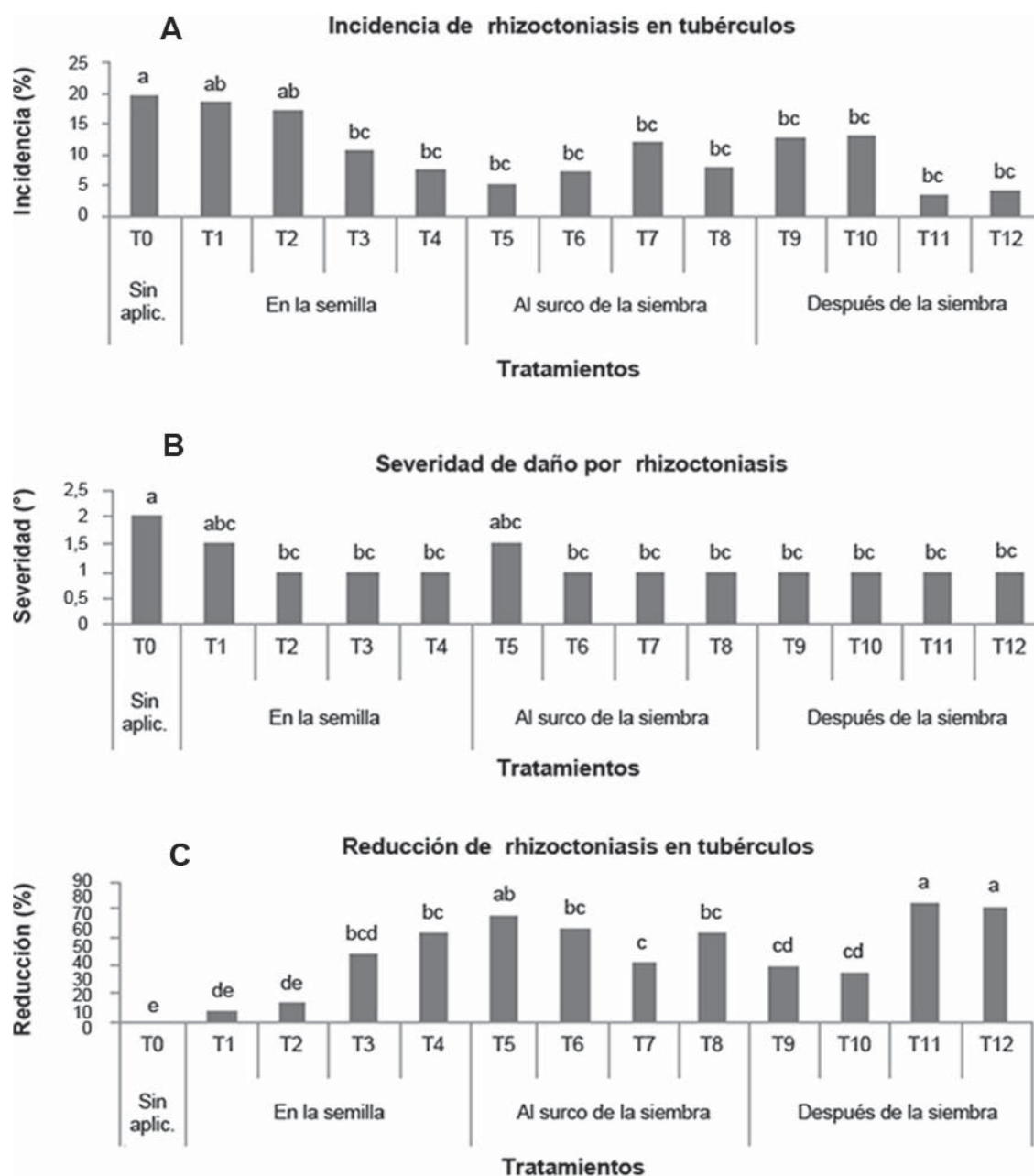


Figura 6. Incidencia (A), severidad de daño (B), reducción de rhizoctonias y (C) en tubérculos obtenidos en la cosecha de papa cv. "Andinita", provenientes de plantas sometidas a los diferentes tratamientos en el Centro Experimental Mucuchíes.

La mayor tasa fotosintética en las plantas tratadas, tanto a los 1,5 como a los 2,5 meses de su desarrollo con relación a las testigos, se relaciona con los incrementos del crecimiento y desarrollo de estas plantas, fundamentalmente con las variables ancho y longitud de los folíolos y, longitud de las hojas; ya que hubo mayor lamina foliar para la fotosíntesis, además de la exigencia de las raíces y los rizomas en trasladación de sustancias al tener mayor desarrollo con los tratamientos; que se traduce en una mayor producción de azúcares, traslado y acumulación de estas en los tubérculos, con incrementos significativos en los rendimientos.

Por otro lado, las mejores respuestas fueron encontradas con M-11 y la mezclas de las tres (M-18+4+11), que ocuparon los más altos grupos estadísticos para todas estas variables de crecimiento, que al mismo tiempo mostraron la mejor capacidad de biocontrol, alcanzando bajas incidencias de rhizoctonias que estuvieron en 2,23 y 3,9% con baja severidad de daño (grado 1) y una reducción de la enfermedad de 83 y 80%, respectivamente, con relación a las plantas testigos que presentaron 20% de incidencia y mayor severidad de daño (grado 2) cuando las aplicaciones se hicieron en la emergencia. Estos tratamientos también mostraron los mayores rendimientos, conjuntamente con M-4 aplicados en la emergencia y en la semilla cuyos valores oscilaron entre 77 000 y 83 333 kg ha⁻¹.

Estos resultados coinciden con los reportados en otros cultivos. Así Chet *et al.* (1997) afirmaron que la producción en los cultivos puede incrementarse hasta un 300% después de la inoculación de *T. hamatum* o *T. koningii*. Del mismo modo señalan un aumento considerable en la producción con semillas de plantas previamente tratadas con esporas de *Trichoderma* en experimentos llevados a cabo en un invernadero. Sin embargo, existen muy pocos reportes de cepas que producen factores de crecimiento (auxinas, citoquininas y etileno) que son detectados e identificados en el laboratorio.

Plantas *in vitro* de banano en etapa de vivero inoculadas con cepas de *T. atroviride*, obtuvieron un efecto positivo en la promoción de crecimiento para altura de la planta, diámetro

del pseudotallo y emisión foliar (Menjívar, 2005). Para este cultivo, Meneses (2003) encontró mayores valores en peso del sistema radical (39%) y sistema foliar (19%), así como un incremento en altura y diámetro del pseudotallo comparados con los del testigo absoluto. Por su parte, Pocasangre *et al.* (2004) determinaron pesos superiores del sistema radical y foliar en comparación con plantas no protegidas. A su vez, Cañizares (2003) obtuvo resultados similares, encontrando plantas *in vitro* inoculadas con endofíticos, con un 38% más de peso radical que el testigo.

También en Venezuela, Jiménez (2011) al evaluar la efectividad de productos con base a *T. harzianum* y una cepa nativa *T. koningiopsis* de la zona bajo estudio y el inductor químico Bion®, solos y combinados como inductores de resistencia a la pudrición blanca en ajo (*Allium sativum* L.) producida por *Sclerotium cepivorum*, Berk bajo condiciones de campo, encontró un efecto positivo en aquellos tratamientos donde se combinaron ambos inductores con un incremento del rendimiento, indicando que los mayores fueron en aquellas plantas tratadas con *T. koningiopsis* + Bion®, mostraron además los mayores contenidos de clorofila, peso fresco y seco aéreo e incrementos en altura de las plantas; lo que indica el efecto aditivo y a largo plazo de la resistencia inducida, bajo una disminución de la incidencia de la enfermedad y el área bajo la curva de progreso de la misma.

Este efecto de *Trichoderma*, en cuanto a los incrementos en el crecimiento y desarrollo de las raíces, se explica a través de varios mecanismos de acción. El hongo *Trichoderma* regula los niveles de auxinas en la rizósfera (Contreras-Cornejo *et al.*, 2009) estimulando el crecimiento de las plantas (Chang *et al.*, 1986; Yedidia *et al.*, 2001), además de proteger el sistema radical con habilidad para modificar su ambiente circundante, pudiendo acidificar el suelo mediante la secreción de ácidos orgánicos, lo que resulta en el metabolismo de otras fuentes de carbono (glucosa), capaces de solubilizar fosfatos e intervenir en el equilibrio de micronutrientes y minerales. Por consiguiente, la adición de *Trichoderma* al suelo, resulta en la biofertilización por la solubilización del metal, incrementando la riqueza del mismo,

en forma tal, que puedan ser asimiladas por las plantas (Altomare *et al.*, 1999), lo que se traduce en un incremento de la productividad del cultivo (Harman, 2004).

La efectividad de acción de *Trichoderma* sobre *Rhizoctonia* spp. entre otros hongos, ha sido estudiado por diferentes autores (Carsolio *et al.*, 1999; El-Katatny *et al.*, 2001; Inbar *et al.*, 1996) quienes indican que la interacción inicial entre antagonista y fitopatógeno obedece a la acción de lectinas durante el proceso de reconocimiento y posteriormente se inicia la liberación al medio de diversas enzimas con actividad quitinolítica, glucanolítica, celulolítica y proteolítica para degradar las estructuras del hongo fitopatógeno y después nutrirse de los productos resultantes de la actividad enzimática (Goldman *et al.*, 1994).

Otros trabajos, demuestran la actividad micoparasítica de *Trichoderma* contra *Rhizoctonia* spp., observada con aislamientos de *T. hamatum*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum*, *T. koningii*, *T. pseudokoningii*, *T. viride*, *T. virens* y *Trichoderma* sp. (Howell *et al.*, 2000; Jakhar *et al.*, 1998; Jeffries y Young, 1994; Lewis *et al.*, 1991). Asimismo, existen resultados similares en cuanto a la eficacia de aislados de este antagonista para controlar enfermedades causadas por *R. solani* en plantas de algodón, lechuga, berenjena, girasol, maíz y papa; logrando reducciones significativas del patógeno en estos cultivos (Durman *et al.*, 1999; Mathivanan *et al.*, 2000; García *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en el presente trabajo permitieron determinar que las tres cepas de *T. asperellum* evaluadas interactuaron positivamente con las plantas de papa del cv. "Andinita" en cualquiera de los tres tiempos de inicio de aplicación, bajo las condiciones de las casas de cultivos de Mucuchíes; debido a la respuesta en cuanto a incrementos de todas las variables fisiológicas de crecimiento, fotosíntesis, rendimiento y resistencia frente al fitopatógeno *R. solani*. Además, las cepas presentaron una buena capacidad para biocontrol de *R. solani*.

Las mejores respuestas se obtuvieron en las plantas tratadas con la cepa M-11 y la mezcla de las tres (M-18, M4 y M11), aplicadas en la emergencia y en los microtubérculos-semilla previo a la siembra; alcanzando bajas incidencias y severidades de daños de rhizoctoniasis traducido en reducciones significativa de la enfermedad, igualmente mostraron los mayores rendimientos.

La cepa endofítica M-11 de *T. asperellum*, representa una alternativa de control de *R. solani* amigable con el ambiente; de tal manera que se recomienda su incorporación dentro de los componentes de manejo agroecológico del sistema de producción de papa destinado a la obtención de semilla de calidad genética y sanitaria; pudiendo ser innovado hacia otras casas de cultivos donde se esté produciendo este insumo, ello permitirá reducir el uso agrotóxicos en el manejo de la rhizoctoniasis.

Se confirma que la selección y especificidad de las cepas de *Trichoderma* es un elemento importante a tener en cuenta para ser utilizados como agente de biocontrol en programas de manejo de fitopatógeno.

Este es el primer reporte que evidencia la interacción positiva entre "Papa-*Trichoderma-Rhizoctonia*", al aplicar *T. asperellum* sobre plantas de este cultivo provenientes de microtubérculos regenerados *in vitro* en presencia natural de *R. solani*.

LITERATURA CITADA

- Altomare, C., W. A. Norvell, T. Björkman and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and Biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. Appl. Env. Microbiol. 65:2926-2933.
- Aponte, O. 1986. Cuantificación de la enfermedad. Curso Internacional sobre enfermedades de cultivos y su control químico. Tomo I. Comisión de estudios de posgrado. Área fitopatología. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Lara. Venezuela. 50 p.

- Cañizares, C. A. 2003. Estudio sobre poblaciones de hongos endofíticos provenientes de suelos supresivos al nematodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne en plantaciones de plátano en la zona de Talamanca, Costa Rica. Tesis M. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 75 p.
- Carsolio, C., N. Benhamou, S. Haran, C. Cortez, A. Gutierrez and A. Herrera-Estrella. 1999. Role of the *Trichoderma harzianum* endochitinase gene, ech42, in mycoparasitism. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:929-935.
- Chang, Y. C., Y. Chang, R. Baker, O. Kleifeld and I. Chet. 1986. Increased growth of plants in the presence of the biological control agent *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 70:145-148.
- Chet, I., J. Ibar and I. Hadar. 1997. Fungal antagonists and mycoparasites. **In:** *The Mycota IV: Environmental and Microbial Relationships* (Wicklow DT and Soderstrom B, eds.). New York: Springer Verlag. pp. 165-192.
- Chet, I., N. Benhamou and S. Haran. 1998. Mycoparasitism and lytic enzymes. **In:** *Trichoderma and Gliocladium*. Kubicek, C. P. y Harman, G. E. (eds). Taylor and Francis, Londres, Reino Unido. pp. 153-172.
- Contreras-Cornejo, H. A., L. Macías-Rodríguez, C. Cortés-Penagos and J. López-Bucio. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 149(3):1.579-1.592.
- Durman, S., A. Menéndez and A. Godeas. 1999. Evaluation of *Trichoderma* spp. as antagonistic of *Rhizoctonia solani* *in vitro* and as biocontrol in greenhouse tomato plants. *Rev Argentina de Microbiología.* 31(1):13-18.
- EL-Katatny, M. H., M. Gudelj, K. H. Robra, M. A. Elnaghy and G. M. Gübitz. 2001. Characterization of a chitinase and an endobeta-1,3-glucanase from *Trichoderma harzianum* Rifai T24 involved in control of the phytopathogen *Sclerotium rolfsii*. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56(1-2):137-43.
- FAOSTAT. 2010. Venezuela Producción de Papa. Disponible en línea: <http://FAOSTAT.FAO.org/site/567/> [Consultado 10 de diciembre de 2010].
- García, R., A. García y C. Garnica. 1999. ¡Cuidado con la rhizoctoniasis de la papa! *Diario Frontera. Página Agropecuaria 5-C. Mérida.* 3 de enero.
- García, R., A. García y J. Garnica. 2002. Distribución, Incidencia y Alternativas de Control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa en el estado Mérida, Venezuela. *Revista Latinoamericana de la papa.* 13(1):24-40.
- García, R., R. Riera, C. Zambrano, A. García y A. Maggiorani. 2003. Evaluación de *Trichoderma harzianum* para el control de enfermedades fungosas desarrolladas en sistemas agrícolas merideños. **In:** *Memorias del XVIII Congreso Venezolano de Fitopatología, Maracay, 12-14 de noviembre de 2003.*
- García, R. y J. Salas. 2005. Aspectos generales del cultivo de la papa. **In:** García R.; J. Salas y G. Ramos. (Eds.). *Producción de Semilla de Papa en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA N° 5.* Mérida, Venezuela. INIA. pp.18-29.
- García, R., R. Riera, C. Zambrano y L. Gutiérrez. 2006. Desarrollo de un fungicida biológico a base de una cepa del hongo *Trichoderma harzianum* proveniente de la Región andina venezolana. *FITOSANIDAD*10(2):115-121.
- Goldman, G. H., C. Hayes y G. E. Harman. 1994. Molecular and cellular biology of biocontrol by *Trichoderma* spp. *Trends Biotechnol.* 12(12):478-482.
- Gutiérrez, A. 2006. Estrategias para mejorar la comercialización de la papa en Venezuela ULA- FACES- CIAAL. Mérida, Venezuela. Disponible en línea: http://www.saber.ula.ve/db/ssaber/Edocs/centros_investigacion/ciaal/publicaciones/presentaciones/agutierrez_papa_1.pdf. [Consultado: 20 de mayo de 2011].
- Harman, G. E. 2004. Mythos and dogmas of biocontrol. Changes in perceptions derive from research on *Trichoderma harzianum* T22. *Plant Dis.* 84:377-393.

- Howell, C. R., L. E. Hanson, R. D. Stipanovic and L. S. Puckhaber. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathol.* 90(3):248-252.
- Hooker, W. 1980. Compendio de Enfermedades de la Papa. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú. 37-42 pp.
- Igarza, Y. 2011. Obtención de microtubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L. subsp. *andigenum*) cv. 'Andinita' en Sistemas de Inmersión Temporal. Tesis doctoral. Escuela Socialista de Agricultura Tropical del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola. Doctorado en Biotecnología Agrícola, Mención Vegetal. Maracay, Venezuela. 130 p.
- Inbar, J., A. Menendez and I. Chet. 1996. Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Sclerotinia sclerotiorum* and its role in biological control. *Soil Biol. Biochem.* 28(6):757-763.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2011. Manual de Agrometeorología. Estadísticas Climáticas de Mucuchíes (Mimeografiado).
- Jakhar, S. S., M. S. Chauhan and J. C. Duhan. 1998. Management of root rot of cotton (*Gossypium species*) caused by *Rhizoctonia species*. *Plant Dis. Res.* 13(2):115-118.
- Jeffries, P. and T. W. K. Young. 1994. Biocontrol of Plant Pathogens. Interfungal Parasitic Relationships. CAB International, Wallingford. pp. 181-221.
- Jiménez, M. A. 2011. Evaluación de *Trichoderma* spp. y Acibenzolar-S-Metil (BION®) como inductores de resistencia a la pudrición blanca en ajo (*Sclerotium cepivorum* Berk). Tesis Doctoral. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 150 p.
- Korolev, N., D. D. Rav and Y. Elad. 2008. The role of phytohormones in basal resistance and *Trichoderma*-induced systemic resistance to *Botrytis cinerea* in *Arabidopsis thaliana*. *BioControl.* 53(4):667-683.
- Lewis, J. A. and G. C. Papavizas. 1991. Biocontrol of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* in the field with formulations of *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens*. *Crop Protection.* 10(5):396-402.
- Mathivanan, N., K. Srinivasan and S. Chelliah. 2000. Biological control of soil-borne diseases of cotton, eggplant, okra and sunflower by *Trichoderma viride*. *Z. Pflanzenk. Pflanzen.* 107(3):235-244.
- Meneses, H. A. 2003. Utilización de hongos endofíticos provenientes de banano orgánico para el control biológico del nemátodo barrenador *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Tesis Msc. Turrialaba, CR. CATIE. 60 p.
- Menjivar, R. 2005. Estudio del potencial antagonista de hongos endofíticos para el biocontrol del nemátodo barrenador *Radopholus similis* en plantaciones de banano en Costa Rica, Tesis Msc. Turrialaba, CR. CATIE. 40 p.
- Molina de Paredes, O. y A. M. Contreras. 2009. Análisis de los métodos de cálculo. *Visión gerencia.* 8(1):103-113.
- Pocasangre, L. E., A. Zumfelde, A. Meneses, C. Cañizares, A. E. Riveros, F. Rosales and R. A. Sikora. 2004. Manejo alternativo de fitonematodos en banano y plátano. In: Memorias, XVI reunión internacional de ACORBAT, Oaxaca, México. pp. 106-112.
- Reino, J. L., R. F. Guerrero, R. Hernández-Galán and I. G. Collado. 2008. Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochem Rev.* 7(1):89-123.
- Salazar, L. 1995. Los virus de la papa y su control. Centro Internacional de la Papa. Perú. 226 p.
- Van Wees, S. C., Van der Ent, S. and Pieterse, C. M. 2008. Plant immune responses triggered by beneficial microbes. *Curr Opin Plant Biol.* 11(4):443-448.
- Weindling, R. 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasitic of other soil fungi. *Phytopathology.* 22:837-845.

Yedidia, I., N. Benhamou and I. Chet. 1999. Induction of defence responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied and Environmental Microbiology*. 65(3):1.061-1.070.

Yedidia, I., A. K. Srivastva, Y. Kapulnik and I. Chet. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on Microelement Concentrations and Increased Growth of Cucumber Plants. *Plant and Soil*. 235(2):235-242.

Demarcaciones climáticas del municipio Torres en el estado Lara, Venezuela

Climatic demarcations of the Torres municipality in the Lara state, Venezuela

Onelia del Carmen Andrade-Benítez¹

¹Investigadora. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Yaracuy). San Felipe 3201. Estado Yaracuy. Venezuela
Correos electrónicos: o-andrade@inia.gob.ve, oneliaandrade@yahoo.es

RESUMEN

El uso combinado de sistemas de información geográfica (SIG), modelos digitales de elevación (DEM), imágenes satelitales, mapas analógicos o digitales, datos meteorológicos y visitas a campo, es exitoso en la generación de información y mapeo de elementos que definen el clima. Esta información es necesaria para llevar a cabo una evaluación de tierras o cuando se quiere desarrollar agrícolamente una zona, sobre todo si es bajo condiciones de secano. El objetivo de este trabajo fue obtener mapas digitales de elementos climáticos que permitan definir las demarcaciones climáticas que existen en el municipio Torres del estado Lara. Datos climáticos de estaciones meteorológicas, ecuaciones matemáticas y técnicas de interpolación fueron usadas para mapear los elementos del clima. Los resultados indican que existen cuatro demarcaciones climáticas bien definidas en el municipio: semiárida, subhúmeda seca, subhúmeda húmeda y húmeda, que deben ser consideradas al momento de estructurar planes de desarrollo agrícola para la zona.

Palabras clave: mapa, SIG, DEM, demarcaciones climáticas.

ABSTRACT

The combined use of geographic information systems (GIS), digital models of elevation (DEM), satellite images, analog and/or digital maps, weather data and field visits is successful in generating information and mapping of elements that define climate. This information is necessary to carry out an assessment of land or when agricultural development is required, especially if it is under rainfed conditions. The objective of this study was to obtain digital maps of climatic elements that allow to define climatic boundaries that exist in the Torres municipality, Lara state. Data from weather stations, technical and mathematical interpolation equations were used to map the elements of the climate. The results indicate that there are four well defined climatic demarcations in the municipality: semi-arid, sub-humid dry, sub-humid humid and humid, which should be considered when develops agricultural area.

Key words: map, GIS, DEM, climatic demarcations.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Tocuyo es el ecosistema hidrográfico más importante de la Región Centroccidental de Venezuela (RCV). A causa del deterioro de sus recursos y al uso no adecuado de la tierra, instituciones públicas y privadas relacionadas con el sector agrícola y con la protección del ambiente, unieron esfuerzos para coleccionar, generar, analizar e interpretar información de aquellos recursos que permitan identificar y evaluar el uso de la tierra y su deterioro. Estos aspectos son importantes especialmente para la agricultura de secano, la cual evalúa la tierra como recurso y su aptitud para un uso específico (FAO, 1983).

La cuenca del municipio Torres del estado Lara es la de mayor superficie e importancia agrícola en el estado, razón por la cual esta experiencia se ejecutó allí, así que los resultados obtenidos servirían de modelo para generar la información en otros municipios.

Dentro de una evaluación de tierras, los parámetros ambientales más importantes son los que definen el clima de la región que se va a evaluar (FAO, 1976). El clima es el estado medio de la atmósfera de un lugar determinado basado en los datos correspondientes a un intervalo de varias décadas (Cazabone y Sivoli, 1997). Es una variable múltiple, cuya dinámica obedece a una serie de factores causales generales y a controles locales que contribuyen a condicionar sus efectos, determinado por elementos termodinámicos (viento, presión atmosférica, temperatura) y acuosos como precipitación, humedad; condicionado por factores cósmicos (radiación solar) y geográficos (latitud, altitud, relieve, continentalidad, corrientes marinas).

En la zona tropical, la temperatura y el fotoperíodo varían a lo largo del año dentro de un rango muy restringido, oscilaciones de temperatura y brillo solar rara vez mayores a 5 °C y a 1 h, respectivamente, en cambio la humedad efectiva, es decir, aquella proveniente de precipitaciones, varía profundamente de estación a estación, así como entre áreas, por lo tanto se trata del principal factor a considerar (Monkhouse, 1978).

La RCV por razones de localización astronómica y continental, su posición con respecto al océano y a la circulación de los vientos alisios y la propia fisiografía, muestra un universo climático bastante heterogéneo (Ferrer, 2003). En esta región las precipitaciones obedecen tanto a patrones estacionales como a circunstancias eventuales y que están condicionadas por la posición del sol, la circulación de masas de aire cargadas de humedad y factores que generan la presencia o no de tales masas de aire.

La posición del sol y la situación del continente dan lugar a dos tipos climáticos bien definidos: Marítimo y Continental Estacional, caracterizados por circunstancias topográficas y por el relieve local, los rasgos climáticos en las depresiones son de carácter transicional, con características propias que difieren, tanto del tipo Marítimo como del Continental Estacional, denominándose Interiores de Influencia Marítima, Continentales Mixtos e Interiores Alisios.

La delimitación y ponderación de las diferentes demarcaciones distinguibles en la región, obedece a grandes controles zonales (temperaturas >18 °C, isotérmica e isofónica), a las fluctuaciones de las variables climáticas cumplidas en ciclos recurrentes anuales que distinguen a un lugar de otro (patrones estacionales de lluvia y de sequía, monomodales o bimodales), y finalmente, a la caracterización climática que atiende al balance entre la humedad aportada por precipitación y la pérdida sufrida por evapotranspiración (provincias de humedad).

El uso de sistemas de información geográfica (SIG), imágenes de satélite y modelos digitales de elevación (DEM), juegan un rol importante en el análisis exhaustivo de elementos climáticos (Chuvieco, 1996), pues facilitan el almacenaje y análisis de un amplio rango de datos (FAO, 1996; Unda, 2001; Davidson, 2002) y la integración de éstos con otros datos (ambientales o no) a diferentes escalas y nivel de detalle (Basher, 1997).

El objetivo planteado en este trabajo fue obtener mapas de parámetros climáticos que permitan definir las demarcaciones climáticas que existen en el municipio Torres, estado Lara.

MATERIALES Y MÉTODOS

El municipio Torres del estado Lara, está ubicado geográficamente entre latitudes de 9° 45' 37" N -10° 34' 27" N y longitudes de 69° 36' 06" O -70° 40' 22" O, ocupando un área de 6.954 km².

Los materiales utilizados fueron mapas analógicos y digitales en formato vectorial del estado Lara, un DEM de Seamless Data Server y una imagen Landsat-7ETM+ (WRS-2, 6/53) del 11 de noviembre del 2000, ambos obtenidos del United States Geological Survey (USGS). También se usaron datos diarios de precipitación y temperatura, período 1984-2006 de 33 estaciones meteorológicas ubicadas en el área monitoreadas por la Dirección de Hidrología y Meteorología del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales de la región.

La Figura 1 muestra la ubicación geográfica del municipio dentro de la cuenca del río Tocuyo (A), el relieve derivado del DEM (B) y la imagen de satélite (C). En la Figura 2 se aprecia el nombre de las estaciones meteorológicas, ubicación geográfica y altura (m s. n. m.).

Los programas ENVI 4.0 (RSI, 2003), ArcGis.9 (ESRI, 2008), ArcView.3.2a (ESRI, 2002) y MapInfo Profesional 5.5 (MIP, 1999) fueron usados para pre-procesar, procesar y transferir (importar/exportar) los datos.

El mapa del municipio con sus límites político-administrativos, escala 1:100.000, fue usado como mapa base para elaborar los temáticos. El mismo fue digitalizado y georeferenciado

empleando una tabla digitalizadora. Sus datos espaciales fueron almacenados en el SIG MapInfo5.5 y sus atributos no espaciales fueron codificados en una base de datos o tabla de atributos.

Las hojas cartográficas 6045, 6046, 6047, 6145, 6147, 6245, 6246 y 6247 del estado Lara fueron escaneadas y georeferenciadas con el mapa previamente digitalizado, la imagen Landsat y el DEM fueron importados al programa ENVI y cortados de acuerdo a las coordenadas del área usando la herramienta "Resize Data", luego los datos espaciales fueron georeferenciados (resolución especial de 30 m x 30 m) a la proyección Universal Transverse Mercator (UTM), zona 19 Norte, WGS-84 y corregidos geoméricamente usando 20 puntos de control como cruce de caminos y centros poblados, ubicados en el mapa y en la imagen.

Todos los datos fueron importados a diferentes programas de análisis espacial, tales como, ArcGis, ArcView, MapInfo y ENVI, esto facilitó el uso, análisis y cartografía de las entidades espaciales del municipio. Con los datos de precipitación y temperatura se calcularon a través de fórmulas evapotranspiración potencial (ET_0), la concentración de la precipitación, la agresividad de la lluvia, provincias de humedad, balance hídrico, patrones estacionales y meses secos.

Los valores de ET_0 fueron obtenidos aplicando la fórmula de Thornthwaite (1948):

$$e = 16 \times (10 \times tm/l) a$$

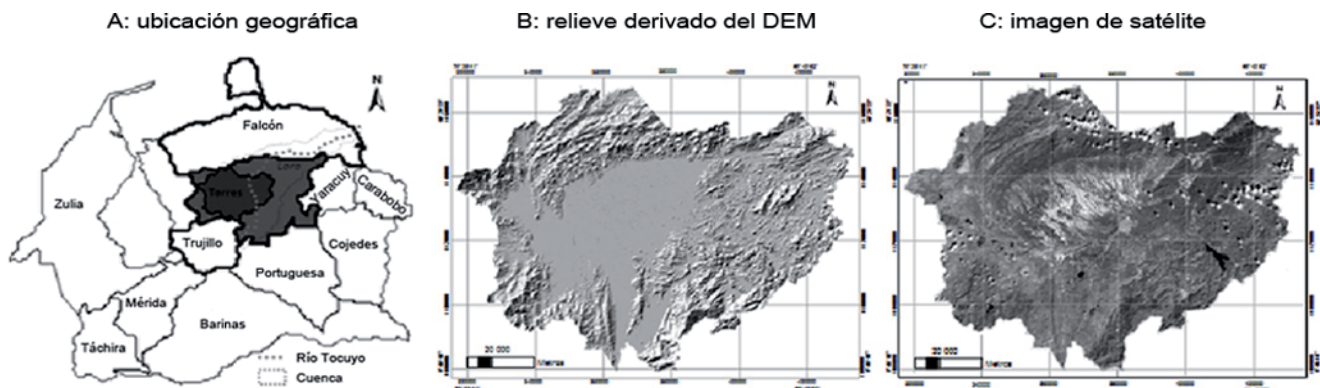


Figura 1. Ubicación geográfica, relieve e imagen satelital del municipio Torres.

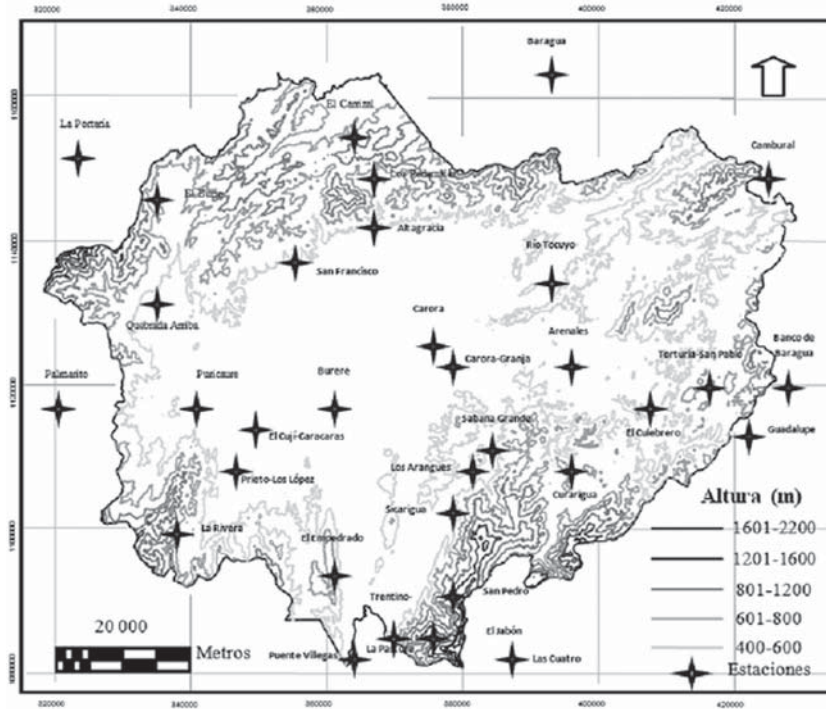


Figura 2. Estaciones y curvas de nivel.

e es la ET_0 mensual (mm), t_m es la temperatura media mensual ($^{\circ}C$), I es el índice de calor anual y a es un parámetro calculado de " I ", I y a son calculados de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$I = \sum (ij) ; j = 1, \dots, 12 \text{ (suma de los 12 índices de calor mensual)}$$

$$ij = (tmj/5) 1,514;$$

$$a = 0,000000675 \times I^3 - 0,0000771 \times I^2 + 0,01792 \times I + 0,49239$$

Los valores de provincias de humedad fueron obtenidos aplicando la ecuación del índice climático (IC) reportado por UNEP (1997), que define el período de deficiencia y exceso de humedad en un área, durante un período específico de tiempo (Cuadro 1):

$$IC = P / ET_0$$

P la precipitación media anual y ET_0 la evapotranspiración potencial en mm.

La clasificación de la concentración de la precipitación en el año (Cuadro 2) fue generada

con el índice de concentración de la precipitación (ICP) propuesto por Oliver (1980):

$$ICP = 100 \sum P^2 / P$$

P^2 es la precipitación mensual (mm) y P la precipitación media anual (mm).

Cuadro 1. Clasificación de las provincias de humedad considerando el índice climático (IC) de acuerdo a UNEP (1997).

Provincia de humedad	IC
Híper árida	<0,05
Árida	0,05-0,20
Semiárida	0,20-0,50
Subhúmeda seca	0,50-0,65
Subhúmeda húmeda	0,65-1
Húmeda	>1

Cuadro 2. Clasificación del índice de concentración de la precipitación (ICP) basado en Oliver (1980).

ICP	Clase
8,3-10	Uniforme
10-15	Moderadamente estacional
15-20	Estacional
20-50	Altamente estacional
50-100	Irregular

La agresividad de la lluvia fue caracterizada con el índice modificado de Fournier (*IMF*) propuesto por Arnoldus (1980). Este factor determina la capacidad o poder de la lluvia para causar erosión. La clasificación es presentada en el Cuadro 3.

$$IMF = \sum P^2 / P$$

Con P^2 y P similar a como se describió previamente

El período seco y los patrones estacionales de la lluvia fueron definidos con el criterio propuesto por Lobo (2005).

$$\begin{aligned} \text{Mes seco; } P < 0,5 ET_0 \\ \text{Mes húmedo; } P > ET_0 \end{aligned}$$

Cuadro 3. Clasificación de la agresividad de la lluvia usando el índice modificado de Fournier (*IMF*) de Arnoldus (1980).

IMF	Clase
0-60	Muy baja
60-90	Baja
90-120	Moderada
120-160	Alta
>160	Muy alta

Siendo, P^2 la precipitación mensual (mm) y ET_0 la evapotranspiración potencial mensual (mm).

Los datos obtenidos aplicando estas ecuaciones fueron transferidos al SIG ArcGis.9. Por procedimientos de mapeo, el tema “estaciones climáticas” fue generado bajo formato vectorial (puntos).

La técnica de interpolación Kriging (tamaño de celda o pixel de 30 m) fue usada para obtener los mapas en superficie en formato raster de precipitación, temperatura, evapotranspiración, provincias de humedad, agresividad de la lluvia, patrones estacionales, meses secos e índice de concentración de las lluvias; esta técnica es un método geoestadístico de estimación de puntos que utiliza un modelo de variograma para la obtención de datos y calcula los pesos que se darán a cada punto de referencia usado en la valoración, se basa en la premisa de que la variación espacial continúa con el mismo patrón (Burrough, 1986).

Tomando en cuenta que la temperatura de una región normalmente decrece con la altura (gradiente vertical de temperatura, aproximadamente 6,5 °C/1000 m), con los valores de temperatura y altitud de las estaciones climatológicas, se obtuvo una ecuación de regresión $y = -0,0065x + 30,29$; $R^2 = 1$, para estimar la temperatura en todo el municipio con el DEM. Este mismo procedimiento se realizó para evapotranspiración ($y = 0,3352x^2 - 10,104x + 137,73$; $R^2 = 0,9998$) y para precipitación ($y = 379,5 \ln(x) - 1681,9$; $R^2 = 0,3644$), debido a que la determinación de las provincias de humedad están relacionadas con las mismas.

En el caso de las variables, agresividad de la lluvia, patrones estacionales, meses secos e índice de concentración de las lluvias, el coeficiente de determinación es muy bajo, por esta razón se presentan los mapas obtenidos con la interpolación. Los mapas de temperatura, evapotranspiración, precipitación y provincias de humedad son el promedio de los valores obtenidos con el uso del DEM y la interpolación. Seguidamente los mapas fueron sobrepuestos para describir y demarcar el clima de las provincias de humedad del municipio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 4 se muestra los valores promedio mensuales de temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial (ET_0) y real (ETR), déficit (D) y almacenamiento (A) obtenidos de los datos registrados en las estaciones ubicadas en el municipio Torres. En las Figuras 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 se pueden apreciar los mapas de temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial (ET_0), meses de lluvia, meses secos, concentración de la precipitación y agresividad de la lluvia, respectivamente. La Figura 10 muestra el mapa de las provincias de humedad o demarcaciones climáticas obtenidas en el municipio y en el Cuadro 5 se describen sus características.

La temperatura promedio mensual en el municipio durante el año varía muy poco la media es 27,08 °C, con una leve disminución en los meses de diciembre y enero. La precipitación tiene una acentuada irregularidad y un patrón de lluvia bimodal, con una estación en abril-mayo y otra en agosto-noviembre con pico en octubre. El balance hídrico (precipitación + almacenamiento – evapotranspiración) es negativo a través del año, excepto en el período septiembre-octubre. Ferrer (2003) señala que la estación seca varía con la provincia de humedad, conocida como “veranito de San Juan” y que durante el día, la

radiación del sol genera una energía térmica de 1,94 cal/cm²/seg.

El comportamiento de la temperatura y la precipitación del municipio, obedece a que en los trópicos, la temperatura y el fotoperíodo oscilan a lo largo del año dentro de un rango muy restringido, en cambio, la humedad efectiva proveniente de precipitaciones, varía profundamente de estación a estación, así como entre área y área, por ende, se trata del principal factor a considerar (Monkhouse, 1978). Ferrer y de Paz (1985) señalan que en la RCV los rangos determinantes del clima Continental Estacional se cumplen hasta la Sierra de Portuguesa y el Macizo de Nirgua, estado Yaracuy, los del clima Marítimo se prolongan al sur, hasta el arco orográfico formado por las sierras de Ziruma, estado Zulia, Churuguara-Remedios, estado Falcón y Buena Vista-Baragua, estado Lara.

Entre ambos sistemas montañosos se extienden las depresiones de Carora, Lara-Oriental, Turbio-Yaracuy y Aroa, en los estados Lara y Yaracuy. Los rasgos climáticos en tales depresiones son de carácter transicional, con características propias que difieren, tanto del tipo Marítimo como del Continental Estacional, denominándose climas interiores de Influencia Marítima, Continentales Mixtos e Interiores Alisios.

Cuadro 4. Valores promedio mensuales de temperatura (T), precipitación (P), evapotranspiración potencial y real (ET_0 , ETR), déficit (D) y almacenamiento de agua en el suelo (A) en el municipio Torres.

	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
T °C	26	27	28	28	28	27	27	27	27	27	27	26
P mm	18	26	44	70	76	30	36	67	106	140	101	41
ET_0 mm	98	100	102	103	102	100	98	99	102	102	101	94
ETR mm	18	26	44	70	76	30	36	67	102	102	101	94
D mm	-80	-74	-58	-33	-26	-70	-62	-32	0	0	0	-11
A mm	0	0	0	0	0	0	0	0	4	42	42	0

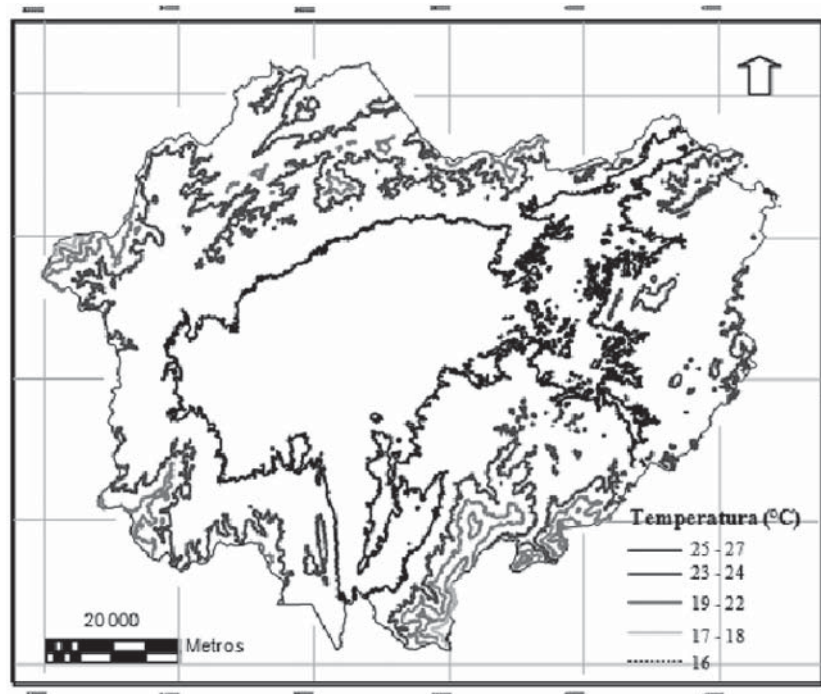


Figura 3. Curvas de temperaturas en Torres.

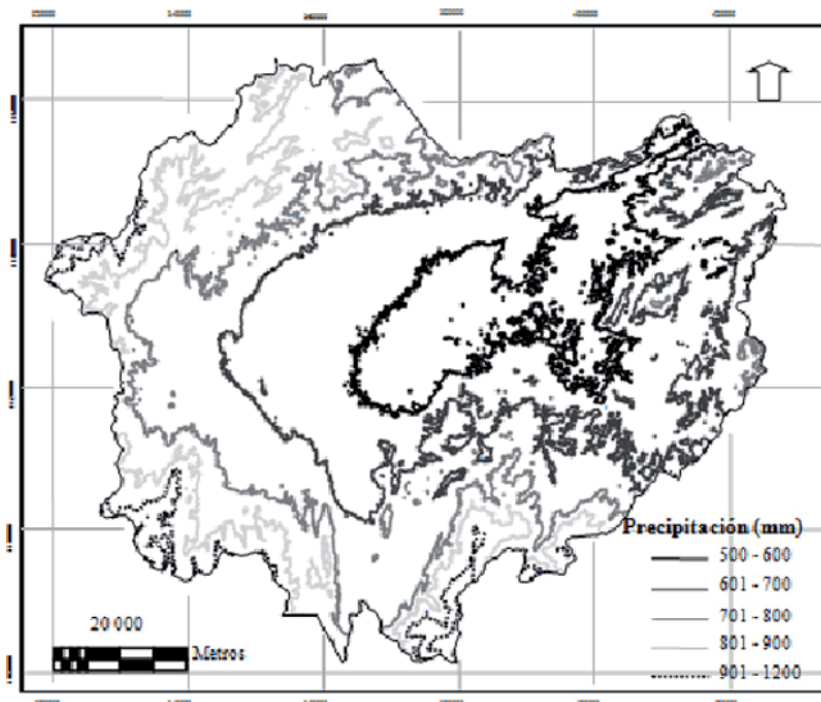


Figura 4. Curvas de precipitación en Torres.

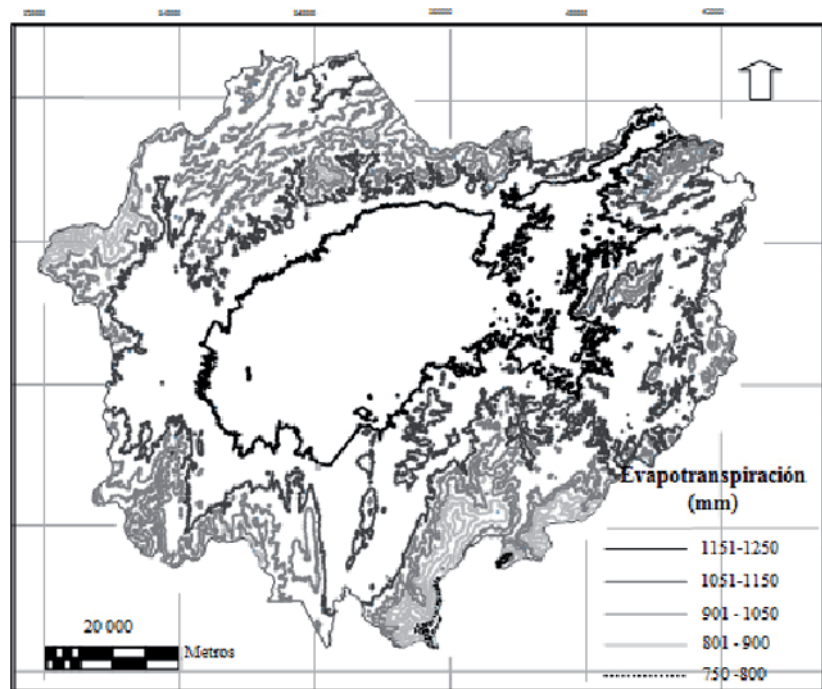


Figura 5. Curvas de evapotranspiración en Torres.

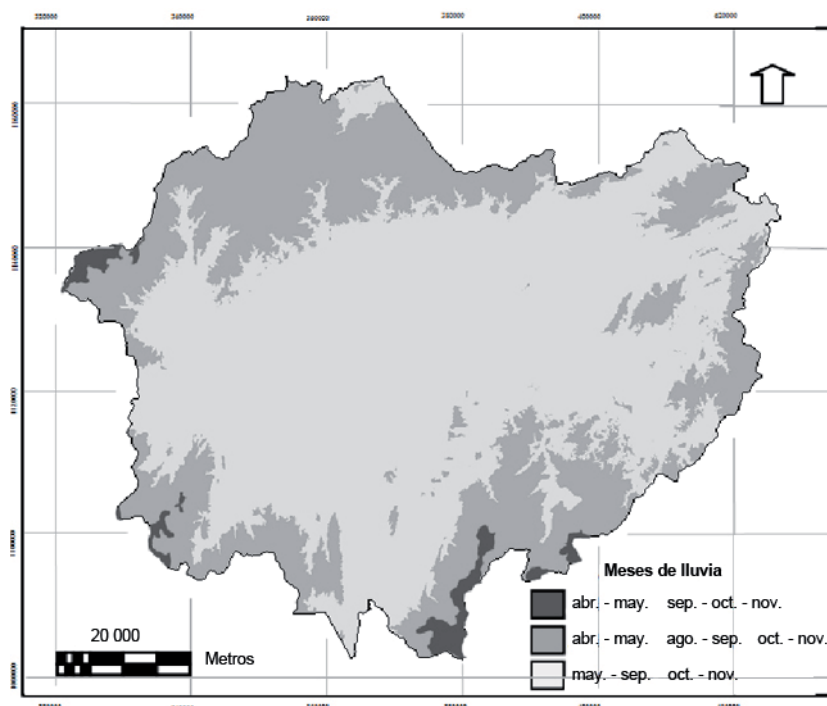


Figura 6. Meses de lluvia en Torres.

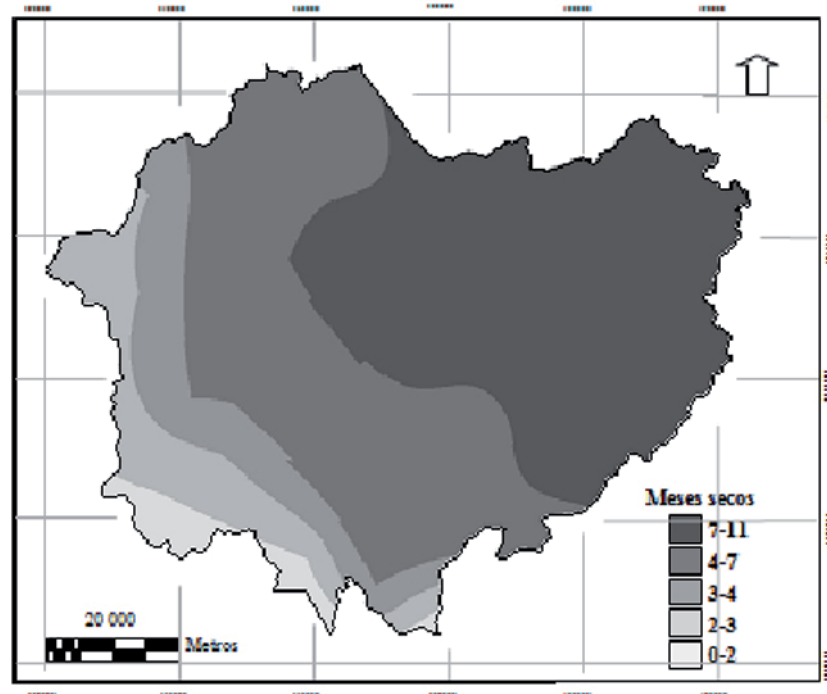


Figura 7. Meses secos en Torres.

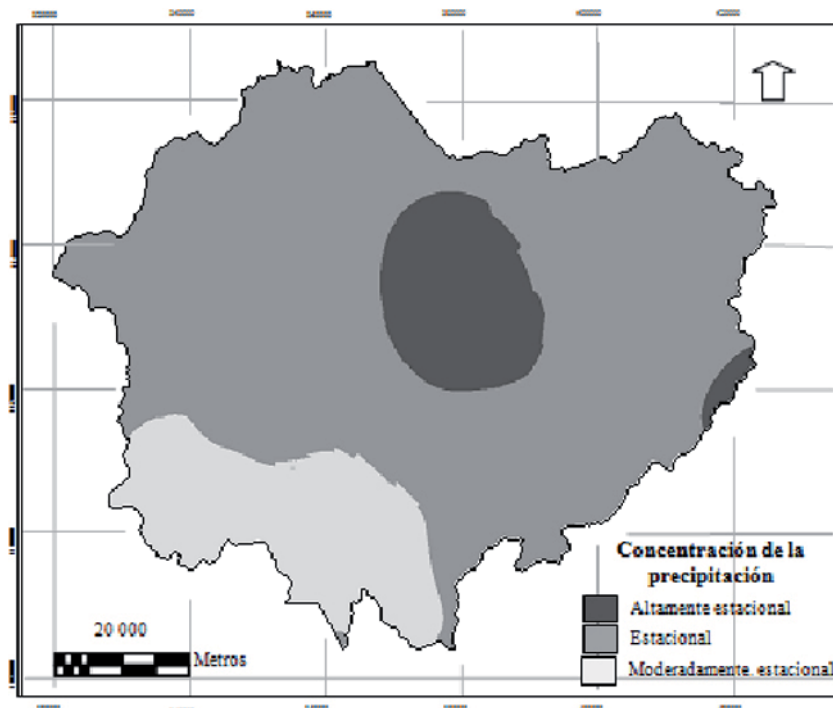


Figura 8. Concentración de la precipitación.

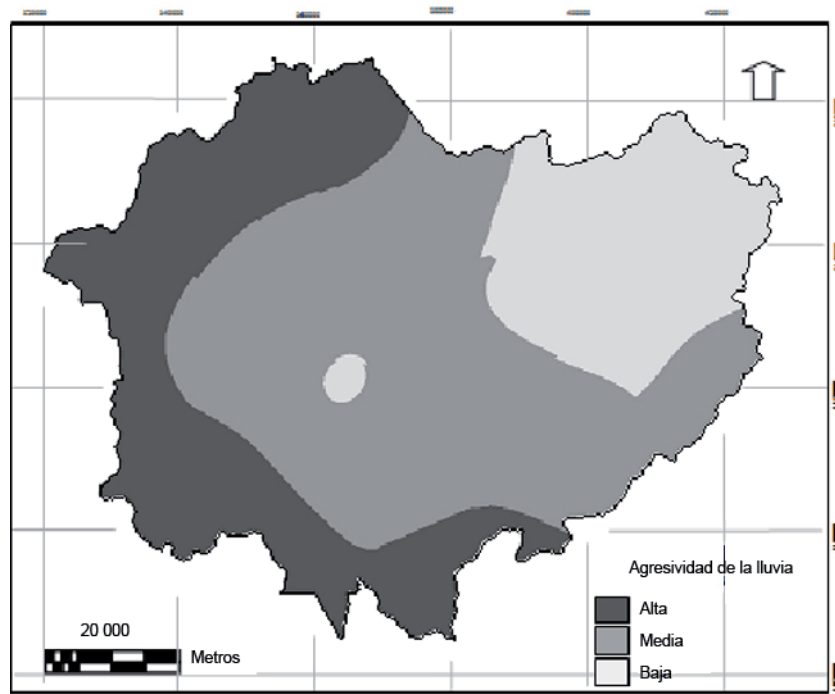


Figura 9. Agresividad de la lluvia en Torres.

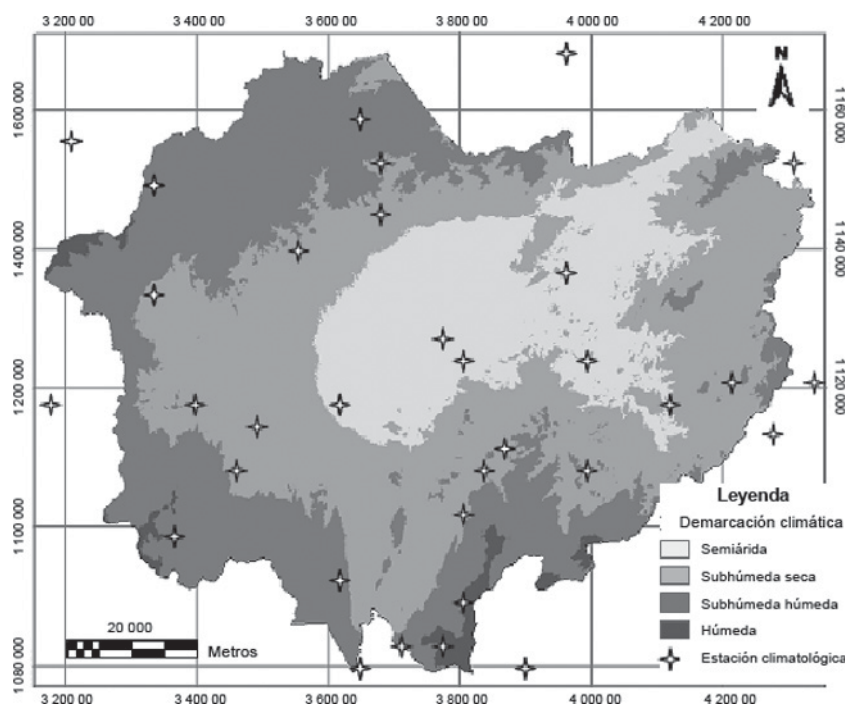


Figura 10. Demarcaciones climáticas presentes en el municipio Torres.

La disposición de los relieves determinados al norte por las sierras de Ziruma, Baragua y Parúpano, las sierras de Bobare, Matatere y Aroa al este, las estribaciones andinas, sierras de Portuguesa y Barbacoas al sur y sierras de Ziruma y Jirajara al oeste, dan lugar a un cerco montañoso con una gran influencia en el clima de la depresión de Lara, a la que enmarcan. Hacia esta especie de cubeta ejercen directa o indirectamente su influencia, por una parte los climas marítimos y continentales, y por otra las características fisiográficas locales, lo que en conjunto genera los rasgos de un clima continental mixto.

El rasgo característico de este clima es la sequedad, la mayor parte es árido o semiárido, con un gradiente de humedad creciente de NE a SO y de N a S, esta se debe a la convergencia de varios factores entre los que destacan la disposición de las masas de aire portadoras de humedad, al régimen de circulación de los vientos predominantes y al efecto de los vientos fríos y secos que descienden desde las cimas de las montañas donde descargan su humedad.

En lo anteriormente descrito, se concluye que en el municipio Torres el clima predominante es definido como continental mixto (CM), cálido,

excepto en las montañas, y que el balance de humedad establece ciertos cambios en el régimen, lo que origina cuatro demarcaciones climáticas o provincias de humedad (Cuadro 5; Figura 10) denominadas; semiárida, subhúmeda seca, subhúmeda húmeda y húmeda.

En el mapa de temperatura (Figura 3) se puede apreciar que los menores valores se reportan en las zonas de mayor altitud (>1200 m) y las más altas en las más bajas (<600 m), tal resultado confirma la aseveración de que la temperatura normalmente decrece con la altura.

Del mismo modo, se señala que en una región la temperatura puede variar debido a la distribución de distintos tipos de superficie, suelos muy húmedos como pantanos, ciénagas, actúan en forma similar a las superficies de agua, atenuando considerablemente las variaciones de la temperatura.

También la vegetación espesa tiende a atenuar los cambios de temperatura, debido a que contiene bastante agua, actuando como un aislante para la transferencia de calor entre la tierra y la atmósfera, mientras que en las regiones desérticas o áridas permiten grandes variaciones diurnas y estacionales (Smith *et al.*, 1973).

Cuadro 5. Características de las demarcaciones climáticas existentes en el municipio Torres, basadas en las provincias de humedad.

DC	A	T	P	ET_0	D	PE	MS	ALI	CLI
Semiárida	416-564	27-28	548-637	1 250-1 296	0-810	mayo ago. sep. oct. nov.	7-11	Moderada a alta	Estacional a altamente estacional
Subhúmeda seca	511-921	25-27	663-805	1 186-1 274	0-637	mayo ago. sep. oct. nov.	4-11	Moderada a alta	Altamente estacional
Subhúmeda húmeda	725-1 522	23-27	820-1 060	1 068-1 238	67-433	abr. mayo ago. sep. oct. nov.	2-10	Moderada a alta	Estacional
Húmeda	1 398-2 324	19-23	1 017-1217	870-1 060	28-474	abr. mayo. sep. oct. nov.	3-7	Alta	Estacional

DC: demarcación climática o provincia; A: altitud (m); T: temperatura (°C); P: precipitación (mm); ET_0 : evapotranspiración (mm); D: Déficit de humedad (mm); PE: patrón estacional de las lluvias; MS: meses secos, numerados del 1 al 12 para enero y diciembre; ALI: agresividad de la lluvia; CLI: concentración de lluvias.

El mapa de cobertura del municipio generado por Andrade *et al.* (2010) fue consultado, en aquellas zonas donde la vegetación es espesa (bosques densos, 5% del área), en el que las condiciones de humedad son más favorables, áreas protegidas o montañosas, las temperaturas son menores a 18 °C, mientras que en las zonas planas, suavemente onduladas, rocosas o semiáridas, en que la vegetación predominante es matorral o arbusto (15%), espinar (20%), efímera o nula (26%), la temperatura está por encima de los 25 °C. El comportamiento en el mapa de precipitación (Figura 4) difiere de la temperatura, registrando los mayores valores en las zonas más elevadas (>900 mm por encima de 800 m) y donde la vegetación es boscosa.

El mapa de evapotranspiración es similar al de temperatura (Figura 5), pues los valores extremos de ambas variables se registran aproximadamente en la misma zona; en las de mayor precipitación se presentan un altísimo número de meses lluviosos (Figura 6) y por ende el menor en los meses secos (Figura 7).

En estos sitios, la lluvia es moderadamente estacional (Figura 8), es decir, casi siempre ocurre en los mismos meses y aunque la agresividad de la lluvia es alta (Figura 9) y está directamente relacionada con la elevación (Irvem *et al.*, 2007), de acuerdo a Páez (1994) tiene bajo potencial para causar erosión.

Por su parte, Ferrer (2003) señala que aunque la región durante casi todo el año permanece seca con un balance hídrico negativo, está sujeta a lluvias intensivas ocasionales que podrían causar erosión de sus suelos, sobre todo en las zonas con poca cobertura vegetal.

El balance precipitación-evapotranspiración establece ciertos matices en el régimen de humedad, que dan lugar a las cuatro provincias de humedad (Figura 10) que demarcan el clima en el municipio: semiárida (1.239,88 km²), subhúmeda seca (3.722,53 km²), subhúmeda húmeda (1.886,8 km²) y húmeda (104,84 km²). La sobreposición de los mapas permitió caracterizar a cada una de ellas (Cuadro 5), las provincias de humedad tienen un gradiente de humedad creciente hacia las zonas más altas de N a S y de E a O.

La sequedad en las zonas más planas se debe a la convergencia de varios factores entre los que destacan la disposición de las masas de aire contentivas de humedad, al régimen de circulación de los vientos predominantes y al efecto de los vientos fríos y secos que descienden desde las cimas de las montañas donde han descargado su humedad (Ferrer y de Paz, 1985). La distribución de la cobertura y la agricultura en la RCV está relacionada con las condiciones de suelo, topografía y clima (Smith *et al.*, 1973).

El municipio Torres no es la excepción, debido al balance negativo de humedad que predomina durante el año, la zona agrícola correspondiente a 7,9% de la superficie, está ubicada en áreas de topografía plana (con altitud a < 600 m y pendiente < 8%), a lo largo del recorrido del río Tocuyo que es el sistema hidrológico más importante y donde están los embalses y sistemas de irrigación más grandes (Andrade *et al.*, 2010).

La zona agrícola está completamente inmersa dentro de las provincias de humedad subhúmeda seca y semiárida, por tanto el desarrollo y mantenimiento de una de agricultura sin riego a gran escala no es factible.

CONCLUSIONES

La temperatura promedio mensual en el municipio durante el año varía muy poco. La precipitación tiene una acentuada irregularidad y un patrón de lluvia bimodal, con una estación en abril-mayo y otra en agosto-noviembre con pico en octubre.

El balance hídrico es negativo a través del año, excepto en el período de septiembre-octubre, la estación seca varía con la provincia de humedad, el comportamiento de la temperatura y la precipitación, obedece a que es una zona tropical, la primera oscila a lo largo del año dentro de un rango muy restringido, mientras que la segunda, varía profundamente de estación a estación y entre áreas.

El clima predominante es continental mixto (CM) cálido, excepto en las montañas y que el balance de humedad establece ciertos cambios en el régimen, lo que origina cuatro demarcaciones

climáticas o provincias de humedad; semiárida (18%), subhúmeda seca (54%), subhúmeda húmeda (27%) y húmeda (1%).

La zona agrícola está completamente inmersa dentro de las provincias de humedad subhúmeda seca y semiárida, por tanto el desarrollo y mantenimiento de una de agricultura sin riego a gran escala no es posible.

El uso combinado de tecnologías espaciales como SIG, DEM y teledetección, mapas analógicos y digitales, datos meteorológicos y visitas a campo, resultaron ser acertados en la generación de información y mapeo de parámetros climáticos, toda esta información generada en el municipio Torres es necesaria para llevar a cabo una evaluación de tierra precisa, basándose en el modelo de la FAO para agricultura de secano u otro modelo que cualquier institución o investigador tenga a bien desarrollar.

LITERATURA CITADA

- Andrade, O. M. Kappas and S. Erasmi. 2010. Assessment of erosion hazard in Torres municipality of Lara state (Venezuela) based of GIS. *Interciencia*. 38(5):348-356.
- Arnoldus, H. 1980. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. In: De Boodt M. y D. Gabriels (Eds). *Assessment of erosion*. John Wiley and Sons, Inc. Chichester, West Sussex, England. pp. 127-132.
- Basher, L. 1997. Is pedology dead and buried? *Australian Journal Soil Research*. 35:979-994.
- Burrough, P. 1986. *Principles Geographical information Systems for land resources assessment*. Clarendon Press. Oxford, England. 256 p.
- Chuvieco, E. 1996. *Fundamentos de teledetección espacial*. 3ra Edición. España. 565 p.
- Davidson, D. 2002. The assessment of land resources: achievements and new challenges. *Australian Geographical Studies*. 40(2):109-128.
- El Pequeño Larousse Ilustrado. 2010. *Diccionario enciclopédico*. Ediciones Larousse, S.A. Paris. 254 p.
- ESRI. 2002. Programa ArcView 3.2, version 3.2a. Environmental System Research Institute, California, USA. Disponible en línea: <https://www.esri.com>.
- ESRI. 2008. Programa ArcGis 9, version 9.3. Environmental System Research Institute, California, USA. Disponible en línea: <https://www.esri.com>.
- FAO. 1976. *A framework for land evaluation*. Rome, Italy. *Soils Bulletin* 32.
- FAO. 1983. *Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture*. Rome, Italy. *Soils Bulletin*. 52.
- FAO. 1996. *Agro-ecological zoning guidelines*. Rome, Italy. *Soils Bulletin*. 73.
- Ferrer, E. y H. de Paz. 1985. *Análisis ambiental de la región centro occidental de Venezuela*. FUDECO. Barquisimeto, Lara. 257 p.
- Ferrer, E. 2003. *Análisis estructural preliminar de la Hoya del río Tocuyo 2003.1er Parte*. Serie Caracterización de la Hoya del Rio Tocuyo. Lara, Venezuela. N°04-04-12-02. 12 p.
- Irvem, A., F. Topaloglu and V. Uygur. 2007. Estimating spatial distribution of soil loss over Seyhan river basin in Turkey. *J. Hydrol*. 336:30-37.
- Lobo, D. 2005. *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América latina y el caribe*. 58 p.
- MIP, 1999. Programa MapInfo Profesional 5.5, version 5.5., MapInfo Corporation, USA. Disponible en línea: <https://www.mapinfo.com>.
- Monkhouse, F. 1978. *Diccionario de términos geográficos*. Barcelona: oikos-tau, s. a. – ediciones. 94 p.
- Oliver, J. 1980. Monthly precipitation distribution: A comparative index. *Professional Geographer*. 32(3):300-309.
- Páez, M. 1994. Clasificación de suelos por riesgo de erosión hídrica con fines de planificación agrícola. *Rev. Fac. Agron*. 20:83-100.

- RSI. 2003. Programa ENVI 4.0, version 4.3. Research System Inc., California, USA. Disponible en línea: <https://www.rsinc.com/envi/index.as>.
- Smith, R. E. Ferrer y A. Chávez. 1973. La vegetación actual de la región centro occidental. Boletín Informativo, Suplemento Técnico. FUDECO. Barquisimeto Lara 27 p.
- Thornthwaite, C. 1948. An approach toward a rational classification of climate. American Geographical Society. Geographical Review 38(1):55-94.
- Unda, J. 2001. Estrategias para la generación de información faltante de suelos en zonas montañosas con fines de evaluación de tierras. Caso: Microcuenca de la Quebrada El Parchal, Edo. Lara. Tesis de Maestría. Postgrado en Ciencia del Suelo. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía 102 p.
- UNEP. 1997. World atlas of desertification. Second Edition. Middleton N. and Thomas D. (Eds) 182 p.

Diagnóstico de enfermedades en frutales en el estado Yaracuy, Venezuela entre los años 2001-2011

Diagnosis of diseases in fruit in Yaracuy state, Venezuela between the years 2001-2011

Julitt B. Hernández de Parra¹, Rogelio Ortega Gorth² y Giomar Blanco¹

¹Investigadoras, ²Técnico Asociado a la Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Yaracuy). Correos electrónicos: julitthernandez@gmail.com, rogeliortega@hotmail.com y gblanco@inia.gob.ve

RESUMEN

Una de las principales limitantes en los sistemas de producción de frutales en Venezuela es la presencia de enfermedades, y el estado Yaracuy no es la excepción. Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer las enfermedades diagnosticadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Yaracuy, en frutales prioritarios para el estado, entre los años 2001-2011. Las muestras fueron recibidas de los agricultores, se registraron las evidencias utilizando el enfoque cualitativo de la investigación-acción. Luego se realizó la observación directa de síntomas y las estructuras fúngicas y flujo bacteriano según el caso al microscopio óptico con aumento de 10X y 40X. Las muestras se lavaron dos veces con: agua corriente, alcohol al 70% y agua destilada, colocándose posteriormente en cámara húmeda durante 48 a 72 h; seguidamente, se realizaron aislamientos y reaislamientos en cápsulas Petri contentivas del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) para hongos y Agar Nutritivo (AN) y en medio selectivo TZC para bacterias en cámara de flujo laminar; colocados a 27 °C, luz blanca continua u oscuridad por 48 a 72 h y se caracterizaron las colonias obtenidas e inoculaciones. Finalmente, se identificó mediante claves taxonómicas convencionales y literatura especializada. El rubro aguacate representó el 55% de las muestras, seguido de naranja y café, con un 8% cada uno. El hongo patogénico *Colletotrichum* sp. se detectó en un 45% de las muestras; la mayoría provenientes del municipio Arístides Bastidas (33,33%).

Palabras clave: Yaracuy, enfermedades hongos, bacterias.

ABSTRACT

One of the main constraints in fruit production systems in Venezuela is the presence of disease, and Yaracuy state is no exception. This work aims to raise awareness of the disease diagnosed by INIA-Yaracuy in priority fruits of the state, between the years 2001-2011. Samples were received from farmers; the evidence is recorded using the qualitative approach of action research. Direct observation of symptoms and fungal structures and bacterial slime is then performed as appropriate to the optical microscope at 10X and 40X. Samples were washed twice with water, twice with 70% ethanol and twice with distilled water, then placing in a humid chamber for 48 to 72 hours; then isolates and re-isolation were performed in Petri capsules contentivas culture medium Potato Dextrose Agar (PDA) for fungi and Nutrient Agar (NA) and selective medium for bacteria on TZC laminar flow chamber; were placed at 27 °C, continuous white light or darkness for 48 to 72 hours and the colonies obtained were characterized and inoculations. Finally, identification was performed by standard taxonomic keys and literature. Avocado figure represented 55% of the samples, followed by coffee and orange, with 8% each. The pathogenic fungus *Colletotrichum* sp. was detected in 45% of samples; mostly from the municipality Arístides Bastidas (33.33%).

Key words: Yaracuy, fungi diseases, bacteria.

INTRODUCCIÓN

Los frutales constituyen un rubro de gran importancia a nivel mundial debido a su valor nutritivo. En Venezuela dentro del sub-sector agrícola vegetal, representan el 39,77% del volumen total de la producción, ocupando el primer lugar, seguido de las hortalizas con un aporte del 25,76% y una superficie cosechada de 125.395 ha (FEDEAGRO, 2013); según el VII Censo Agrícola 2007-2008 (MPPAT, 2013), dentro de la actividad económica agrícola vegetal de los frutales del estado Yaracuy, la naranja ocupa el primer lugar en cuanto a producción con 106.005 t, cuarto lugar el aguacate (15.988 t), seguido por el plátano (12.178 t) y el cambur (4.583 t).

Sin embargo, una de las principales limitantes en los sistemas de producción de frutales es la presencia de enfermedades, ameritan en sí, estrategias y tácticas de manejo que incrementan los costos de producción. El estado Yaracuy no escapa de esa situación por lo que las enfermedades que afectan los frutales representan una de las mayores preocupaciones para los productores que buscan apoyo en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en el diagnóstico y recomendaciones de manejo. En este sentido, el INIA Yaracuy a través del Laboratorio Integral Agropecuario, presta servicio gratuito a los agricultores, lo que permite monitorear enfermedades en rubros de importancia económica para el estado.

El objetivo de este trabajo es dar a conocer las principales enfermedades diagnosticadas por el INIA Yaracuy en frutales, durante los años 2001-2011. Además, la identificación de los fitopatógenos permitió emitir recomendaciones a los agricultores de la región, para el manejo sostenible de frutales de importancia económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión de los diagnósticos de enfermedades en el Laboratorio de Fitopatología del Laboratorio Integral Agropecuario del INIA Yaracuy en muestras de plantas frutales provenientes de diferentes municipios del estado durante el período comprendido entre los años 2001 y 2011.

La recolección de la información fue registrada en una planilla diseñada para tal fin, posteriormente, las muestras se llevaron al laboratorio, efectuando la observación directa de los síntomas, con fotografías; luego fueron observadas bajo lupa estereoscópica para evidenciar los signos del patógeno y se realizaron impresiones directas con cinta adhesiva transparente con tinciones de lactofenol para la observación de estructuras en el microscopio óptico con aumento de 10X y 40X.

Seguidamente se procedió a lavar todas las muestras dos veces con agua corriente, dos veces con alcohol al 70% y dos veces con agua destilada para eliminar los restos de alcohol. A los fines de identificar la presencia de hongos, las muestras se colocaron en cámara húmeda durante 48 a 72 h; se realizaron aislamientos y reaislamientos de las colonias típicas en cápsulas de Petri contentivas de medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) en la cámara de flujo laminar; las cápsulas se colocaron a temperatura de 27 °C, con luz blanca continua u oscuridad por 48 a 72 h.

Para determinar la presencia de bacterias se hicieron cortes de tejido con bisturí sobre portaobjeto, conteniendo agua destilada, se colocó un cubreobjeto y se observó el flujo bacteriano al microscopio óptico con aumento de 10X y 40X; luego, se colocaron trocitos de tejido en agua destilada estéril durante 1 min y se realizó un estriado con ansa de platino estéril en Agar Nutritivo (AN); a las 48 h se realizaron los reaislamientos en el mismo medio; igualmente, se colocaron las placas a temperatura de 27 °C con luz blanca continua u oscuridad por 48 a 72 h después se les hizo la prueba de KOH, también cultivos puros en medio selectivo Cloruro de Tetrazolio de Kelman (TZC) (Buddenhagen y Kelman, 1964) y pruebas de infiltración en tabaco.

En todos los casos, se caracterizaron las colonias obtenidas; se hicieron inoculaciones en hospedantes sanas. Para la identificación del agente causal se procedió a revisar claves fitopatológicas convencionales (Alexopoulos *et al.*, 1996; Ainsworth *et al.*, 1973; Barnett y Hunter, 1972 para hongos y Bacteriology Committee of American Phytopathological Society, 1989 para bacterias), entre otras referencias bibliográficas (Hernández *et al.*, 2011; Flores *et al.*, 2010;

Aponte *et al.*, 2005; Almodóvar y Díaz, 2001; Martínez y Estrada, 1994; Salgado, 1993).

Finalmente, se dieron recomendaciones mediante informe técnico para el manejo sostenible de las enfermedades, con base a investigaciones realizadas por el INIA y referencias de otras experiencias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representa el porcentaje de muestras recibidas en el Laboratorio Integral Agropecuario del INIA Yaracuy, donde se diagnosticó la presencia de enfermedades. El aguacate es el cultivo con un mayor número de muestras analizadas, representando el 55%, seguido de la naranja y el café, con un 8% cada uno, lo cual sugiere que este cultivo presenta los mayores problemas fitosanitarios en esta región, o que existe un mayor interés de los productores en buscar alternativas para la fitosanidad del mismo.

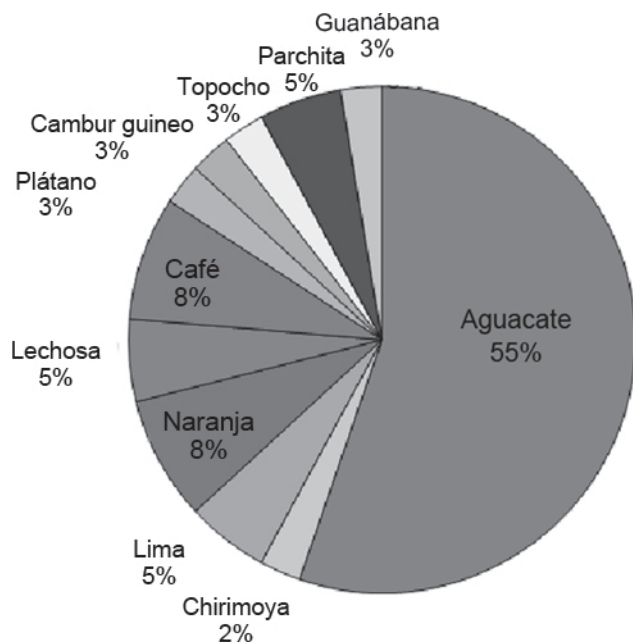


Figura 1. Distribución porcentual de muestras por cultivo frutal diagnosticados por el INIA Yaracuy durante los años 2001-2011.

Cabe destacar que el estado Yaracuy ocupa el cuarto lugar en las estadísticas de producción de aguacate, tal como se señaló anteriormente en una superficie de 2.705 ha (MPPAT, 2013); de allí radica la importancia del diagnóstico y recomendaciones para el manejo de las enfermedades en este rubro.

Con respecto a las enfermedades más reportadas en frutales, en la Figura 2 se observa que el hongo patógeno *Colletotrichum* sp., se presenta con mayor frecuencia en estos cultivos, detectándose en un 45% de las muestras analizadas. El mismo es el agente causal de la enfermedad conocida como antracnosis, cuyos síntomas varían dependiendo del rubro.

En frutos de aguacate se observaron lesiones ásperas y rugosas al tacto, hundidas, con bordes color marrón y centro color negro, que coinciden con los descritos por Salgado (1993); mientras que en frutos de guanábana se manifiesta con manchas necróticas, secas e irregulares, de consistencia dura, con apariencia de momificación del tejido, y coloración marrón oscuro a negro; en parchita se presentó una pudrición seca, hundida, color negro y con anillos concéntricos (Figura 3), sintomatología que coincide con lo reportado por Aponte *et al.* (2005) para esta enfermedad en frutos de tomate de árbol (*Solanum betaceum*).

Por otra parte, también existen reportes de algas (*Cephaleuros virescens*), estuvieron presentes con una frecuencia de 0,45% en el aguacate asociándose a las condiciones de manejo de estos cultivos. Generalmente, se produce por sombreadamiento, además de las condiciones de alta humedad características de las zonas productoras de este rubro en el estado Yaracuy.

Se evidencian también otros patógenos de importancia económica, tales como: *Phytophthora* sp., *Lasiodiplodia theobromae*, *Cercospora* sp., *Fusarium* sp., *Mycosphaerella fijiensis* y *Ralstonia solanacearum*, estos dos últimos asociados a frutales de la familia Musaceae.

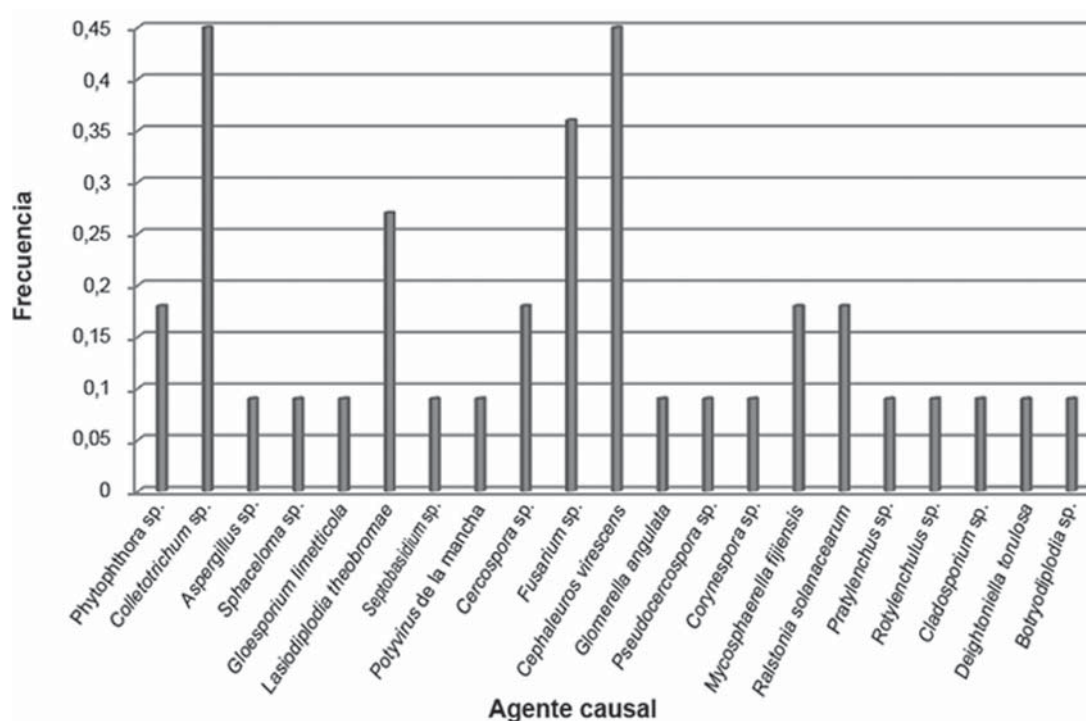


Figura 2. Frecuencia de detección de enfermedades en frutales durante el período 2001-2011.

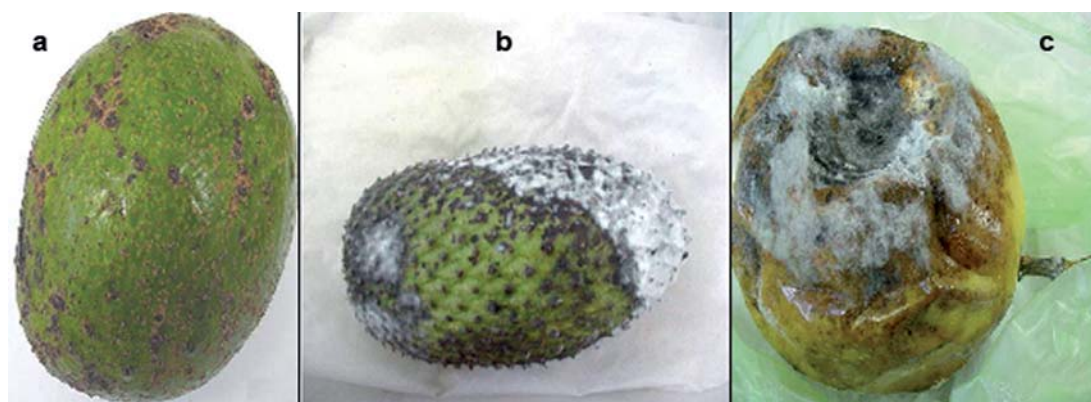


Figura 3. Síntomas observados en frutos de aguacate (a); guanábana (b); parchita (c), atacados por el hongo *Colletotrichum* sp. causante de la antracnosis.

En el Cuadro 1 se observa que de los agentes causales de enfermedades, *Colletotrichum* sp., presenta mayor espectro de acción, encontrándose en cinco de los 11 frutales analizados, seguido por *Fusarium* sp. con frecuencias de 4/11 y *Lasiodiplodia* sp., *Phytophthora* sp. y *Deightonella* sp. con frecuencia de 3/11.

En este mismo cuadro se evidencia, que el aguacate es el más afectado por un mayor número de patógenos, dado que de un total de 21 agentes causales, 11 están asociados a este rubro. Luego el cambur guineo con siete de los 21 agentes causales diagnosticados.

Cuadro 1. Agentes causales de las principales enfermedades diagnosticadas por el INIA Yaracuy en diferentes cultivos frutales durante el periodo comprendido entre los años 2001 y 2011.

Agente causal	Especie Frutal											
	Aguacate	Chirimoya	Lima	Naranja	Lechosa	Café	Parchita	Guanábana	Plátano	Cambur	Topocho	Frecuencia
<i>Phytophthora</i> sp.	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-	3/11
<i>Colletotrichum</i> sp.	+	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	5/11
<i>Aspergillus</i> sp.	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	2/11
<i>Sphaceloma</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Gloesporium limeticola</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Lasioidiplodia theobromae</i>	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	3/11
<i>Septobasidium</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Potyvirus</i> de la mancha amillada de la lechosa	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Cercospora</i> sp.	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	2/11
<i>Fusarium</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-	-	4/11
<i>Cephaeleuros virescens</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	2/11
<i>Glomerella angulata</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Pseudocercosora</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Corynespora</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	2/11
<i>Ralstonia solanacearum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	2/11
<i>Pratylenchus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1/11
<i>Rotylenchulus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1/11
<i>Cladosporium</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
<i>Deigtoniella torulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	3/11
<i>Botrydiplodia</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1/11
Frecuencia	11/21	2/21	2/21	3/21	2/21	4/21	2/21	1/21	2/21	7/21	2/21	2/21

+: presencia del agente causa; -: ausencia del agente causa.

En cuanto a la distribución de las enfermedades en el estado Yaracuy, en la Figura 4 se observa que la mayoría de las muestras analizadas provenían del municipio Arístides Bastidas (33,33%), lo que está asociado con el hecho que ese municipio es uno de los principales productores de aguacate, frutal donde se han reportado mayores problemas de enfermedades, le siguen en importancia los municipios Bolívar y Veroes.

Características y síntomas de las principales enfermedades detectadas

El estudio permitió conocer que *Colletotrichum* sp. es el patógeno con mayor distribución espacial, detectándose en cinco de los ocho municipios donde se seleccionaron muestras (Cuadro 2), observándose también que el municipio Veroes es el que alberga la mayor variedad de agentes causales.

Estudios realizados en Colombia, según Tamayo (2007), indican que la antracnosis es una enfermedad de amplia distribución e importancia económica, en todas las zonas productoras de aguacate. El hongo afecta en almácigos y produce muerte descendente y pudrición del injerto; y en campo afectan las ramas que producen la muerte de cogollos o brotes terminales, ocasiona pudrición de frutos y en post cosecha, deteriora la calidad del fruto con pérdidas cercanas al 20%.

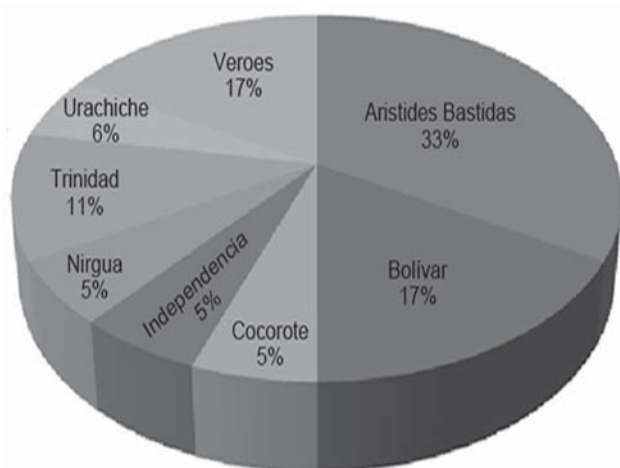


Figura 4. Porcentaje de enfermedades detectadas por municipios en el estado Yaracuy durante el período 2001-2011.

En México la antracnosis es causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, una de las principales enfermedades que afecta la calidad de la producción hasta en un 80 y 90%, con manchas en los frutos desde las primeras etapas de desarrollo (Martínez y Estrada, 1994), acentuándose cuando alcanza la madurez fisiológica; en poscosecha se manifiesta la enfermedad como manchas oscuras en la superficie de la cáscara y en condiciones óptimas el hongo puede penetrar a través de la pulpa causando una pudrición firme (Salgado, 1993).

En Venezuela uno de los problemas que limitan la producción de frutales de ciclo corto es la ocurrencia de antracnosis, y si las condiciones ambientales son favorables, los frutos se cubren de una masa rosada de esporos y la corteza lesionada se muestra blanda y quebradiza al tacto.

El patógeno puede contaminar las semillas y sus conidios son diseminados por el viento, la lluvia, personas e implementos agrícolas; las alternativas de control que se ofrecen en este caso, están enmarcadas en el enfoque de manejo integrado de enfermedades (Rondón *et al.*, 1995).

Por otra parte, la pudrición de raíces causada por *Phytophthora* sp., es la enfermedad más importante en aguacate en todas las zonas productoras de este frutal en el mundo. En Colombia el hongo provoca pérdidas que oscilan entre un 30 y un 50% de los árboles en la etapa de vivero y durante los dos primeros años de establecimiento del cultivo (Tamayo, 2007).

Este género en Venezuela, constituye uno de los problemas que más influye en plantaciones establecidas de frutales (Rondón, 1993), afectando la capacidad fisiológica y productiva de la planta, pudiendo provocar su destrucción total, ocasionando pudrición de las raíces en aguacate, lechosa y piña (*Phytophthora cinnamomi*) y cítricos (*P. parasítica*).

La sintomatología producida por *Phytophthora* se manifiesta por un amarillamiento y secamiento del follaje, debido a la pudrición del tejido basal del tallo y al bloqueo de la savia en el sistema radical de la planta, observándose diferencias en la forma de atacar las especies; si se trata de *P. cinnamomi* pudre las raíces fibrosas o

alimentadoras y ocasionalmente invade el pie del árbol; en cambio *P. parasitica* afecta las raíces principales y el pie de las plantas, resquebrajando la corteza por donde exuda una resina.

Los organismos que pudren las raíces de esos frutales crecen bien en suelos pesados y mal drenados, en esas condiciones producen zoosporas o estructuras de resistencia (clamidosporas, esclerocios y oosporas), llevadas por el agua de riego o de lluvias, siendo transportados a nuevas áreas junto con el material y suelo infectados (Rondón, 1993).

En cuanto a *Lasiodiplodia theobromae* causante de muerte regresiva de las ramas, está ampliamente difundida en el país y se ha observado atacando a otros cultivos como cítricos, cacao, banano, pino, mango, chirimoya, palma, yuca, café, algodón, aguacate, mango, parchita y lechosa, entre otros (Flores *et al.*, 2010). En cítricos se desarrolla en épocas de sequía y en plantaciones debilitadas por falta o exceso de agua en el suelo, escasa fertilización del cultivo y deficientes prácticas agronómicas; siendo los cultivares susceptibles mandarina 'Aobinson' y lima 'Tahiti'.

Cuadro 2. Agentes causales en los municipios del estado Yaracuy durante el período comprendido entre los años 2001 y 2011.

Agente causal	Municipio							
	Aristides Bastidas	Bolívar	Cocorote	Independencia	Nirgua	Trinidad	Urachiche	Veroes
<i>Phytophthora</i> sp.	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Colletotrichum</i> sp.	+	+	+	-	-	+	-	+
<i>Aspergillus</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Sphaceloma</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Gloesporium limeticola</i>	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Septobasidium</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Potyvirus</i> de la mancha anillada de la lechosa	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cercospora</i> sp.	-	-	-	-	+	+	-	-
<i>Fusarium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Cephaleuros virescens</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Glomerella angulata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Pseudocercosora</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Corynespora</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Mycosphaerella fijiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Ralstonia solanacearum</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Pratylenchus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Rotylenchulus</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cladosporium</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Deigtoniella torulosa</i>	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Botrydiploia</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-	-

+: presencia del agente causal; -: ausencia del agente causal.

El mecanismo de transmisión de *L. theobromae* es a través de material de siembra infectado, herramientas contaminadas y heridas. En los tejidos muertos se ha observado perforaciones de insectos de la familia Scolytidae (*Xyleborus* sp.) según Navarro y Liendo (2010); tal como se observó en las muestras recibidas, lo cual se verificó con los registros de usuarios y la identificación de insectos por personal especializado del Laboratorio Integral Agropecuario del INIA Yaracuy.

El agente *M. fijiensis*, causal de la sigatoka negra de los bananos, es considerada la enfermedad de mayor importancia económica que afecta a las musáceas en las zonas productoras de plátano del estado Yaracuy; inicialmente se manifiesta en la segunda y tercera hoja como puntos cloróticos, los cuales se unen para formar rayas cloróticas, volviéndose de color marrón al avanzar la enfermedad. Las estrías se agrandan y definen márgenes; el tejido del centro se torna gris, pero los bordes se mantienen oscuros, estas manchas se unen y secan la hoja (Hernández, 2008). Estos síntomas observados en las hojas de las muestras procesadas coinciden con la información suministrada por el usuario registrado en la planilla de recepción.

La raza 2 *R. solanacearum*, produce la enfermedad del Moko en 'topocho' y 'cambur manzano', produciendo infección de las raíces en plantas jóvenes, las hojas nuevas se ponen amarillo-verdosas y se colapsan en el pecíolo, observándose más tarde el mismo síntoma en las hojas viejas. Cuando las plantas se infectan al podarlas, los hijuelos se ennegrecen y muestran enanismo en aproximadamente 1 mes y la hoja bandera se marchita.

El cormo se decolora casi totalmente, especialmente cerca de la corteza y se extiende hacia las yemas laterales, al cortarse se observa un exudado bacteriano que forma una suspensión lechosa en agua. La decoloración avanza hacia la base de los hijuelos, que pueden desarrollar los síntomas, la bellota se ennegrece y no abre y puede haber exudado bacteriano saliendo de ésta, los frutos pueden tomar un color amarillo y la cáscara se abre.

Cuando el fruto se corta transversalmente, en su interior se detecta una pudrición seca de color

marrón grisácea (Almodóvar y Díaz, 2001). Además, en todas las muestras procesadas de pseudotallo, hojas y frutos con los síntomas antes descritos se observó consistentemente el exudado bacteriano, y a las 48 h se comprobó la presencia de *R. solanacearum* en medio de cultivo TZC, una coloración rojiza de la colonia, lo cual confirma la presencia de esta bacteria en las muestras analizadas.

En diagnósticos realizados en la región central del país durante 1998 y 2000, se encontró que un importante número de enfermedades en frutales son causadas por patógenos relacionados con los identificados en este estudio, tales como: *P. cinnamomi* en aguacate y durazno, *P. parasitica* en naranja y limón, *L. theobromae* en aguacate, cacao y mango, *Fusarium* sp. en fresa, durazno y parchita; *C. gloeosporioides* y *F. subglutinans* en parchita, guanábana, lechosa, fresa, la pudrición del fruto de piña por *Fusarium* sp.; *M. fijiensis* en plátano y cambur, la pudrición de la base del tallo en piña por *Phytophthora* sp. y la bacteria *R. solanacearum*; entre otros (Aponte et al., 2005).

Algunas prácticas recomendadas para el control o manejo sostenible de las enfermedades detectadas más importantes

Cabe destacar, que los aislamientos inoculados, reprodujeron los síntomas iniciales, lo cual indica que los agentes causales de las enfermedades corresponden con los identificados. El diagnóstico de enfermedades es de importancia para los usuarios y beneficiarios, porque permite conocer y luego prevenir, reducir o evitar las considerables pérdidas que ellas ocasionan.

En este sentido, el servicio que presta el Laboratorio Integral Agropecuario del INIA Yaracuy, tiene como objetivo cubrir parcialmente las solicitudes de respaldo técnico requerido por agricultores, extensionistas y profesionales del agro asentados en esta región, para el diagnóstico de enfermedades y las recomendaciones para el manejo sostenible de los cultivos. La mayor demanda en este estudio fueron de agricultores del rubro frutales, destacándose dentro de la actividad económica agrícola vegetal, los cultivos de naranja, aguacate, plátano y cambur (MPPAT, 2013).

De acuerdo a los estudios de investigación realizados por el INIA y otras experiencias, se generaron recomendaciones a los usuarios y beneficiarios sobre el manejo sostenible de las enfermedades, entre las que se señalan la de mayor importancia económica: antracnosis en aguacate se indica aplicaciones a la copa del árbol de *Trichoderma harzianum* (1 a 4 ml//árbol); extracto ajo (*Allium sativum*) 67 ml//agua o extracto de cebolla (*Allium cepa*) 67 ml//agua).

Por consiguiente, para disminuir la severidad de la mancha algácea se debe realizar buenas prácticas de sanidad en el control de algas en otros hospederos, además, conviene remover las hojas afectadas, recoger y desechar o destruir todas las hojas caídas; quemarlas o mantenerlas adecuadamente en una pila de compost; podar árboles alrededor de las plantas enfermas para ayudar a bajar los niveles de humedad y aumentar la velocidad del secado de la superficie de las hojas, mejorar el drenaje del suelo, aspersiones foliares de fungicidas a base de oxiclورو de cobre (2 g/l), aspersiones de aceite agrícola y repetir las cada dos semanas en caso de permanecer la temperatura por debajo de 25 °C; de no conseguir los productos mencionados puede preparar una mezcla de Caldo Bordelés (225 g de sulfato de cobre en 23 l de agua + 150 g de cal apagada; esta mezcla debe ser usada en un plazo de 1 a 2 días máximo).

En el caso de la pudrición de las raicillas por *Phytophthora*: hacer drenajes a través de zanjas para disminuir la humedad del suelo y evitar el desarrollo del hongo; podar las partes de la planta afectadas por la enfermedad, sacándolas del plantío y quemándolas; desinfectar las herramientas antes y después de la poda, lavándolas con 10 ml de cloro en 1 l de agua; también se pueden usar fungicidas a base de cobre disueltos en agua, aplicados al follaje y a la raíz de la planta.

Phytophthora está estrechamente relacionada con la presencia de nematodos de los géneros *Helicotylenchus* y *Rotylenchulus* por lo que se sugirieron medidas de control, tales como: uso de cultivos de cobertura y abonos verdes; enmiendas del suelo, como compost, estiércol y residuos orgánicos con alto contenido de materia orgánica; rotación de cultivos, período de barbecho y solarización del suelo antes de

la siembra para ello, el suelo es cubierto con una lona de plástico de polietileno durante cuatro a seis semanas y con aplicaciones de *Paecilomyces lilacinus* (FONTAGRO, 2006; Rosales y Riveros, 2003).

Para el manejo de la muerte regresiva de las ramas por *L. theobromae* se requieren medidas de prevención y control; entre las primordiales se señalan: utilizar para la siembra plantas sanas, cuidado en las labores de poda, riego adecuado en cantidad y frecuencia, campos bien aireados y drenados; los implementos de poda, deben ser desinfectados al pasar de una planta a otra con una solución de cloro; los restos del material vegetal (ramas, hojas, troncos) derivados de estas labores deben ser alejados de la plantación e incinerados. Cuando la enfermedad está en una fase muy avanzada y la planta es irrecuperable, esta se debe eliminar y separar del resto e igualmente deben ser quemadas.

En cuanto a las medidas de control se tienen: poda y quema de ramas afectadas, aplicando pasta cúprica o pintura de caucho en la herida, tratar las plantas afectadas con fungicida (Orthocide - 50 y Benlate), insecticida (Malathion®) y adherente o surfactante a inicio de las lluvias y cuando los frutos están pequeños, tomando todas las precauciones pertinentes en el manejo de productos agroquímicos (Flores *et al.*, 2010).

Para disminuir la incidencia y severidad de las manchas foliares causadas por *Cercospora* sp. se deben realizar podas de aclareo, que permitan mayor luminosidad y aireación a los árboles, sellar las heridas causadas por la poda, al aplicar pintura a base de aceite con brocha en la región podada, un adecuado manejo agronómico y una fertilización balanceada.

La presencia de *Fusarium* sp. en frutales amerita identificar los factores de estrés, realizar análisis de suelo y foliar, corregir deficiencias de nutrientes, profundización de canales de drenaje, adecuación del sistema de riego antes de la siembra y efectuar una profunda remoción de tierra antes de la siembra.

En el caso de las musáceas, se requiere realizar la desinfección de los implementos usados para cortes de semilla con cloro, limpieza,

deshoje y deshije, el escarificado de las semillas eliminando los restos de raíces y tierra adherida y las partes que se encuentren necrosadas o con galerías por daño de insectos, procurando no dañar las yemas; la desinfección de la semilla se realiza sumergiendo 20 cormos dentro en un saco cebollero en la mezcla de 100 ml de cloro, 250 ml de creolina, ceniza y 1 kg de cal en 100 l de agua durante 1 min. Fertilización de acuerdo a los análisis de suelo y eliminación y quema de todas las cepas enfermas con síntomas de marchitamiento (Hernández, 2008; FONTAGRO, 2006; Rosales y Riveros, 2003).

Para el manejo de Sigatoka negra antes de la siembra, se realiza el procedimiento anterior de desinfección de la semilla, con la salvedad que se le incorpora 1 kg de *Trichoderma* sp. (1×10^6 UFC/ml); mantener el cultivo libre de malezas durante los primeros 4 meses, mediante un control que se realiza con una frecuencia quincenal en forma manual con machete o, mecánica con desmalezadora; la fertilización se efectúa en una primera fase a los 2 meses después de la siembra (MDS) con el 45% de la dosis recomendada en los análisis de suelo (fuentes recomendadas: Fertipollo o gallinaza bien descompuesta + una fórmula comercial), segunda fase a los 4 MDS con el 55% de la dosis restante; eliminar las hojas colgantes del tallo y secas afectadas por la enfermedad y extraerlos de la plantación; deshoje y despunte de las áreas de hojas totalmente necrosadas a partir de 2 MDS antes de cada aplicación y con una frecuencia quincenal realizar el corte del pecíolo de abajo hacia arriba para evitar desgarraduras, a unos 7 cm del pseudotallo.

El deshije realizarlo a partir de los 4 MDS y luego con una frecuencia mensual dejando 3 hijos por planta; establecer un buen sistema de drenaje y mantener una inspección rutinaria de la plantación, aplicar al área foliar restante el lixiviado de compost de plátano a una concentración del 10% con un adherente a razón de 1 ml/l con una frecuencia quincenal hasta la floración con asperjadora manual, de motor o aérea en las primeras horas de la mañana (Hernández, 2008; Blanco *et al.*, 2004).

Por otra parte, cuando la enfermedad Moko o Hereque se ha establecido, es esencial el

monitoreo rutinario de las plantas; desinfección de los implementos usados para cortes de semilla, limpieza, deshoje y deshije con cloro o creolina al 5% para evitar la diseminación de la enfermedad. Las plantas con este síntoma se le inyecta una solución concentrada de urea, sal o kerosene, con el fin de acelerar el secado de la misma; una vez seca se extrae la cepa y dejar el hoyo sin residuos, repicar la cepa; y aplicar en el sitio, el lixiviado de plátano al 10% con una asperjadora de espalda o suficiente kerosene y agregar cal agrícola.

Posteriormente, mantener en barbecho el lugar donde se realizó el tratamiento, hasta un período de 4 meses; destruir las plantas enfermas y las adyacentes, las plantas tratadas deben dejarse en su lugar en el campo y remover la bellota tan pronto salga la última mano; no trasladar material sospechoso, especialmente "hijos", de parcelas afectadas a nuevas; limpieza de los cormos previo a la siembra mediante raspado, eliminando restos de raíces y tierra adherida. Las cormos que se encuentren con partes necrosadas o con galerías por daño de insectos, se deben desinfectar como se indican para el manejo de la sigatoka negra, procurando no dañar las yemas (Hernández *et al.*, 2010; FONTAGRO, 2006).

CONCLUSIONES

Los frutales son afectados por una amplia gama de enfermedades, que en el caso de este estudio fueron causadas principalmente por hongos.

De los cultivos evaluados, el aguacate fue el más afectado, observable tanto por el número de muestras reportadas como por la diversidad de agentes causales.

La mayoría de las muestras analizadas en el estudio provenían del municipio Arístides Bastidas, lo que podría estar indicando que es donde se presentan los mayores problemas fitosanitarios en estos cultivos frutales.

El hongo *Colletotrichum* sp. fue el agente causal con más amplio rango de ataque, evidenciado el diagnóstico de este patógeno en la mayoría de los frutales evaluados.

Este trabajo aporta información sobre la situación fitosanitaria de los frutales de importancia económica para el estado Yaracuy con recomendaciones para el manejo integrado de enfermedades, base para la planificación y ejecución de nuevos estudios que permitan buscar alternativas para mejorar su producción, así como orientar la asistencia técnica en el rubro.

A los fines de evitar pérdidas de los cultivos o disminución en los rendimientos, se recomienda monitorear las plantaciones frecuentemente, detectar los síntomas sospechosos en las etapas iniciales y dirigirse a los Laboratorios Fitopatológicos reconocidos en el país para el diagnóstico preciso y de esta manera obtener la asesoría técnica oportuna para el manejo adecuado de las enfermedades y así prevenir o evitar la expansión de estos fitopatógenos en frutales.

Igualmente, se recomienda promover el uso de tecnologías sustentables para el manejo integrado de los frutales.

LITERATURA CITADA

- Ainsworth, G. C., F. K. Sp. arrow and A. Sussman. 1973. The fungi. An advanced treatise. A taxonomic review with keys: Ascomycetes and Fungi Imperfecti. Academic Press: New York, San Francisco, London. 620 p.
- Alexopoulos C., J., C. W. Mimms and M. B. Blackwell. 1996. Introductory Mycology: *Phylum Ascomycota*. Fourth Edition. Toronto and Singapore, John Wiley & Sons, INC. New York, Chichester, Brisbane. pp. 180-486.
- Almodóvar, W. y M. Díaz. 2001. Enfermedades de plátano y guineo. Universidad de Puerto Rico-Recinto de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas-Servicio de Extensión Agrícola. 13 p.
- Aponte, A., E. Debrot, E. Arnal, R. Solórzano y F. Ramos. 2005. Diagnóstico de las enfermedades del tomate de árbol en los estados Aragua y Miranda, Venezuela. Revista Digital CENIAP HOY, Número 9, septiembre-diciembre 2005. Maracay, Aragua, Venezuela. ISSN 1690-4117 Depósito legal 200302AR1449.
- Disponible en línea: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n9/arti/aponte_a/arti/aponte_a.htm. [Consulta: 2013, julio 01].
- Barnett, H. L. and B. B. Hunter. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Third Edition. Burgess Publishing Company Minneapolis, Minnesota (EEUU). 241 p.
- Blanco, G., J. B. Hernández, G. Martínez, A. Ordosgoitti, A. Pérez y E. Manzanilla. 2004. Prácticas sostenibles de manejo en el cultivo del plátano (*Musa AAB*) adaptadas a las condiciones agroecológicas del estado Yaracuy. Editado en INIA-CIAE Yaracuy, San Felipe, estado Yaracuy. Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT), Dirección General de Coordinación de Programas, Caracas. 16 p.
- Bacteriology Committee of American Phytopathological Society. 1989. Laboratory Guide for identification of plant pathogenic bacteria. Ed. Schaad, N. W. Georgia, EEUU. Department of Plant Pathology, University of Georgia (EEUU). 69 p.
- FEDEAGRO. 2013. Estadísticas Agropecuarias. Producción Agrícola. Indicadores de la Producción por Grupo de Cultivo: Sub Sector Agrícola Vegetal. Memoria y Cuenta Ministerio de Agricultura y Tierras 2010-2012. Disponible en línea: <http://www.fedeagro.org/produccion/Rubros.asp> [Consulta: 2013, marzo 30].
- Flores, E., M. Maffei, B. Camacho y A. Quintero. 2010. La muerte regresiva de las cítricas en Trujillo. INIA Divulga N° 15. pp. 31-32.
- FONTAGRO, 2006. Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos. FONTAGRO, CIAT, INIA, INIAP, ESP.OL, CIRAD, ECOFLORA, Galería, Universidad de Caldas, CORPOICA, SANOPLANT. Colombia. 49 p.
- Hernández F., J. B. 2008. Influencia de la fertilización, las malezas y programas de manejo de Sigatoka negra *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en 'Plátano Hartón' en el municipio Veroes, estado Yaracuy, Venezuela. Tesis Doct. Universidad Central de Venezuela. 315 p.

- Hernández, F., J. B., A. Pérez, R. Ortega, E. Medina, L. Hernández, J. Morillo y G. Blanco. 2010. Evaluación del efecto de dos lixiviados de 'Plátano Hartón' (*Musa AAB*) en el control de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el municipio Veroes del estado Yaracuy. Memorias XI Congreso Venezolano de Fruticultura. Coro. (Resumen, Formato CD).
- Hernández, J., R. Ortega y G. Blanco. Diagnóstico fitosanitario Yaracuy. 2011. Memorias XXII Congreso de Fitopatología. SVF, INIA, Universidad de Los Andes, Central La Pastora, Fundación DANAC. Del 8 al 11 de noviembre. Trujillo, estado Trujillo90. (Resumen, Formato CD).
- Hernández S., R., C. Fernández-Collado y P. Baptista. 2006. Metodología de la investigación: El proceso de la investigación cualitativa. Tercera Parte. Mc Graw Hill Interamericana. Cuarta. (México). ISBN-13: 978-970-10-5753. pp. 521-805.
- Martínez, B. R. y N. L. Estrada. 1994. Importancia de la antracnosis *Colletotrichum gloesporoides* y la roña *Sphaceloma persea* en la producción de aguacate en Michoacán. Facultad de Agrobiología U.M.S.N.H. documento inédito. 8 p.
- Ministerio del poder popular para la Agricultura y Tierras. 2013. VII Censo Agrícola Nacional (mayo 2007/abril 2008). Disponible en línea: <http://censo.mat.gob.ve/>. [Consulta: 2013, abril 13].
- Navarro, R. y R. Liendo. 2010. Fluctuación poblacional de Scolytidae (Insecta: Coleóptera) en cacao del estado Aragua (Venezuela). *Agronomía Trop.* 60(3):255-261.
- Rondón, A. 1993. Problemática causada por los hongos del suelo en frutales: Alternativas y control. FONAIAP Divulga, septiembre-diciembre. N° 44. Disponible en línea: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd44/texto/problematika.htm. [Consulta: 2014, abril 01].
- Rondón, A., E. Arnal, E. Soto y R. Solórzano. 1995. El manejo integrado de enfermedades en algunos frutales de ciclo corto. FONAIAP Divulga, abril-junio. N° 48. Disponible en línea: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd48/texto/manejo.htm. [Consulta: 2014, abril 01].
- Rosales, F. E. y A. S. Riveros A. 2003. Desarrollo y uso de bioproductos para el control de nemátodos y Sigatoka negra en plantaciones de plátano y banano. Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO). Costa Rica. 37 p.
- Salgado S., M. L. 1993. Problemas fitosanitarios del aguacate en Coatepec Harinas, Méx. **In:** Rubi Arriaga Martín (ed). Memoria de actividades de la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. Coatepec Harinas, México. pp. 191-212.
- Tamayo M., P. J. 2007. Enfermedades del Aguacate. POLITÉCNICA N° 4, mayo – julio Medellín (Colombia). pp. 51-70.

Reacción de variedades de caraotas cultivadas en Cuba a la enfermedad bacteriana de la grasa

Reaction of bean varieties grown in Cuba to the bacterial disease of halo blight

Daynet Sosa del Castillo¹, Ramón Rea Suárez¹, Ana I. González Cordero²,
Francisca Vaquero Rodrigo² y Francisco J. Vences Benito²

¹Investigadores. Instituto de Estudios Avanzados (IDEA). Estado Miranda. Venezuela.

²Profesores. Universidad de León. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. León. España.
Correos electrónicos: dsosa@idea.gob.ve, rrea@idea.gob.ve

RESUMEN

La caraota, *Phaseolus vulgaris* L., es ampliamente cultivada en regiones tropicales y sub-tropicales, considerada una fuente de proteínas, carbohidratos, fibras y minerales. La enfermedad bacteriana conocida como la grasa causada por *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Ps.* pv *p.*) tiene gran incidencia a nivel mundial. La amplia variabilidad patogénica de esta bacteria obliga a buscar continuamente fuentes de resistencia. El objetivo de este trabajo fue determinar la reacción de doce variedades de caraota cultivadas en Cuba a diferentes razas de *Ps.* pv *p.* Las plantas fueron inoculadas con nueve razas de *Ps.* pv *p.* y evaluadas en invernadero. Se estudió la respuesta a la infección de las variedades en hojas y vainas. Se evidenció tres clases de respuesta a la bacteria: cultivares susceptibles a todas las razas, cultivares solo resistentes a las razas 3, 4 y cultivares resistentes a las razas 1, 5, 7 y 9. Los resultados de este estudio indicaron que los diferentes genotipos de caraota tienen diferentes niveles de resistencia a *Ps.* pv *p.* con lo cual se pudiera usar la piramidación de genes con métodos apropiados para proporcionar una resistencia duradera.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, cultivares susceptibles, niveles de resistencia.

ABSTRACT

The bean, *Phaseolus vulgaris* L., is widely cultivated in tropical and sub-tropical regions where it is considered a source of proteins, carbohydrates, fibers and minerals. The bacterial disease known as Halo blight caused by *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Ps.* pv *p.*) has a great incidence worldwide. The wide variability of this pathogenic bacteria requires a continuous search for resistance sources. The objective of this study was to determine the reaction of twelve varieties of beans grown in Cuba to different races of *Ps.* pv *p.* Plants were inoculated to nine races of *Ps.* pv *p.* and evaluated in a greenhouse. We studied the response to infection of varieties on leaves and pods. It showed three kinds of response to bacteria: cultivars susceptible to all the races, cultivars resistant only to races 3 and 4, and cultivars additionally resistant to races 1, 5, 7 and 9. The results of this study indicated that different bean genotypes have different resistance levels to *Ps.* pv *p.*, and can be used in the pyramiding of genes with appropriate methods to provide durable resistance.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, cultivars susceptible, resistance levels.

INTRODUCCIÓN

El frijol común o caraota, *Phaseolus vulgaris* L., es ampliamente cultivado en regiones tropicales y sub-tropicales, donde es considerado fuente de proteínas, carbohidratos, fibras y minerales (Gepts *et al.*, 2008). Este cultivo es afectado por numerosas enfermedades de etiología bacteriana, como la “grasa”, que tiene gran incidencia a nivel mundial, causada por *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* (*Ps.* pv *p.*), su nombre hace referencia al síntoma característico de tejidos transparentes, o como inyectados por gotas de agua o aceite que aparecen en las vainas enfermas. La distribución geográfica de las razas de *Ps.* pv *p.* es desigual, aún cuando afecta las tierras altas de África, Latinoamérica, Europa y Norteamérica (Singh, 1999).

La incidencia de la “grasa” es elevada si se suman la sensibilidad a la enfermedad y condiciones ambientales favorables, el cultivo puede quedar destruido por completo en pocos días o se pueden dañar las vainas próximas a la cosecha, lo que conlleva importantes

reducciones en los rendimientos. También suele ocurrir que se manifiesten juntas en el mismo campo e incluso en la misma planta, tanto la “grasa” como la bacteriosis común del frijol causada por *Xanthomonas phaseoli* (Zaunmeyer y Thomas, 1957); cuando esto sucede es imposible diferenciar las pérdidas en los rendimientos causados por una u otra. Según Ariyaratne *et al.* (1999) consideran que hay factores genéticos comunes en la resistencia a las dos enfermedades.

Las cepas de *P. syringae* se diferencian en patovares según la especificidad del hospedante. A su vez, se subdividen en razas en función de la virulencia diferencial en ocho cultivares y líneas del hospedador (Taylor *et al.* 1996a); por lo que las razas se definen funcionalmente por los genes de avirulencia que contienen (Keen, 1990; Arnold *et al.*, 2011; Cuadro 1). Además de estas nueve razas se encontraron algunos aislados que no pudieron asignarse a ninguna de las ya descritas por Taylor *et al.* (1996a), lo que ha sido confirmado por Rico *et al.* (2003) y Rivas *et al.* (2005).

Cuadro 1. Diferenciación de razas en *Ps.* pv *p.* Tomado de Arnold *et al.* (2011).

Raza	Razas/ genes avirulencia (A1 al A5)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A1	1	-	-	-	1	-	1	-	1
A2	-	2	-	2	2	-	2	-	-
A3	-	-	3	3	-	-	-	-	-
A4	-	-	-	-	4	-	-	-	-
A5	-	5	-	-	-	-	-	5	5

Cultivares Testigo	Alelos de resistencia (R1 al R5)					1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	2	3	4	5									
Canadian Wonder	-	-	-	-	-	S	S	S	S	S	S	S	S	S
A52 (ZAA54)	-	-	-	4	-	S	S	S	S	R	S	S	S	S
Tendergreen	-	-	3	-	-	S	S	R	R	S	S	S	S	S
Red Mexican UI3	1	-	-	4	-	R	S	S	S	R	S	R	S	R
1072 (Ph. acutifolius)	-	2	-	-	-	S	R	S	R	R	S	R	S	S
A53 (ZAA55)	-	-	3	4	-	S	S	R	R	R	S	S	S	S
A43 (ZAA12)	-	2	3	4	5	S	R	R	R	R	S	R	R	R
Guatemala 196-B	1	-	3	4	-	R	S	R	R	R	S	R	S	R

R: resistente; S: susceptible

Las interacciones diferenciales entre las razas y los cultivares de *Phaseolus* producen síntomas de la enfermedad como manchas grasientas o resistencia tipificada por la respuesta hipersensible en hojas y vainas en los sitios de inoculación (Mansfield *et al.*, 1994). La especificidad cultivar-raza está controlada por una relación gen a gen que incluye cinco genes de avirulencia en el patógeno y cinco genes de resistencia en la planta los cuales se pueden caracterizar utilizando siete variedades testigo de frijol y un cultivar de *P. acutifolius* (Taylor *et al.*, 1989; Jenner *et al.*, 1991; Arnold *et al.*, 2011). Fourie (1998) indica que existen genes diferentes que controlan la resistencia en la hoja (gen de resistencia foliar *plr*) y en la vaina (carácter poligénico), en función de las diferentes reacciones de algunos aislados de *Ps. pv p.* pertenecientes a las razas 1 y 8 en hojas y vainas de los cultivares diferenciadores A43, Red Mexican U13 y Guatemala 196-B (Cuadro 1).

Con relación en lo expuesto anteriormente, se plantea una mejora para la resistencia, que es el medio más efectivo para el control de la grasa en caraota; ya que, la resistencia genética le permite a la planta defenderse por sí sola y evita la utilización que conlleva a un efecto menos perjudicial en el medio ambiente y que a largo plazo es menos costoso que cualquier otro tipo o método de control (Cuartero, 1993). Por su parte, Taylor *et al.* (1996a) demuestran la importancia de la selección de variedades resistentes a las razas prevaletentes de la bacteria. Mientras, Singh (2001b) promulgó el uso de una base genética como una buena estrategia para la mejora de las variedades de caraota.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de variedades de caraotas cultivadas en Cuba a las razas de *Ps. pv. p.*

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variedades de caraota utilizadas fueron suministradas por el Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" de La Habana y por el Ministerio de la Agricultura de la provincia de Matanzas, Cuba (Cuadro 2).

De estas variedades, cinco de ellas (BAT-304, BAT 58, Guamá 23, Hatuey 24 y ICA Pijao) son variedades mejoradas procedentes de Colombia; mientras que CC25-9 Negro y Rojo, Velasco Largo, Rosas y Güira 89 son variedades tradicionales de Cuba (Voyses, 2000).

Se evaluaron 15 plantas por tratamiento con tres repeticiones. Como testigo de susceptibilidad a *Ps. pv p.* se utilizó la variedad "Palmeña", que es susceptible a todas las razas; y como testigo resistencia se utilizó "Red Mexican U13", que es resistente a las razas 1, 5, 7 y 9 de *Ps. pv p.* y susceptible a las razas 2, 3, 4, 6 y 8 de la bacteria.

Crecimiento de bacterias y condiciones de cultivo

Los aislados de *Ps. pv p.* fueron donados por el Instituto Tecnológico Agrario (I.T.A) de Castilla y León, España. Estos se encontraban conservados en glicerol (15%) y almacenados a -80 °C, previo a la inoculación (24 a 48 h), las bacterias se sembraron en medio sólido B de King (King *et al.*, 1954) a 24 °C. Posteriormente, se desprendieron las colonias del medio con agua destilada estéril y se mantuvieron en agitación hasta que las colonias se disgregaron por completo. La concentración de la solución bacteriana fue ajustada a una concentración de 1×10^8 ufc/ml, considerando esta concentración adecuada para provocar la enfermedad y poder realizar una óptima evaluación de las plantas susceptibles o resistentes a este patógeno (Asensio, 1995), esta concentración fue ajustada midiendo en un espectrofotómetro a una $\lambda = 620$ nm (lectura 0,18).

Inoculación

Se estudió la respuesta a la inoculación en hojas y vainas, y se evaluó tanto la reacción de formación de "grasa" como la de hipersensibilidad. Para ello se sembraron semillas de cada variedad, previamente esterilizadas para evitar contaminaciones superficiales, en macetas con una mezcla estéril de turba y arena (50% v/v) en una cámara de cultivo, con un fotoperíodo de 16 h de luz y temperatura de 21 ± 1 °C. Antes y después de la inoculación, las plantas estuvieron en cámaras de crecimiento en un entorno muy húmedo cubiertas con un plástico según recomiendan Zayter y Coyne (1984).

Cuadro 2. Características de las variedades empleadas.

Variedad	Color	Hábito crecimiento	Origen*	Raza	Procedencia	Genealogía**
BAT 304	Negro	Tipo II	Mesoamer	Mesoamer	CIAT	Porrillo Sintético x Compuesto Chimaltenango 2
BAT 58	Negro	Tipo II	Mesoamer	.Mesoamer	CIAT	(22-G-4 x H 183N) x (ICAPIJAO x Turrialba 1)
Bonita 11	Blanco	Tipo III	Mesoamer		Puerto Rico	
CC25-8	Negro	-	-			
CC25-9 Negro	Negro	Tipo III	Mesoamer		Costa Rica	Líneas Cuba Cueto
CC25-9 Rojo	Pardo Carmel	Tipo III	Mesoamer		Costa Rica	Líneas Cuba Cueto
Guamá 23	Calima	Tipo III	Andino		Colombia	(Diacol Nima x Redkote) x (Redkote)
Güira 89	Negro	Tipo II	Mesoamer		México	Selección Jamapa
Hatuey 24	Rojo	Tipo III	Mesoamer	Mesoamer	ICA	Jamapa x Gentry 2115
ICA Pijao	Negro	Tipo II	Mesoamer	.Mesoamer	ICA	Porrillo Sintético x México 11
Rosas	Rojo	Tipo II	Andino		México	Selección Mulangrí
Velasco Largo	Rojo (Red K.)	Tipo I	Andino		USA	Líneas Red Kidney

*Según domesticación; ICA: Instituto Colombiano Agropecuario; **CIAT: Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Inoculación en hojas: la inoculación se realizó por el método de pulverización a alta presión descrito por Taylor *et al.* (1978), se realizó en las hojas primarias con ayuda de un aerógrafo De Vilbiss N° 15 conectado a un compresor que permite pulverizar a 1,05 kg cm⁻² para facilitar la inoculación. Tan pronto como las plantas tuvieron las hojas cotiledonales completamente expandidas, se inoculó por el haz con la suspensión bacteriana a ambos lados de la nervadura, colocándose la punta del aerógrafo a unos 10 cm del envés de la hoja (Taylor *et al.*, 1996a).

La pulverización se mantuvo hasta observar que una pequeña zona de la superficie de la hoja, de aproximadamente 5 a 10 mm², se embebía del líquido, el control consistió en plantas inoculadas solamente con agua, las plantas inoculadas se mantuvieron en una cámara de crecimiento climatizada a temperatura ambiente y 100% de humedad durante 48 h pasándolas posteriormente a otra cámara de crecimiento a 21 ± 1 °C, 80% de humedad y un fotoperíodo de 16 h de luz (Taylor *et al.*, 1996a). El riego se mantuvo constante dentro de las cámaras para mantener la elevada humedad.

Inoculación en vainas: se inocularon las vainas (aproximadamente de 5 cm de longitud) en plantas crecidas en condiciones de cámara de cultivo a 24 °C con un fotoperíodo de 16 h de luz, se inocularon mediante una herida (pinchazo) en varios sitios de la vaina (entre las semillas), con un mondadientes de madera que previamente se sumergió en la suspensión bacteriana preparada tal como se describió anteriormente, según Zayter y Coyne (1984) con modificaciones propuestas por A.I. Cordero en lo que respecta al uso del mondadientes. Después de la infección, las plantas se mantuvieron en una cámara de crecimiento climatizada a 24 °C y a los 4 a 5 días de la inoculación se determinó la resistencia o susceptibilidad a la bacteria.

Evaluación de los síntomas de la enfermedad

La evaluación de los síntomas de la enfermedad en las hojas y en las vainas se realizó a los 10 días, clasificando las variedades en:

Resistentes: cuando se apreció una reacción hipersensible en el área de inoculación tanto en hoja como en vaina.

Susceptibles: cuando aparecieron manchas de “grasa” localizada en las áreas de inoculación y aparición de pequeñas o grandes manchas distribuidas al azar por la superficie de la vaina o la hoja (envés).

El grado de susceptibilidad se valoró según una escala de cinco puntos (grados), descrita por Innes *et al.* (1984) con alguna modificación:

1. Reacción necrótica rojiza en el área de máxima inoculación (altamente resistente).
2. Reacción rojiza con trazas de remojado (resistente).
3. Alguna necrosis pero con remojado más extenso y localizado en áreas de máxima inoculación (débilmente resistente).
4. Pequeñas lesiones de remojado distribuidas al azar por toda la superficie (susceptible).
5. Lesiones grandes de remojado distribuidas al azar por toda la superficie (muy susceptible).

Similitud genética de las variedades con respecto a la resistencia-susceptibilidad a *Ps. pv p.*

Se utilizó el índice de Jaccard (Sneath y Sokal, 1973) para estimar el grado de similitud entre las distintas variedades para la resistencia a *Ps. pv. p.*, asignándose el valor 1 a la susceptibilidad y a la resistencia el valor 0 (Cuadro 3). El análisis de la similitud de las variedades con respecto a la resistencia-susceptibilidad a la bacteria, se realizó mediante el programa INFOGEN (Balzarini y Di Rienzo, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que algunos autores han descrito respuestas diferenciales a la inoculación en hoja y vaina (Hill *et al.*, 1972; Hale y Taylor, 1973; Zaiter y Coyne, 1984), se realizó la evaluación por separado de la respuesta a la inoculación tanto en hojas primarias como en vainas, no encontrándose en este ensayo ninguna diferencia en cuanto a la respuesta a la infección en los órganos inoculados (Figuras 1 y 2).

Cuadro 3. Respuesta de resistencia/susceptibilidad a *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*.

Variedad	Razas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BAT-304	R	S	R*	R*	R	S	R	S	R
BAT-58	S	S	R*	R*	S	S	S	S	S
CC25-9 Rojo	S	S	R*	R*	S	S	S	S	S
CC25-9 Negro	S	S	R*	R*	S	S	S	S	S
Guamá 23	R	S	R*	R*	R	S	R	S	R
Güira 89	S	S	R*	R*	S	S	S	S	S
Hatuey 24	S	S	R*	R*	S	S	S	S	S
ICA Pijao	R	S	R*	R*	R	S	R	S	R
Rosas	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Velasco Largo	S	S	S	S	S	S	S	S	S

R: resistentes; S: susceptibles, R*: reacción hipersensible severa.

Similares resultados fueron demostrados por González (1996); no obstante, Fourie (1998) no encontró respuesta diferencial en hoja y vaina en 17 aislados pertenecientes a las razas 1, 2, 6, 7 y 8; pero basado en las reacciones inconsistentes de algunos aislados pertenecientes a las razas 1 y 8 en las hojas y vainas de los cultivares diferenciales A43, Red Mexican U13 y Guatemala 196-B, este autor indica que puede haber genes diferentes que controlan la resistencia en hojas y en vainas. Asensio (2001) encontró genotipos de *P. vulgaris* L. con reacciones medianamente resistentes en hojas y susceptibles en vainas y genotipos con reacciones resistentes en vaina y susceptibles en hoja; así como también genotipos con resistencia en ambos órganos.

Esta diferencia, en la respuesta a la inoculación en hojas y vainas de *Phaseolus*, también fue descrita en *X. phaseoli* por Valladares Sánchez *et al.* (1979); Stefanova (1996); Rodríguez *et al.* (1999) en condiciones de campo en Cuba; aunque Coyne y Schuster (1974) no hallaron relación entre la reacción foliar y la reacción de las vainas a *X. phaseoli*.

De acuerdo a la escala anteriormente descrita (Innes *et al.*, 1984), se realizó la evaluación fenotípica de las plantas, considerando resistentes a las que presentaron valores 1, 2 y 3 y susceptibles a las de valores 4 y 5.

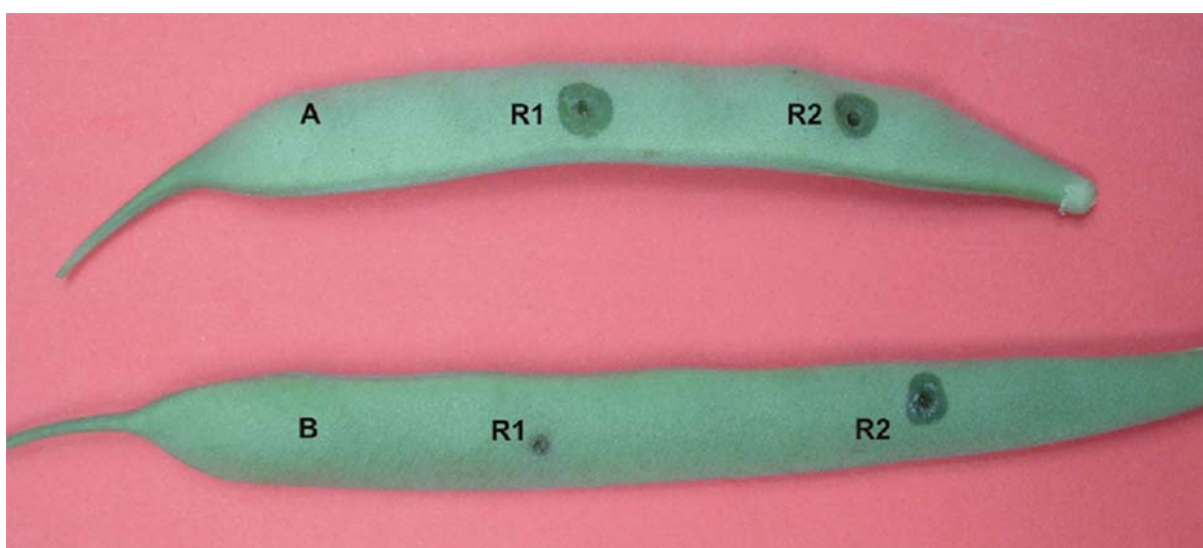


Figura 1. Sintomatología en vaina de dos variedades testigo utilizadas. A: Palmeña; B: Red Mexican UI3; R1: raza 1 y R2: raza 2.



Figura 2. Sintomatología en vaina (izquierda) y hoja (derecha) de la variedad Hatuey 24 a la raza 7 de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*.

Los resultados obtenidos (resistencia y susceptibilidad) de las variedades con respecto a las nueve razas de la bacteria, se muestran en el Cuadro 3. Todas las variedades resistentes mostraron, excepto para las razas 3 y 4, un grado 2. Para las razas 3 y 4 mostraron un grado 1, mientras que las variedades susceptibles, para todas las razas mostraron un grado 5.

Hasta ahora no se ha descrito la incidencia de las razas de *Ps. pv p.* en variedades comerciales en Cuba, por lo tanto no sabemos cuál o cuáles razas son predominantes en el país, ni qué rango de resistencia-susceptibilidad podemos encontrar. Aunque ya anteriormente se habían observado reacciones específicas a *Ps. pv p.* en algunas variedades de *P. vulgaris* (Stefanova, 1996; Hernández, 1996), no se había profundizado en la investigación como para documentar la resistencia específica a razas de la bacteria en variedades comerciales del país.

En el Cuadro 3 puede observarse que todas las variedades han sido susceptibles a la raza 8, que

porta el gen de avirulencia 5 y que se encuentra fundamentalmente en Lesotho (Taylor *et al.*, 1996a) y en Sudáfrica (Fourie, 1998). Estos autores consideran que es originaria de esa región debido a la alta frecuencia con que se presenta y también a que la mayoría de los cultivares plantados en la zona son susceptibles a esta raza.

De la misma manera, todas las variedades resultaron afectadas por las razas 2 y 6 que se encuentran distribuidas a nivel mundial, con una predominancia de la raza 6 para la que no se ha encontrado ninguna variedad resistente (Terán *et al.*, 2009), a pesar de que existen algunos genotipos que muestran una resistencia moderada a la misma (Asensio *et al.*, 2010), y que no tiene ningún gen de avirulencia descrito (Taylor, 1996b).

Esta predominancia se da también en América (Taylor, 1996a) en aislados procedentes de Colombia, México, Perú y Estados Unidos (Lamppa y Gross, 2001; Buruchara y Pastor-Corrales, 1981).

Las variedades Velasco Largo y Rosas fueron susceptibles a todas las razas analizadas, siendo estas dos variedades susceptibles, igualmente a *X. phaseoli* en Cuba (Stefanova *et al.*, 1996). Según describe Ariyaratne *et al.* (1999), existe en algunos casos, factores genéticos comunes en la resistencia a las dos enfermedades (Ariyaratne *et al.*, 1999); describiéndose además, a Velasco Largo como una variedad altamente susceptible a diferentes enfermedades.

Todas las variedades, excepto las dos anteriores, fueron resistentes a las razas 3 y 4, derivadas de la antigua raza 3, encontrándose (3 y 4), que ambas contienen el gen de resistencia A3, tienen su distribución confinada al este y centro de África, pero Taylor *et al.* (1996 a,b) encontraron una alta frecuencia de variedades locales con el gen R3 de origen americano, aunque no encontraron R3 en mezclas campesinas de Ruanda. Explican esta situación atendiendo a que la preponderancia de A3, el confinamiento geográfico está relacionada con la falta de R3, mientras que de forma similar, la falta de A3 en América corresponde con la alta frecuencia de R3.

En las lesiones provocadas en las hojas por las razas 3 y 4 se pudo apreciar la aparición de una pigmentación marrón oscura de un tono rojizo que se difundía en todas las lesiones (Figura 3). Este pigmento fue descrito con anterioridad por

Mabagala and Saettler (1992) con la raza 2, detallando reacciones necróticas de una coloración rojizo-marrón asociada con respuesta normal de resistencia (puntos 1 y 2 de la escala de Innes *et al.*, 1984).

Esto se consideró una reacción de hipersensibilidad ocurrida generalmente en las áreas de máxima inoculación en cualquiera de las dos caras de la hoja. También concuerda con lo señalado por Taylor *et al.* (1996b) quienes encontraron aislados de origen africano, inicialmente designados como raza 3, que provocaban una reacción hipersensible más generalizada, con lesiones necróticas rojizo-marrones sobre toda la superficie del envés de las hojas inoculadas en los cultivares testigo resistentes. Esta forma severa de hipersensibilidad siempre la asociaron con un grado máximo de resistencia (grado 1) y la distinguieron como 1* para diferenciarla del grado 1 usual de reacción resistente.

Se sabe que la RH (reacción de hipersensibilidad) resultante de la interacción R3/A3 ocurre más rápidamente y está asociada con un oscurecimiento más distintivo que la observada en otros genes de resistencia (Mansfield *et al.*, 1994) y esta RH más rápida, está asociada con altos niveles de acumulación de fitoalexinas en el sitio de inoculación (Harper *et al.*, 1987; Jenner *et al.*, 1991).

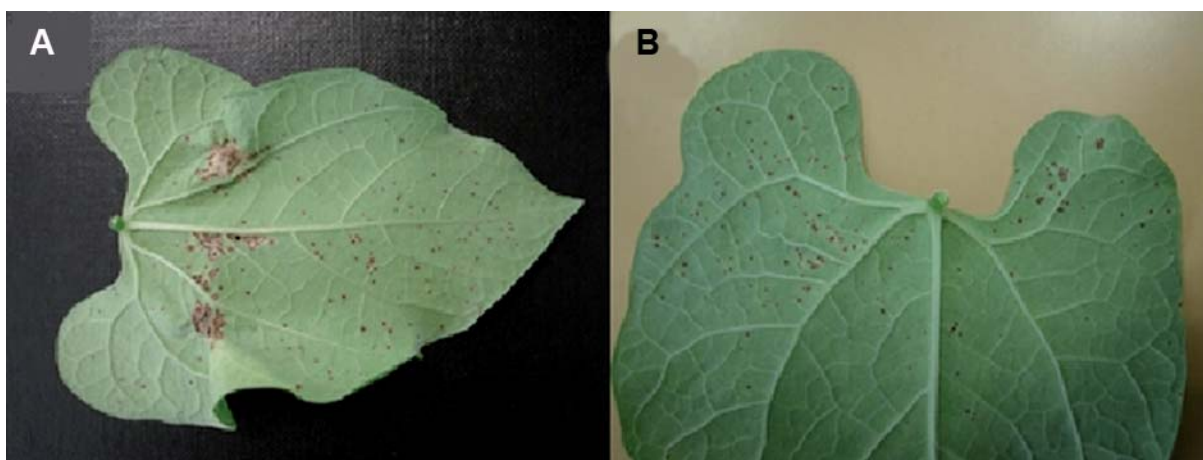


Figura 3. Síntomas producidos por las razas 3 y 4 de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. A: Inoculación con raza 3 en la variedad ICA Pijao; B: Inoculación con raza 4 en la variedad Güira 89.

También se reportó bacterias inductoras de la producción de pigmentos representantes de las razas 1 y 6 en material de sur África (Fourie, 1998), lo que indica que la producción de pigmento no está limitada a una raza específica, aunque su función aún es desconocida.

Con respecto a las razas 1, 5, 7, y 9 derivadas de la original raza 1, solo se encuentran tres variedades resistentes (ICA Pijao, Guamá 23 y BAT-304), a pesar de que las razas 1 y 7 están ampliamente distribuidas a nivel mundial, lo que en principio aumenta la posibilidad de encontrar variedades o cultivares resistentes (Figura 4).

Referente a la raza 5, se creía que se presentaba con baja frecuencia, describiendo aislados encontrados fundamentalmente en África (Kenia, Malawi y Tanzania) y un aislado en Canadá que al inicio perteneció a la raza 1 (Taylor, 1996a); pero recientemente se especifican numerosos aislados procedentes de León-España (González *et al.*, 2003; Rico *et al.*, 2003), donde las variedades sembradas tradicionalmente son susceptibles a ella.

La raza 9 se considera la raza más rara, siendo identificado con pocos aislados procedentes de Malawi y Colombia, encontrando el equipo de

esta investigación tres variedades resistentes (ICA Pijao, Guamá 23 y BAT-304) de las 10 analizadas.

Mediante el índice de Jaccard se estimó el parecido entre las variedades según la resistencia-susceptibilidad a las 9 razas de *Ps. pv p.* (Figura 5), donde se indican tres ramas principales, el grupo 1A lo forman dos variedades susceptibles a todas las razas, el grupo 1B está formado por las variedades resistentes a las razas 3 y 4, y el grupo 1C reúne a tres variedades resistentes a las razas 1, 3, 4, 5 y 7.

Analizando la resistencia específica de los cultivares a la bacteria, se tiene que las dos únicas variedades, Rosas y Velasco Largo, son susceptibles a todas las razas pertenecientes al grupo 1A, con semilla de color rojo que pertenecen al centro genético de origen andino, altamente susceptibles a *X. phaseoli* y que no han sido sometidas a programas de mejoramiento genético masivo contra enfermedades. Esta respuesta de susceptibilidad a todas las razas sería equivalente a la del cultivar Canadian Wonder, e indicaría que ambas variedades carecen de cualquiera de los genes de resistencia descritos, similar a lo encontrado por Taylor *et al.* (1996a).

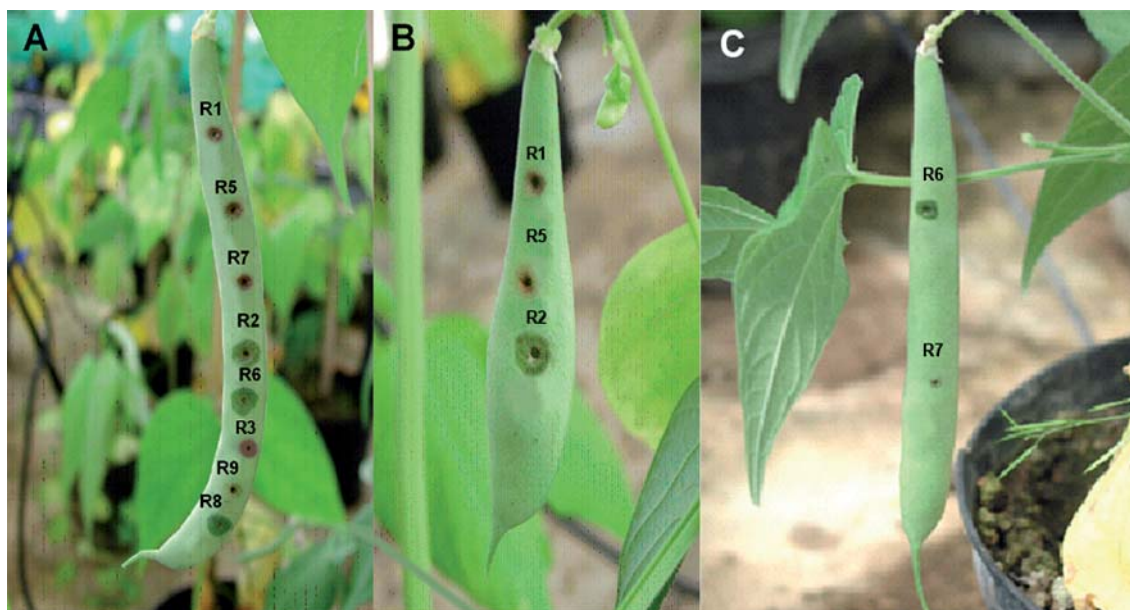


Figura 4. Respuesta a la inoculación con diferentes razas de *Pseudomonas syringae* *pv. phaseolicola*. A: Güamá 23; B: BAT 304; C: ICA Pijao.

El resto de las variedades tiene una respuesta de hipersensibilidad severa a las razas 3 y 4. En la rama 1B se sitúan las cinco variedades que se comportaron como resistentes sólo a las razas 3 y 4 y susceptibles al resto de las razas. Este comportamiento es congruente con la presencia del gen de resistencia 3 como se indica para el cultivar Tendergreen (Arnold *et al.*, 2011).

En otra rama del árbol (1C) se sitúan las variedades mesoamericanas ICA Pijao y BAT-304 y la andina Guamá 23, que mostraron una amplia resistencia a las razas 1, 3, 4, 5, 7 y 9, como el cultivar testigo Guatemala, lo que indicaría la presencia en estos genotipos de los genes de resistencia 1, 3 y 4.

Guamá 23 es un cultivar de frijol procedente de Colombia liberado en el Caribe, que demuestra en Cuba resistencia a la roya y tolerancia a la bacteriosis (sin discernir entre *Pseudomonas* y *Xanthomonas*) en el follaje y en las vainas. El mismo descende por una parte del cultivar Redkote que según Taylor *et al.* (1996b) es

susceptible a las razas 1, 2 y 6, mostrando una reacción hipersensible severa a las razas 3 y 4. En el Caribe se han descrito variedades andinas con fuentes de resistencia a bacteriosis común al virus del mosaico dorado, a la roya y moderados niveles de resistencia a mustia hilachosa (Rodríguez *et al.*, 1999). Las otras dos variedades (ICA Pijao y BAT-304) proceden del centro genético mesoamericano (raza Mesoamerica) y se encuentran relacionadas entre sí, pues comparten un parental.

ICA Pijao es un cultivar mejorado proveniente del cruce entre *P. vulgaris* y *P. coccineus* (Singh and Muñoz, 1999) y lleva el gen I para la resistencia al virus del mosaico común del frijol (BCMV), referido por Beebe *et al.* (2001), es tolerante al virus del mosaico dorado del frijol (BGMV) y a Emposca kraemeri, pero es altamente susceptible en hoja y vaina a *X. campestris* pv. *p.* (Singh y Muñoz, 1999; Singh *et al.*, 2001). También es una fuente de resistencia a poblaciones mesoamericanas del hongo *Phaeoisariopsis griseola* (Araya y Araya, 2000).

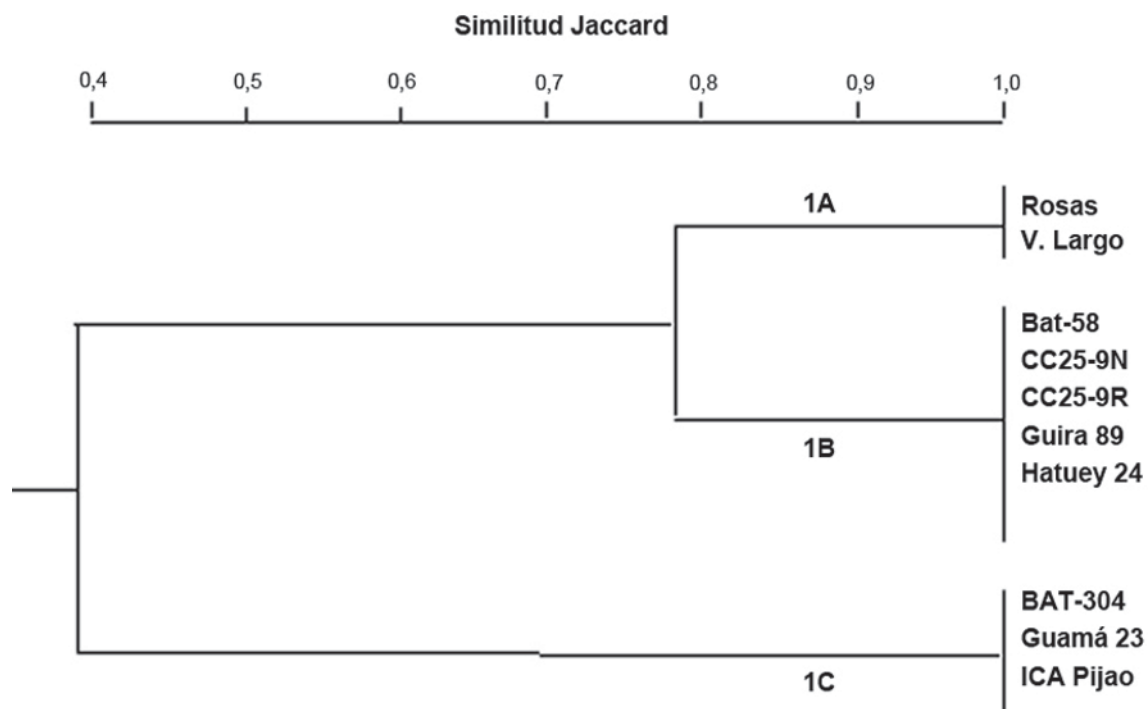


Figura 5. Similitud entre las variedades según la resistencia-susceptibilidad a las 9 razas de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*.

Esta variedad, se ha empleado en numerosas ocasiones como progenitor para la obtención de diferentes cruzamientos con *P. coccineus* (Galván *et al.*, 2001) para generar resistencia frente a razas de *Colletotrichum lindemuthianum* (Mahuku *et al.*, 2002), en el desarrollo de variedades resistentes al virus del mosaico dorado del frijol (Yoshii *et al.*, 1980), para la obtención de variedades resistentes a *X. axonopodis* pv. *p.* (Michaels *et al.*, 2006) y en cruces con *P. coccineus*, *P. costaricensis* y *P. polyanthus* para el desarrollo de variedades resistentes a *Sclerotinia sclerotiorum* Lib de Bary (Singh *et al.*, 2009).

BAT-304 es un cultivar temprano liberado también por el CIAT y lanzado como variedad en Argentina, Brasil, Venezuela, Costa Rica, Nicaragua, Cuba y Haití, países en los que se ha cultivada exitosamente. Es una fuente de resistencia a *Uromyces appendiculatus*, a *X. campestris* pv. *p.* y a *C. lindemuthianum* (Acosta *et al.*, 2001); y se utilizó en cruzamientos múltiples interraciales para la obtención de nuevas variedades (Acosta *et al.*, 2001; Galván *et al.*, 2001).

Considerando la riqueza de los recursos genéticos de frijol en Cuba y la diversidad de resistencia a enfermedades existentes (por ejemplo a *U. phaseoli* var. *typica*; BCMV; *X. campestris* pv. *p.*) citado por Guerra *et al.*, 1994. Los resultados obtenidos representan un aporte valioso para futuros trabajos de mejora en esta área, considerando que sería conveniente que en cada país se dedique especial atención a la evaluación y selección de variedades resistentes, adaptadas a las condiciones ambientales y climáticas que prevalecen en cada uno de ellos, debido a que la reacción a la enfermedad varía dependiendo del ambiente, el genotipo del hospedante y su interacción.

Se debe tener en cuenta que la implantación de la resistencia vegetal requiere de un conocimiento preciso del tipo de razas presentes en el campo, así como, de las variaciones que puedan ocurrir a lo largo del tiempo.

CONCLUSIONES

Con excepción de las dos variedades tradicionales, Rosas y Velasco Largo, se comportaron susceptibles a todas las razas de *Ps. pv. p.*, el resto de las variedades cubanas analizadas mostraron resistencia a algunas de las razas productoras de la "grasa". Cinco de las variedades son resistentes solamente a las razas 3 y 4, y las otras tres variedades lo son a esas dos y a las razas 1, 5, 7 y 9.

En el conjunto de las variedades estudiadas están presentes los genes de resistencia 1, 3 y 4, y ausentes los genes 2 y 5.

Los genotipos de caraotas evaluados tienen diferentes niveles de resistencia a *Ps. pv. p.* con lo cual se pudiera usar la piramidación de genes con métodos apropiados para proporcionar una resistencia duradera.

LITERATURA CITADA

- Acosta G., J. A., S. R. Rosales, G. S. Nuñez, M. R. Ochoa, S. M. Alvarado and S. P. Singh. 2001. Registration of "Negro Otomí" shiney black bean. *Crop Science*. 41(1):261-262.
- Araya, C. M. y R. Araya 2000. Avances en la selección de fuentes de resistencia a las principales enfermedades del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*. 11(2):25-29.
- Ariyaratne, H. M., D. P. Coyne, G. Jung, P. W. Skroch, A. K. Vadaver, J. R. Steadman, P. N. Miklas and M. J. Basset. 1999. Molecular mapping of disease resistance genes for halo blight, common bacterial blight, and bean common mosaic virus in a segregating population of common bean. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 124(6):654-662.
- Arnold, D. L., H. Lovell, R. Jackson and J. W. Mansfield. 2011. *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*: From 'has bean' to supermodel. *Molecular Plant Pathology*. 12(7):617-627.

- Asensio, C. 1995. Bacteriosis en judías en Castilla y León: identificación de la variación patogénica de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* y factores que influyen en su desarrollo. Estudio de la herencia de la resistencia a la raza 1 de *Ps.* pv. *phaseolicola*. Tesis Doctoral. Universidad de León, España.
- Asensio, C., S Asensio, M. de la Rosa C. Manzanera, A. Ibeas, and L. de la Rosa. 2010. Resistance to halo blight, common bacterial blight, and bacterial brown spot in Spanish common bean core collection. Annual Report. Bean Improvement Cooperative. 53:110-111.
- Balzarini, M. y J. Di Rienzo. 2004. Info-Gen: Software para análisis estadístico de datos genéticos. Facultad de Ciencia Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Beebe, S. E., J. Rengifo, E. Gaitan, M. C. Duque and J. Tohme. 2001. Diversity and Origin of Andean Landraces of Common Bean. *Crop Science*. 41(3):854-862.
- Bozkurt, I. and S. Soylu. 2011. Determination of responses of different bean cultivars against races of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*, causal agent of halo blight of bean. *Euphytica*. 179(3):417-425.
- Buruchara, R. A. and M. A. Pastor Corrales. 1981. Variation virulence of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* on beans in Colombia. **In:** Proceedings of the Fifth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria. Cali, Colombia CIAT. pp. 341-351.
- Coyne, D. P. and M. L. Schuster. 1974. Inheritance and linkage relations of reaction to *Xanthomonas phaseoli* (E F Smith) Dowson (common blight), stage of plant development and plant habit in *Phaseolus vulgaris* L. *Euphytica*. 23(2):195-204.
- Crosse, J. E. 1966. Epidermiological relations of the *Pseudomonas pathogens* of deciduous fruit trees. *Annual Review of Phytopathology*. 4:291-310.
- Cuartero, J. 1993. Resistencia genética a enfermedades y plagas. Presente y futuro. *Hortofruticultura*. 4(3):41-46.
- Faure, A. B., T. Hernández, M. Sánchez y M. O. Rodríguez. 1997. Frijol común: Mejoramiento Genético: **In:** Memorias 25 Aniversario. Antonio Casanovas Morales (ed.). pp. 39-40.
- Fett, W. F. and L. Sequeira. 1981. Further characterization of the physiologic races of *Pseudomonas glycinea*. *Canadian Journal Botany*. 59(3):283-287.
- Fourie, D. 1998. Characterization of halo blight races on dry beans in South Africa. *Plant Diseases*. 82(3):307-310.
- Galván, M. Z., M. B. Aulicino, G. Medina and P. A. Balatti. 2001. Genetic diversity among Northwestern Argentinian cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris*) as revealed by RAPD markers. *Genetic Resources of Crop Evolution*. 48(3):251-260.
- Gepts, P., J. L. Aragão, E. de Barros, M. Blair, R. Brondani, W. Broughton, I. Galasso, G. Hernández, J. Kami, P. Lariguet, P. McClean, M. Melotto, P. Miklas, P. Pauls, A. Pedrosa-Harand, T. Porch, F. Sanchez, F. Sparvoli and K. Yu. 2008. Genomics of *Phaseolus* Beans, a Major Source of Dietary Protein and Micronutrients in the Tropics. Chapter 5. **In:** P.H. Moore, R. Ming (eds.).2008. *Genomics of Tropical Crop Plants*. pp. 113-143.
- González C., A. I. 1996. Estudio *in vivo* e *in vitro* de la resistencia a *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* en judías (*Phaseolus vulgaris* L.) y caracterización molecular de la variación patogénica. Tesis Doctoral. Universidad de León. España.
- González C., A. I., M. Pérez de la Vega, M. L. Ruiz and C. Polanco. 2003. Analysis of the *argK-tox* Gene Cluster in Nontoxicogenic Strains of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*. *Applied and Environmental Microbiology*. 69(8):4.979-4.982.
- Guerra, A. G., N. Lastres, E. Hernández and L. Castiñeiras. 1994. Evaluation of common bean (*P. vulgaris* L.) germplasm for resistance to main bean diseases in Cuba. *Plant Genetic Resources Newsletter* No. 99. pp. 41-42.

- Hale, C. N. and J. D. Taylor. 1973. Races of *Pseudomonas phaseolicola* causing halo blight of beans in New Zealand. *Journal of Agricultural Research*. 16(1):147-149.
- Harper, S., N. Zewdie, I. R. Brown and J. W. Mansfield. 1987. Histological, physiological and genetical studies of the responses of leaves and pods of *Phaseolus vulgaris* to three races of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens*. *Physiology and Molecular Plant Pathology*. 31(2):153-172.
- Hernández, T. 1996. El cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) en Cuba. In: PROFRIJOL. Primer Taller sobre bacteriosis común del frijol. Universidad de Puerto Rico. pp. 199-201.
- Innes, N. L., J. Conway and J. D. Taylor. 1984. Resistance to halo-blight in the Cambridge accessions V4604 and V 4058 of *Phaseolus* bean. *Ann. Appl. Biol.* 104(2):307-314.
- Jenner, C., E. Hitching, J. Mansfield, K. Walters, P. Betteridge, D. Teverson and J. Taylor. 1991. Gene for gene interactions between *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* and *Phaseolus*. *Molecular Plant Microbe Interactions*. 4(6):553-562.
- Keen, N. T. 1990. Gene-for-gene complementarity in plant-pathogen interactions. *Annual Review of Genetics*. 24(1):247-263.
- Lamppa, R. S. and P. L. Gross. 2001. Identification of races of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* presents in North Dakota. North Harvest Bean Growers Association. Disponible en línea: <http://www.northharvest.org/html/details.cfm?ID=45>.
- Mabagala, R. B. and A. W. Saettler. 1992. Races and survival of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* in Tanzania. *Plant Diseases*. 76(7):678-682.
- Mahuku, G. S., C. E. Jara, V. C. H. Cajiao and S. Beebe. 2002. Sources of resistance to *Colletotrichum lindemuthianum* in the secondary gene pool of *Phaseolus vulgaris* and in crosses of primary and secondary gene pools. *Plant Diseases*. 86(12):1.383-1.387.
- Mansfield, J., C. Jenner, R. Hockenhull, M. A. Bennett and R. Stewart 1994. Characterization of *avrPphE*, a gene for cultivar-specific avirulence from *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* which is physically linked to *hrpY*, a new *hrp* gene identified in the halo-blight bacterium. *Molecular Plant Microbe Interactions*. 7(6):726-739.
- Michaels, T. E., T. H. Smith, J. Larsen, A. D. Beattie and K. P. Pauls. 2006. OAC Rex common bean. *Canadian Journal of Plant Science*. 86(3):733-736.
- Rico A., R. López, C. Asensio, M. Aizprún, C. Asensio-Sánchez and J. Murillo. 2003. Nontoxigenic strains of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* are a main cause of halo blight of beans in Spain and escape current detection methods. *Phytopathology*. 93(12):1.553-1.559.
- Rivas, L. A., J. Mansfield, G. Tsiamis, R. W. Jackson and J. Murillo. 2005. Changes in race-specific virulence in *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* are associated with a chimeric transposable element and rare deletion events in a plasmid-borne pathogenicity island. *Appl. Environ. Microbiol.* 71(7):3.778-3.785.
- Rodríguez, O., B. Faure, R. Benítez, R. M. Carballo and J. Capote. 1999. Advances in the study of common bean resistance to bacterial diseases in Cuba. *Agronomía Mesoamericana*. 10(1):55-58.
- Singh, S. P. 1999. Production and utilization. In: Common beans: Research for crop improvement. A. van Schoonhoven y O. Voysest (eds.). CAB Int. Wallingford, UK & CIAT. Cali, Colombia. pp. 119-162.
- Singh, S. P. and C. G. Muñoz. 1999. Resistance to common bacterial blight among *Phaseolus* species and common bean improvement. *Crop Science*. 39(1):80-89.
- Singh, S. P. 2001a. Use of germplasm in breeding. In: Handbook on evaluation of *Phaseolus* germplasm. C. de la Cuadra, A. M. de Ron y R.

- Schachl (eds.). PHASELIEU-FAIR-PL97-3463. MBG-CSIC. España. pp. 65-77.
- Singh, S. P. 2001b. Broadening the Genetic Base of Common Bean Cultivars: A review. *Crop Science*. 41(6):1.659-1.675.
- Singh, S. P., M. C. German and H. Terán. 2001. Registration of common bacterial blight resistant dry bean germplasm VAX1, VAX3 y VAX4. *Crop Science*. 41(1):275-276.
- Singh, S. P., H. Terán, H. F. Schwartz, K. Otto and M. Lemac. 2009. Introgressing White Mold Resistance from *Phaseolus* Species of the Secondary Gene Pool into Common Bean. *Crop Science*. 49(5):1.629-1.637.
- Sneath, P. H. A. and R. R. Sokal. 1973. Numerical Taxonomy. The principles and practice of numerical classifications. W.H. Freeman and Co., S. Francisco. 573 p.
- Stefanova, M. 1996. Aspectos etiológicos y epidemiológicos de la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli*) del frijol en Cuba. In: Primer Taller Internacional sobre bacteriosis común del frijol. PROFRIJOL. Universidad de Puerto Rico. pp. 121-129.
- Taylor, J. D., D. M. Teverson, D. J. Allen and M. A. Pastor-Corrales. 1996a. Identification and origin of races of *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* from Africa and other bean growing areas. *Plant Pathology*. 45(3):469-478.
- Taylor, J. D., D. M. Teverson and J. H. C. Davis. 1996b. Sources of resistance to *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* races in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Pathology*. 45(3):479-485.
- Taylor, J. D., J. R. Bevan, I. R. Crute and S. L. Reader. 1989. Genetic relationship between races of *Pseudomonas syringae* pv. *pisi* and cultivars of *Pisum sativum*. *Plant Pathology*. 38(3):364-375.
- Taylor, J. D., N. L. Innes, C. L. Dudley and W. A. Griffiths. 1978. Sources and inheritance of resistance to halo-blight of *Phaseolus* beans. *Ann. Appl. Biol.* 90(1):101-110.
- Thomas, M. D. and J. V. Leary. 1980. A new race of *Pseudomonas glycinea*. *Phytopathology*. 70:310-312.
- Terán, H., M. Lema, D. Webster and S. Singh. 2009. 75 years of breeding pinto bean for resistance to diseases in the United States. *Euphytica*. 167(3):341-351.
- Valladares Sánchez, N. E., D. P. Coyne and M. L. Schuster. 1979. Differential reaction of leaves and pods of *Phaseolus germplasm* to strains of *Xanthomonas phaseoli* and transgressive segregation for tolerance from crosses of susceptible germplasm. *Journal of American Society Horticultural Science*. 104(5):648-654.
- Voysest, O. 2000. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): legado de variedades de América latina 1930-1999. CIAT. Colombia. 195 p.
- Walker, J. C. and P. N. Patel. 1964. Splash dispersal and wind as factors in epidemiology of halo-blight of bean. *Phytopathology*. 54(2):140-141.
- Yoshii, K., G. E. Galvez, S. R. Temple, S. H. Orozco, P. Masaya and L. F. Aldana. 1980. Release of three new Guatemalan bean varieties tolerant to golden mosaic virus. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative. Bean Improvement Cooperative. 23:122-124.
- Zaiter, H. Z. and D. P. Coyne. 1984. Testing inoculation methods and sources of resistance to the halo blight bacterium (*Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola*) in *Phaseolus vulgaris*. *Euphytica*. 33(1):133-141.
- Zapata, M. 1997. Identificación de razas de *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* en hojas de *P. vulgaris*. *Agronomía Mesoamericana*. 8(1):44-52.
- Zaumeyer, W. J. and H. R. Thomas. 1957. A monographic study of bean diseases and methods for their control. U.S.D.A. Agr. Tech. Bull 868. 255 p.

Comparación de métodos de estimación de la radiación solar en Maracay, Venezuela

Comparison of methods to estimate the solar radiation in Maracay, Venezuela

Vannessa G. Ayllón C.¹

¹Ingeniero Agrónomo. Tesis de Pregrado. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela. Correo electrónico: vannessa.ayllon@gmail.com

RESUMEN

La radiación solar global es el parámetro de entrada para numerosas aplicaciones de índole agronómico, sin embargo, los datos están poco disponibles para el usuario, por esto, surge la necesidad de utilizar métodos empíricos para estimarla que manejen variables de fácil consecución disponibles en todas las estaciones. Utilizando datos diarios de la Estación Meteorológica del CENIAP-Maracay, serial 2604, perteneciente a la red agrometeorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Aragua, Venezuela, se realizó un estudio comparativo en cinco métodos de estimación: Angstrom-Prescott (1940); Glover y McCulloch (1958); Bristow y Campbell (1984); Hargreaves *et al.* (1985); De Jong y Stewart (1993), con la finalidad de seleccionar el que estime mejor la radiación solar global para la zona en estudio. Las comparaciones se ejecutaron a través de la prueba estadística de prueba *ji* cuadrado, encontrándose que, todos los métodos están en concordancia con los valores de radiación medidos en esta estación. Sin embargo, el método que presentó la menor sobreestimación, fue De Jong y Stewart.

Palabras clave: radiación solar global, Angstrom-Prescott, Glover y McCulloch, Bristow y Campbell, Hargreaves, De Jong y Stewart.

ABSTRACT

The solar radiation is the input parameter for numerous applications, however, hardly available to the user, this arises the need to use empirical methods to estimate it which use easy achievement variables available in all meteorological stations. Using daily data from the meteorological station of Ceniap Maracay serial 2604, belonging to the agrometeorological network of INIA in Maracay, Venezuela, a study was conducted to compare 5 estimation methods: Angstrom-Prescott (1940), Glover and McCulloch (1958), Bristow and Campbell (1984), Hargreaves *et al.* (1985) and De Jong and Stewart (1993); in order to select which of these it considers better estimator of solar radiation for the study area. Comparisons have been implemented through the statistical test chi square, finding that, statistically, all methods are consistent with the values of radiation measured for this station. However, the method presented by the minor overestimation, was found to be De Jong and Stewart.

Key words: global solar radiation, Angstrom-Prescott, Glover and McCulloch, Bristow and Campbell, Hargreaves *et al.*, De Jong and Stewart.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la radiación solar global es esencial para muchas aplicaciones, tales como el uso de la energía solar como fuente alterna, modelos de simulación de crecimiento de los cultivos, en la arquitectura en el diseño de sistemas, estimación de la evapotranspiración, entre otras. Sin embargo, la disponibilidad de datos de radiación solar global es escasa, haciendo que el uso de técnicas numéricas sea una alternativa esencial. Con tales técnicas indirectas, otros datos meteorológicos son matemáticamente explorados con el fin de estimar la cantidad de radiación solar global que llega a la tierra (Tymvios *et al.*, 2004).

Aunque se han desarrollado varios modelos empíricos para la estimación de la radiación global, por regla general, los datos que se requieren para su aplicación son básicamente los mismos. Los parámetros meteorológicos que normalmente se utilizan, son: la humedad relativa, la temperatura, la altitud, la nubosidad, así como la insolación relativa.

Los modelos que más aceptación han tenido son aquellos que consideran únicamente la insolación relativa o bien la cantidad de nubes, ya que, son simples expresiones de regresión del proceso real de transferencia de radiación en la atmósfera (Estrada y Almanza, 2005).

En este estudio se estimó la radiación global a través de diferentes metodologías que emplean otras variables climáticas medidas comúnmente

en las estaciones climatológicas, con el objeto de comparar los datos estimados de radiación global con los medidos, y así determinar cuál de los métodos es el que mejor la estima para la zona en estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el estudio se utilizó una serie de datos climatológicos comprendidos desde el año 1971 hasta 2010 de la estación del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) Maracay serial 2604, perteneciente a la red agrometeorológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicada en Maracay, estado Aragua, latitud: 10° 17' N, longitud: 67° 37' W, altitud: 455 m s. n. m.

Para realizar el procesamiento de datos, estos se organizaron en forma diaria tal como se muestra en el Cuadro 1.

Posteriormente se evaluó la calidad de los datos a través de la siguiente metodología:

Datos Faltantes: se eliminaron aquellos años en los que existan más de 10 datos diarios faltantes para cualquier elemento del clima, siguiendo los lineamientos establecidos por la Organización Meteorológica Mundial (López, 2009).

Detección de datos atípicos: para radiación global, se comparó cada serie con los datos correspondientes de radiación extraterrestre, teniendo en cuenta que debe encontrarse entre el 10% y 85% (Atlas de Radiación Solar, 2002).

Cuadro 1. Disposición de los elementos climáticos para el mes de enero.

Año	Día	Precipitación (mm)	Radiación (MJ m ⁻² d ⁻¹)	Insolación (h)	T _{máx} (°C)	T _{mín} (°C)
1971	1	0	16,8269	6,0	30,2	17,0
1971	31	0	18,2082	8,9	31,8	14,8
2010	1	0	18,5012	3,7	33,6	19,6
2010	31	0	21,4732	8,7	33,8	14,6

Según Castro (2008) el rango propuesto para las observaciones de temperatura del aire es de 5 a 40 °C para zonas bajas tropicales. En el caso del porcentaje de humedad relativa, considerando los valores promedios mensuales para la zona a estudiar, se consideran valores atípicos aquellos que sean menores a 30%. Para insolación se consideran valores atípicos aquellos que sean mayores a la duración del día astronómico (N)².

Homogeneidad de las series climatológicas

Para verificar la homogeneidad de las series climatológicas se utilizó la prueba de rachas, según lo propone Pérez *et al.* (2005), se corrió la prueba a través del programa estadístico Statistix versión 8.0 con un nivel de significación del 5%, se emplearon los promedios mensuales, ya que podría existir cierta dependencia o relación en los valores diarios de las variables en estudio³.

Para la estimación de la radiación se utilizaron cinco métodos:

Método Angstrom-Prescott (1940)

$$\frac{R_s}{R_a} = \left[a + b \left(\frac{n}{N} \right) \right]$$

Donde: R_s : radiación global ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$); R_a : radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$); n : insolación (h); N : duración máxima posible de la insolación (h); n/N : duración relativa de la insolación (adimensional); a y b : coeficientes empíricos que se pueden estimar para una zona en particular.

Se fijaron los valores de los coeficientes a y b como 0,2 y 0,5, respectivamente, tal como lo recomiendan Pérez *et al.* (2005) cuando no se dispone de datos de R_s y R_a .

La radiación extraterrestre se calculó de la siguiente manera (Allen *et al.*, 1998):

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)]$$

Donde: R_a : radiación extraterrestre ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$); G_{sc} : constante solar = 0,0820 ($\text{MJ m}^{-2} \text{ día}^{-1}$); d_r : inverso de la distancia relativa entre la Tierra y el Sol; ω_s : ángulo de la puesta de sol (radianes); φ : latitud (radianes); δ : declinación solar (radianes).

El inverso de la distancia relativa entre la Tierra y el Sol (d_r), y la declinación (δ) están dados por las siguientes ecuaciones:

$$d_r = 1 + 0,033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad \delta = 0,409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J\right) - 1,39$$

Donde J es el número del día del año (1 a 365)

El ángulo de radiación a la hora de la puesta del sol, ω_s , viene dado por:

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \tan(\delta)]$$

Método de Glover y McCulloch (1958)

$$\frac{R_s}{R_a} = 0,29 \cos(\text{lat}) + 0,55 (n/N)$$

Donde R_s , R_a , n , N , n/N , lat. , son similares a los indicados previamente. Lat. es la latitud radianes. El método es válido para latitudes de 0 a 60°.

Método de Bristow y Campbell (1984)

$$\frac{R_s}{R_a} = A(1 - \exp[-B D^c])$$

Donde R_s y R_a , son similares a lo indicado previamente, mientras que A , B y C son coeficientes empíricos que se pueden estimar para un sitio en particular a partir de datos medidos de radiación solar y D : rango diurno de la temperatura del aire, se calcula:

$$D = T_{\text{máx}} - \frac{T_{\text{mín}}(j) + T_{\text{mín}}(j+1)}{2}$$

Donde: $T_{\text{máx}}$: temperatura máxima diaria (°C); $T_{\text{mín}}(j)$: temperatura mínima en un día (°C); $T_{\text{mín}}(j+1)$: temperatura mínima diaria al día siguiente.

²Ingeniera Agrónomo María José Méndez, comunicación personal - marise.mendez@gmail.com

³Ingeniera Agrónomo Genady Bracho, comunicación personal - gennadybm@gmail.com

Para el presente estudio se establecieron los coeficientes de acuerdo con las directrices utilizadas por dichos autores, donde A y C se mantuvieron constantes con valores de 0,7 y 2,4, respectivamente y B variable con el objeto de estudiar la estacionalidad de los datos. El valor de B está directamente relacionado con la amplitud térmica diaria (ΔT) y se calcula de la siguiente manera:

$$B = 0,036 \exp(-0,154 \Delta T)$$

Donde:

$$\Delta T = T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}$$

Método de Hargreaves *et al.* (1985)

$$\frac{R_s}{R_a} = KT \sqrt{\Delta T}$$

Donde: KT : coeficiente de calibración que puede ser estimado para una zona en particular; ΔT : diferencia entre $T_{m\acute{a}x}$ y $T_{m\acute{i}n}$ diarias.

El coeficiente de calibración (KT) que se utilizó es de 0,134, según señala López (2009).

Método de De Jong y Stewart (1993)

$$R_s = R_a[a(\Delta T)^b (1 + cP + dP^2)]$$

Donde R_s , R_a , ΔT son similares a lo indicado anteriormente y a , b , c , d son coeficientes empíricos que varían según la época del año.

Los coeficientes se estimaron a través de ajustes no lineales, por medio del programa estadístico JMP™ versión 6.0, luego para verificar la bondad del ajuste y siguiendo lo propuesto por los autores, se realizó el análisis de regresión para la variable Y (R_s estimada/ R_a) y la variable X (R_s medida/ R_a) obteniéndose los valores de los coeficientes de determinación (R^2) y errores cuadráticos medios (RMSE) para cada mes.

Por último, se realizó la prueba de ji cuadrado para comparar las estimaciones de cada método (E) con los valores reales de radiación solar global (O). El estadístico de prueba se basa en las diferencias entre los O_i y E_i y se define como:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con respecto al análisis de calidad de los datos, después de la eliminación de datos atípicos se cumplió con la longitud adecuada de las series (30 años) para asegurar la confiabilidad de los resultados (Pérez *et al.*, 2005).

La no uniformidad se presentó en la precipitación para el mes de marzo, la radiación global para los meses enero, febrero, marzo, abril, mayo y diciembre; y por último la temperatura mínima en el mes de octubre. Para el resto de los elementos climáticos en estudio si se obtuvo homogeneidad.

Según Pérez *et al.* (2005), los valores de probabilidad por debajo del nivel de significación indican que los términos de la serie tienen una alta dependencia positiva y por lo tanto, se sospecha que la misma tiene una tendencia a aumentar o disminuir.

Referente a las estimaciones de los coeficientes del modelo de De Jong y Stewart (1993), el Cuadro 2 muestra los valores obtenidos y los estadísticos calculados.

Los bajos valores del coeficiente de determinación (R^2) indican una deficiencia en el modelo, sin embargo, al observar los valores de los cuadrados medios del error (RMSE), resultaron de baja magnitud, lo que indicaría poca discrepancia entre los valores observados y los medidos.

Es importante destacar que decidir la bondad del modelo solamente basado en el valor de R^2 podría llegar a establecer conclusiones erradas.

Comparación de las estimaciones

Según lo observado en la Figura 1, las estimaciones hechas por el método de De Jong y Stewart (1993) son las más precisas, exceptuando en el mes de julio, mientras que para el resto de los métodos se observa que Bristow y Campbell (1984) y Glover y McCulloch (1958) sobreestiman la radiación global, en cambio que Angstrom-PreScott (1940) y Hargreaves *et al.* (1985) tienden a subestimar la radiación.

Cuadro 2. Coeficientes mensuales y estadísticos para el modelo de De Jong y Stewart.

Mes	a	b	c	d	R ²	RMSE
Enero	0,544	0,013	-0,032	0,00172	0,008	0,104
Febrero	0,287	0,244	-0,068	0,00335	0,087	0,106
Marzo	0,209	0,352	-0,043	0,00137	0,177	0,098
Abril	0,140	0,483	-0,008	0,00010	0,316	0,105
Mayo	0,165	0,425	-0,005	0,00005	0,233	0,107
Junio	0,230	0,313	-0,006	0,00005	0,161	0,108
Julio	0,251	0,284	-0,006	0,00005	0,135	0,104
Agosto	0,213	0,346	-0,006	0,00007	0,148	0,488
Septiembre	0,302	0,216	-0,005	0,00008	0,062	0,114
Octubre	0,300	0,210	-0,005	0,00005	0,064	0,107
Noviembre	0,386	0,118	-0,008	0,00020	0,029	0,113
Diciembre	0,361	0,153	-0,022	0,00051	0,047	0,105

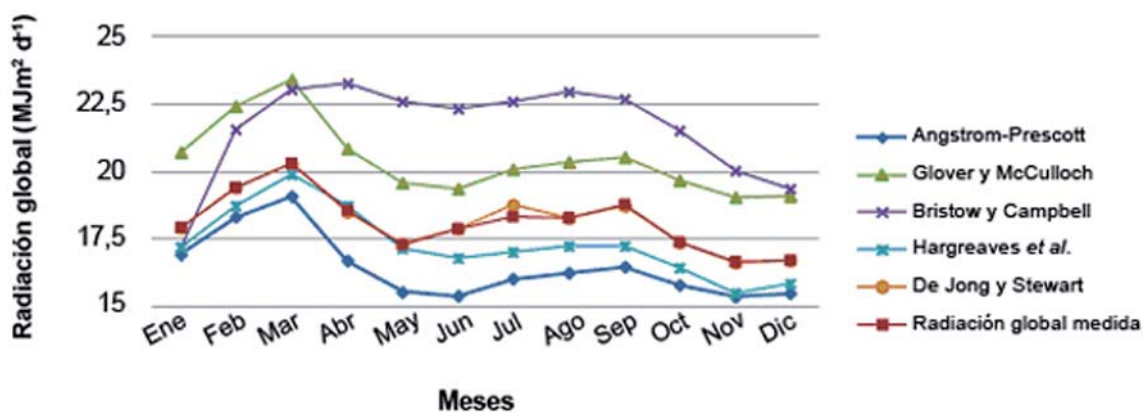


Figura 1. Radiación global medida vs. estimada.

Este resultado podría deberse al efecto de solapamiento causado por las medias mensuales, para verificar dicho efecto, se compararon las estimaciones diarias usando el año 1987, por ser el único año en el que no existen datos faltantes para los 365 días. En contraste, se presentan en las Figuras 2 y 3 las estimaciones diarias del mes de enero (mes seco) con las del mes de agosto (mes húmedo), respectivamente.

Como se observa, durante el año 1987 los valores estimados por el método de Angstrom-Prescott (1940) resultaron más precisos en los meses secos, inclusive en aquellos casos donde existen valores bajos de radiación, no obstante, el método requiere datos medidos de radiación global para estimar los coeficientes “a” y “b” de la zona en particular. Por otra parte, el método de Glover y McCulloch (1958), sobreestima la

radiación tanto en estimaciones diarias como en las mensuales, en contraste con el método de Angstrom-Prescott (1940) y Hargreaves *et al.* (1985) no son necesarios datos de radiación global para la estimación y su principal desventaja es que solamente es válido para latitudes entre 0 y 60°.

Tanto en el método Angstrom-Prescott (1940) como el de Glover y McCulloch (1958) son necesarios datos de insolación, que solamente se miden en estaciones tipo C1, lo que implica

una desventaja con respecto a los otros métodos que requieren de datos medidos en estaciones más sencillas. En el caso del método de Bristow y Campbell (1984) su principal debilidad se debe a que, son asumidos los valores de los coeficientes A y C del estudio original, por lo que no se tienen valores característicos de la zona en estudio, generando errores en las estimaciones. El método de Hargreaves *et al.* (1985) requiere de datos medidos de radiación solar global para estimar el coeficiente KT de la zona en particular.

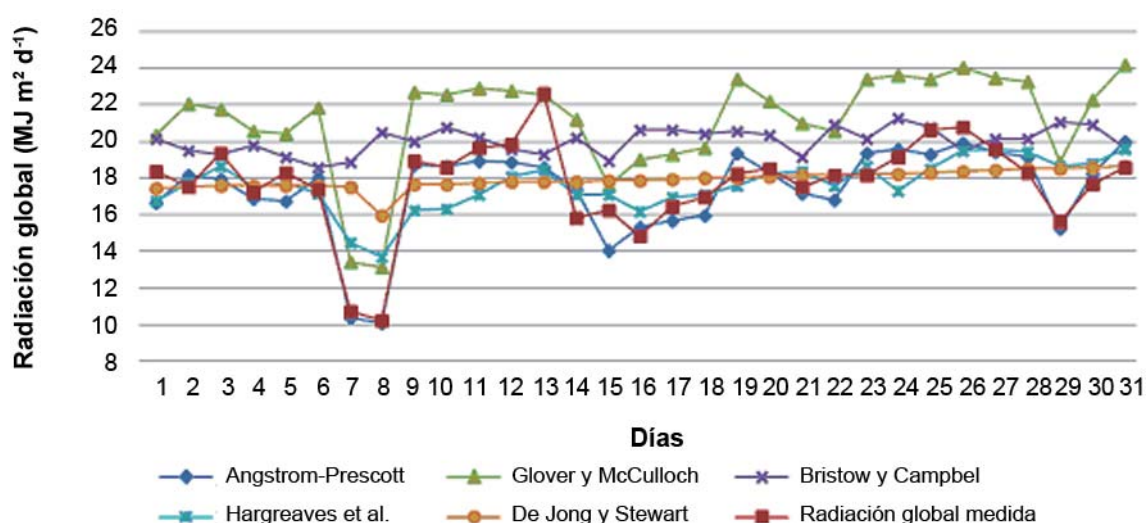


Figura 2. Radiación global medida vs. estimada para el mes de enero.

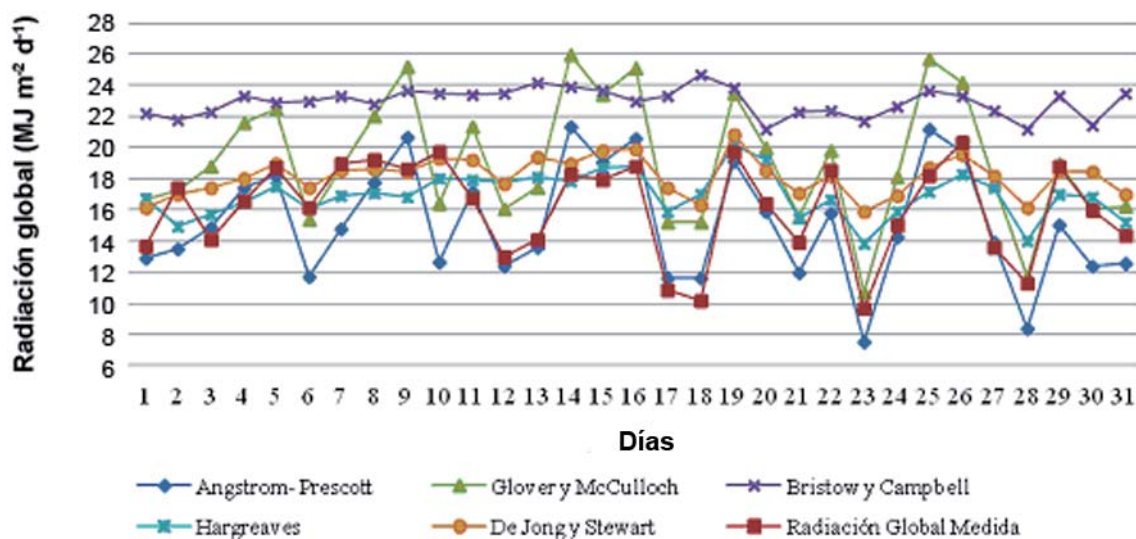


Figura 3. Radiación global medida vs. estimada para el mes de agosto.

En comparación con los resultados obtenidos en la Figura 1, donde el mejor estimador es el modelo de De Jong y Stewart (1993), se observa que en los datos diarios esto se debe más a la uniformidad de las estimaciones, que a la precisión de las mismas, puesto que los valores estimados diarios por encima y por debajo de los medidos, se compensan al calcular los promedios mensuales.

Según se observa en el Cuadro 3, los resultados obtenidos en la prueba de *ji* cuadrado, para todos los métodos de estimación los valores estimados están en concordancia con los valores medidos, sin embargo existen diferencias entre los valores de *ji* cuadrado para los distintos métodos. El método de Bristow y Campbell (1984) fue el que peor estimó la radiación global en cuanto

la sobreestimó para todos los casos como se mencionó anteriormente, contrario a esto, se tiene que el método de De Jong y Stewart (1993) es el que mejor estimó la radiación, obteniéndose el valor mínimo de *ji* cuadrado para el mes de enero y el máximo en el mes de mayo.

Considerando los resultados obtenidos del análisis de regresión, donde los valores de los coeficientes de determinación mensuales son relativamente bajos al igual que los cuadrados medios del error, el modelo de De Jong y Stewart (1993) es superior a los otros por la calidad de las estimaciones. La principal desventaja es que la obtención de los coeficientes se realiza a través de metodologías que pueden resultar complejas en usuarios que no estén familiarizados con modelos no lineales.

Cuadro 3. Valores de *ji*-Cuadrado para cada método.

	Angstrom- Prescott	Glover y McCulloch	Bristow y Campbell	Hargreaves <i>et al.</i>	De Jong y Stewart
Enero	0,71	0,86	0,85	0,85	0,63
Febrero	0,68	0,87	0,94	0,81	0,69
Marzo	0,81	0,95	1,06	0,73	0,66
Abril	1,36	1,02	2,64	0,94	0,94
Mayo	1,18	0,90	2,37	1,07	1,02
Junio	1,60	0,91	3,79	1,13	0,92
Julio	1,34	0,83	1,65	1,11	0,84
Agosto	1,25	0,90	1,78	1,08	0,91
Septiembre	1,43	0,94	1,87	1,36	0,98
Octubre	1,10	0,92	1,56	1,02	0,82
Noviembre	1,10	1,01	1,32	1,12	0,82
Diciembre	0,96	0,91	0,99	0,83	0,64
Media	1,13	0,92	1,73	1,00	0,82

CONCLUSIONES

Evaluar la calidad de los datos resulta fundamental en cualquier análisis climatológico, puesto que de ello dependerá la bondad de los resultados.

El uso futuro de un método en particular, dependerá del alcance que se persiga, si se desea trabajar con datos mensuales, el método de De Jong y Stewart (1993) proporcionará la mejor herramienta para la estimación, mientras que si se trabajara con datos diarios, es recomendable el método de Angstrom-Prescott (1940). Por otra parte, se deberá evaluar si de acuerdo al propósito de la investigación conviene más un método que sobreestime o subestime la radiación solar global, porque de ello dependerá su impacto en otras variables.

Los coeficientes obtenidos en los distintos modelos, exceptuando el de Angstrom-Prescott son particulares de la zona en estudio, por lo que no es recomendable utilizarlos en regiones con características disímiles.

LITERATURA CITADA

- Allen, R., L. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO-56. Roma. 301 p.
- Atlas de Radiación Solar. 2002. Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM. Unidad de planeación minero energética UPME. República de Colombia. Apéndice. D.
- Bristow, K. and G. Campbell. 1984. On the relationship between incoming solar radiation and daily maximum and minimum temperature. *Agricultural and Forest Meteorology* (EE. UU.).31(2):159-166.
- Castro, F. 2008. Organización para Estudios Tropicales. Manual de procedimientos para las estaciones meteorológicas. Departamentos Científicos de la Selva y Manejo de Información. Compilado por Enrique Castro. Revisado por: D. Brenes, W. López, O. Madrigal, B. Matarrita, J. Serrano y Z. Zahawi. Sarapiquí, Costa Rica.
- De Jong, R. and D. W. Stewart. 1993. Estimating global solar radiation from common meteorological observations in western Canada. *Canadian Journal of Plant Science* (Canadá). 73(2):509-518.
- Estrada, V. y R. Almanza. 2005. Irradiaciones global, directa y difusa en superficies horizontales e inclinadas, así como irradiación directa normal, en la República Mexicana. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 64 p.
- López J. 2009. Efecto y estimación de datos diarios faltantes de radiación global sobre la calidad de la serie mensual. Trabajo de grado Ingeniero Agrónomo. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 57 p.
- Hargreaves, G. L., G. H. Hargreaves and J. Riley. 1985. Irrigation water requirement for the Senegal River Basin. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*. 111(3):265-75.
- Pérez, M., M. Puche y G. Bracho. 2005. Herramientas para el control de calidad de datos climáticos y su análisis con fines de uso agropecuarios. *Revista Digital CENIAP HOY*. Revista técnica de las ciencias del agro editada por el CENIAP del INIA. Sección Preimpresos.
- Prescott, J. 1940. Evaporation from a Water Surface in Relation to Solar Radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 64(1):114-118.
- Tymvios, F. S., C. P. Jacovides, S. C. Michaelides and C. Scouteli. 2005. Comparative study of Angstrom's and Artificial Neural Networks methodologies in estimating global solar radiation. *Solar Energy* (Cyprus). 78(6):752-762.

Control de calidad de las series de temperatura diaria de las estaciones del INIA-Venezuela en el período 1950-2005

Quality control of the series of daily temperature for the stations of the INIA-Venezuela in the period 1950-2005

Raquel Parra¹, Adriana Cortez² y María F. Rodríguez²

¹Profesora. Universidad Central de Venezuela (UCV). Departamento de Ingeniería Agrícola. Núcleo Maracay.

²Investigadoras. INIA-CENIAP. Recursos Agroecológicos, Maracay 2105, estado Aragua. Venezuela.

Correos electrónicos: parrar@agr.ucv.ve, acortez@inia.gob.ve

RESUMEN

El control de calidad de los datos como una fase inicial en cualquier estudio que contemple procedimientos de cálculo, es un paso indispensable que garantiza la veracidad de los resultados e interpretaciones de los mismos. El problema más notable con el control de calidad de datos climáticos es la presencia de valores atípicos, ya que removerlos o mantenerlos puede afectar el análisis de eventos llevando a sobreestimaciones o subestimaciones. En el presente trabajo se aplicó una metodología para el control de calidad de datos de temperatura a través de la integración de distintos análisis que incluyen la identificación de valores atípicos con medidas estadísticas robustas, para lo cual se utilizaron los datos de 15 estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). En los resultados se encontró que la mayoría de las observaciones se ubicaron dentro de los umbrales esperados. En el análisis de las series temporales se detectaron casos de temperatura máxima ($T_{\text{máx}}$) $>50\text{ }^{\circ}\text{C}$ y temperatura mínima ($T_{\text{mín}}$) $>T_{\text{máx}}$ (OTD $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$), que fueron eliminados. En la estación del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-Maracay), se encontraron valores muy elevados de FD10 (10 días en 1959 con $T_{\text{mín}}<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y de SU35 (183 días en 1959 con $T_{\text{máx}}>35\text{ }^{\circ}\text{C}$). Se demostró que a través de la construcción de límites con media y desviación bponderadas robustas se pueden detectar series de datos dudosos, como el caso (en la estación antes mencionada) de la serie de temperatura mayo-noviembre/1959, con $T_{\text{máx}}>\text{límite superior}$ y $T_{\text{mín}}<\text{límite inferior}$. Los valores cuestionados fueron reportados en la base de datos depurada.

Palabras clave. Control de calidad, estaciones climatológicas, valores atípicos, estadísticos bponderados, índices climáticos.

ABSTRACT

The data quality control as an initial phase in any study that involves calculation, it is a vital step that ensures the accuracy of the results and interpretations of them. The most notable problem with the quality control of climate data is the presence of outliers due that, removing them or keep them can affect the analysis of events leading to overestimates or underestimates. In the present work was implemented a methodology for quality control of temperature data through the integration of various analysis that include the identification of outliers with robust statistical measures in 15 climatic stations of INIA. It was found that the majority of the comments fell down within the expected thresholds. In the analysis of the temporal series, some cases were detected with $T_{\text{max}}>50$ and $T_{\text{max}}\text{ }^{\circ}\text{C}<T_{\text{min}}$ (OTD $<0\text{ }^{\circ}\text{C}$), which were eliminated. In the station CENIAP-Maracay it was found very high values of FD10 (10 days in 1959 with $T_{\text{min}}<10\text{ }^{\circ}\text{C}$) and SU35 (183 days in 1959 with $T_{\text{max}}>35\text{ }^{\circ}\text{C}$). It was demonstrated that through the construction of intervals with mean and deviation bi-weighted, it is possible to detect series with questionable data, as the temperature serie may-november/1959 of CENIAP-Maracay where $T_{\text{max}}>$ than the upper limit and $T_{\text{min}}<$ than the lower limit. The questioned values were reported in the refined data base.

Key words: Quality control, weather stations, outliers, bi-weighted statistical, climatic indexes.

INTRODUCCIÓN

El análisis de los patrones espacio-temporales futuros de la precipitación y la temperatura son incluidos en el análisis de aspectos relevantes, como el cambio climático y sus implicaciones en el confort térmico y la disponibilidad de agua a través de la construcción de escenarios, en gran parte fundamentados por información climática histórica de largo registro (MARN, 2005). De los 27 índices básicos recomendados por el equipo de expertos de CCI/CLIVAR (Índices para el estudio de Cambio Climático/ Variabilidad Climática y Previsibilidad, de sus siglas en inglés) para el monitoreo y detección de cambio climático (ETCCDMI), 16 están basados en temperatura (Zhang y Yang, 2004). Sin embargo, la calidad y veracidad de estos índices va a depender en gran medida de que los datos básicos tengan un control de calidad adecuado antes de que sean utilizados.

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) posee una red de 20 estaciones diseminadas en estados de importancia agrícola para el país. Algunas de estas poseen más de 50 años de valores diarios de temperaturas, observadas en termómetros de máxima y de mínima (T_{\max} y T_{\min}), lo que significa más de 250 mil registros en la base de datos.

Rodríguez *et al.* (2011) en su trabajo titulado "Integración espacial y aplicación de los datos agroecológicos del INIA al norte del Orinoco de Venezuela" consolidó una base de datos climática con información de 263 estaciones climatológicas en todo el país provenientes de distintas instituciones.

En este trabajo se observó que el problema más notable en el control de calidad de las variables climatológicas, es la presencia de valores atípicos u outliers, ya que removerlos (siendo verdaderos) puede afectar el análisis final de eventos climáticos extremos, y mantenerlos (siendo erróneos) puede llevar a sobreestimaciones de los mismos.

Según Lobo *et al.* (2005), los valores atípicos pueden clasificarse en cuatro categorías: a) los que surgen de un error de procedimiento (transcripción a las planillas o base de datos); b) extremos asociados a un evento extraordinario;

c) atípicos que caen dentro del rango de las variables pero que son únicas en la combinación de los valores de dichas variables; d) atípicos para los que el investigador no tiene explicación.

Aquellos valores dudosos fácilmente detectables por su improbabilidad de ocurrencia, son eliminados de la base de datos y reportados en las observaciones; pero, como lo indica Edwards (1998), la eliminación de "outliers" no debería ser el objetivo principal del control de calidad, a menos que esté bien sustentado. Existen casos en los que se debe asociar una medida de tendencia central con una medida de dispersión que sean lo suficientemente robustas y determinen límites por fuera de los cuales las observaciones deben ser consideradas dudosas sin llegar a ser necesariamente eliminadas. Para tal fin, National Climatic Data Center (2002) propone calcular la media y desviación bponderadas (Lanzante, 1995) para la construcción de los límites de control.

El objetivo de este trabajo fue aplicar una metodología para el control de calidad de datos de temperatura de las estaciones climatológicas del INIA-Venezuela en el período 1950-2005, a través de la integración de distintos análisis que van desde los filtros de rutina, la utilización de índices climáticos, hasta la identificación de valores atípicos con medidas estadísticas robustas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Evaluación y selección de las estaciones climatológicas para el estudio

Se comenzó por verificar y estructurar la metadata de las estaciones del INIA, incluyendo:

- Serial nacional: código con el que se identifica a la estación.
- Estación: nombre de la estación.
- Estado u ubicación: entidad en la que se encuentra.
- Cota: altitud en m s. n. m. a la que se encuentra la estación.
- Latitud y longitud: ubicación en grados, minutos y segundos con el fin de permitir la georeferenciación (Figura 1).

- Fecha de instalación y eliminación (si fuera el caso).
- Período de registro de las variables climáticas que se miden en la estación.

De las 20 estaciones climáticas del INIA, analizadas utilizando el criterio de: 1) período corto de registro y 2) más del 50% de datos faltantes, se seleccionaron 15 (Cuadro 1) en el período 1950-2005. Las restantes se omitieron por poseer un período de registros inconvenientemente corto, es decir, con menos de 10 años y más 50% de datos faltantes.

Se utilizaron los datos de temperatura tomados de los termómetros de mercurio de T_{máx} y T_{mín} registrados diariamente.

Proceso de evaluación de la calidad de los datos en las estaciones climáticas seleccionadas

Se consideraron los siguientes análisis de control de calidad:

Número de datos faltantes diarios: para la generación de datos mensuales se consideró la condición de que si existían más de 10 datos faltantes en el mes ($df > 10$), no se calculaba el valor mensual (se consideraba faltante). El valor mensual es el promedio de los valores dentro del mes (protocolo de control de calidad básico aplicado en la Unidad de Agrometeorología del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP-Maracay), INIA).

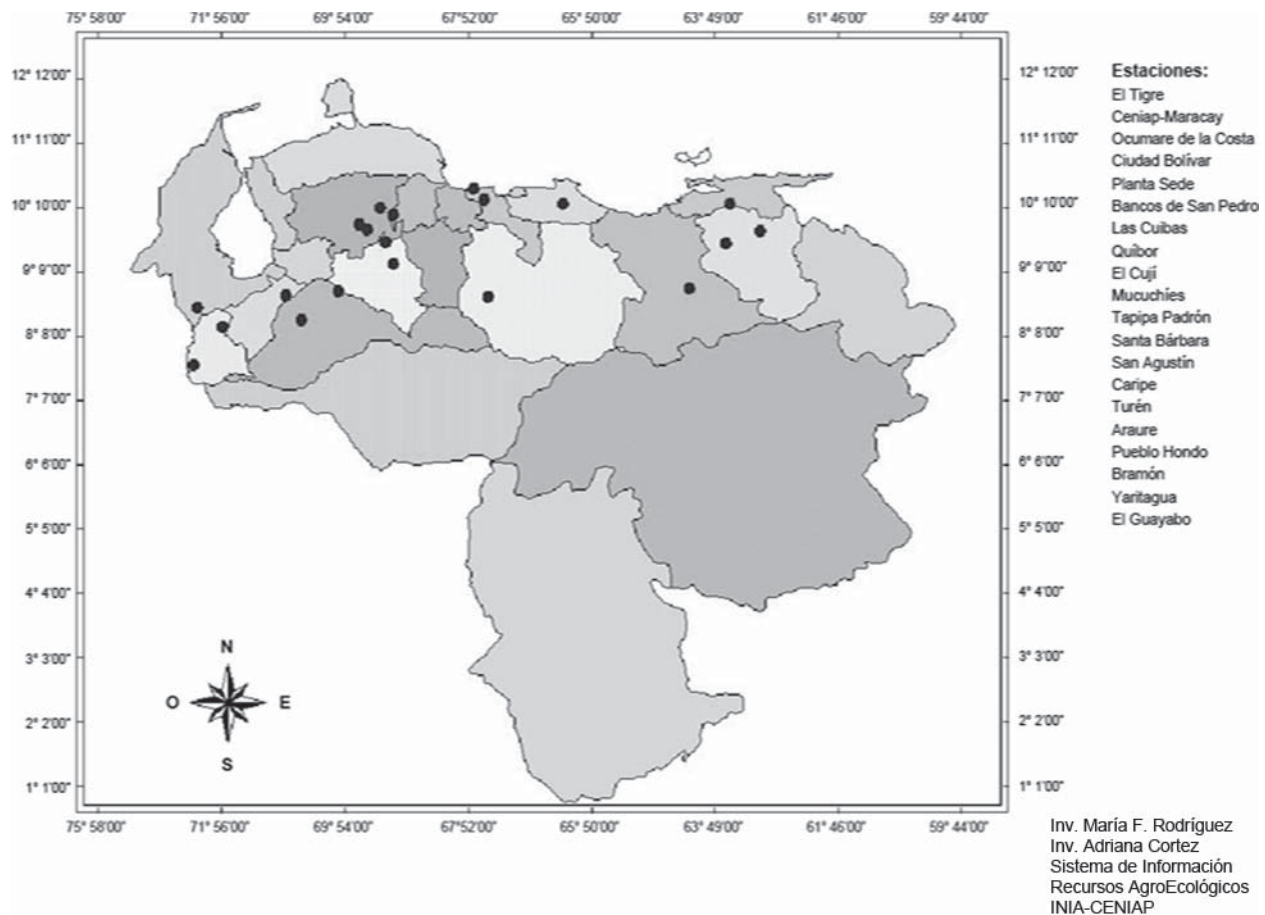


Figura 1. Red de estaciones climatológicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Cuadro 1. Lista de estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en Venezuela, sometidas al control de calidad de los datos de temperatura.

N°	Estación	Estado	Serial	Tipo	Altitud m.s.n.m.	Latitud gra° min' seg"	Longitud gra° min' seg"	Período de registro
1	El Tigre	Anz.	3715	CL	302	8° 51' 46"	64° 13' 17"	1971-2000
2	CENIAP-Maracay	Ara.	2604	CL	480	10° 17' 14"	67° 36' 2"	1950-2005
3	Ocumare de la Costa	Ara.	4701	CL	34	10° 27' 36"	67° 46' 22"	1963-2004
5	Ciudad Bolivia	Bar.	3503	CL	212	8° 22' 22"	70° 36' 52"	1988-2003
6	Bancos de San Pedro	Gua.	7502	CL	120	8° 44' 47"	67° 32' 6"	1958-2005
7	El Cuji	Lar.	1301	CL	605	10° 8' 51"	69° 18' 53"	1964-2003
9	Quibor	Lar.	2302	CL	705	9° 53' 14"	69° 39' 11"	1980-2003
10	Mucuchies	Mér.	7901	CL	3130	8° 45' 51"	70° 53' 9"	1961-2003
11	Tapipa-Padrón	Mir.	2308	CL	76	10° 13' 14"	66° 17' 57"	1977-2004
15	Araure	Por.	6201	CL	259	9° 36' 58"	69° 14' 10"	1994-2005
16	Colonia Turén	Por.	2001	CL	149	9° 15' 58"	69° 5' 54"	1970-2005
17	Bramón	Tác.	6303	CL	1150	7° 39' 3"	72° 24' 3"	1941-2003
18	Pueblo Hondo	Tác.	2902	CL	2418	8° 15' 9"	71° 54' 40"	1983-2003
19	Yaritagua	Yar.	0103	CL	336	10° 2' 38"	69° 5' 20"	1950-2004
20	El Guayabo	Zul.	6302	CL	61	8° 34' 1"	72° 20' 4"	1950-2004

Fuente: Inventario de estaciones climatológicas del INIA Venezuela.

Análisis de concentración y tendencia de las series temporales: tal como señala Shaw (1988), cuando se utilizan las series temporales para estudiar el comportamiento y la calidad de los datos, deben tomarse en cuenta los componentes que pueden estar definiendo su oscilación y tendencia:

- El componente de tendencia indica un incremento lineal, en términos absolutos, en el promedio a lo largo del tiempo.
- Por otro lado, la oscilación cíclica, para un retardo dado, determina el componente de estacionalidad.
- También se observan los valores picos aislados a lo largo de la serie fuera del rango estacional que son detectados como atípicos o extremos; y el componente estocástico aleatorio que representa una variación irregular, pero continua dentro de la serie y que debe tener alguna persistencia.

Para estudiar la tendencia y la ocurrencia de valores atípicos evidentes (improbables), se analizaron las series de $T_{máx}$ y $T_{mín}$ y oscilación térmica diaria (OTD) con relación a los años, y se aplicaron filtros lógicos en Excel, dependiendo de las condiciones particulares de cada estación. Por ejemplo, la OTD calculada como la diferencia de $T_{máx}$ menos $T_{mín}$ en el día, no puede arrojar valores negativos o iguales a cero.

Cálculo preliminar de los índices climáticos de temperatura:

Un conjunto de siete índices de temperatura fue seleccionado para este estudio y su descripción se muestra en el Cuadro 2. Vincent *et al.* (2005) utilizaron los índices para identificar valores de $T_{máx}$ y $T_{mín}$ extremas.

Los índices indicados en Cuadro 2 se basan en la máxima de las $T_{máx}$ y $T_{mín}$ (TXx y TNx), la

mínima de las T_{máx} y T_{mín} (TX_n y TN_n), y en el número de días en el año, donde la T_{mín} y T_{máx} son menores a 10 y 25 °C (FD10 y ID25, respectivamente) y la T_{máx} es mayor a 35 °C (SU35).

Construcción de los límites de control para la detección de valores atípicos

Para la construcción de los límites de control para la detección de valores atípicos (1), se utilizó la metodología de National Climatic Data Center (2002), que propone la incorporación de la media y desviación bponderadas (Lanzante, 1995), como se indica en la ecuación 1:

$$\bar{X}_{Bi} \pm 4s_{Bi} \quad (1)$$

Los estadísticos bponderados son promedios tales que la ponderación disminuye a medida que los datos se alejan del centro de la distribución (Feng *et al.*, 2004). En este caso tanto la media como la desviación se basan en estadísticos de orden como mediana (M) y MAD mediana de las desviaciones absolutas con respecto a M (MAD).

Un factor de ponderación $u_i = (X_i - M)/(c * MAD)$ es calculado para las n observaciones X_i y para

cualquier $|u_i| \geq 1$ se tiene que $u_i = 1$. La constante **c** representa un valor censor que controla la distancia, desde el centro de la distribución, en la que, la ponderación es equivalente a cero. En este caso se utilizó un $c=7,5$ por Lanzante (1995) y sugerido por National Climatic Data Center (2002). La media (\bar{X}_{Bi}) y la desviación bponderadas (s_{Bi}) se calculan como se indica en las ecuaciones 2 y 3, respectivamente.

$$\bar{X}_{Bi} = M + \left\{ \left[\frac{\sum (X_i - M)(1 - u_i^2)^2}{\sum (1 - u_i^2)^2} \right] \right\} \quad (2)$$

$$s_{Bi} = \left[\frac{n \sum (X_i - M)^2 (1 - u_i^2)^4}{\sum (1 - u_i^2)(1 - 5u_i^2)} \right]^{0.5} \quad (3)$$

Depuración de la base de datos

Esta fase consiste en la consolidación de una base de datos con la incorporación a la metadata de las observaciones y criterios de decisión debidamente justificados, para los valores eliminados (atípicos improbables) y dudosos (fuera de los límites robustos), según las metodologías utilizadas.

Para todos los análisis se utilizaron los paquetes estadísticos RCLimDex (1.0) y Excel ®.

Cuadro 2. Índices climáticos de temperatura.

ID	Nombre indicador	Elemento	Definición	Unidades
TXx	Máx. T _{máx} .	T _{máx} .	Valor mensual máximo de temperatura máxima diaria	°C
TNx	Máx. T _{mín} .	T _{mín} .	Valor mensual máximo de temperatura mínima diaria	°C
TXn	Mín. T _{máx} .	T _{máx} .	Valor mensual mínimo de temperatura máxima diaria	°C
TNn	Mín. T _{mín} .	T _{mín} .	Valor mensual mínimo de temperatura mínima diaria	°C
FD10*		T _{máx} .	Número de días en 1 año cuando la T _{mín} es <10 °C	Días
ID25*		T _{máx} .	Número de días en 1 año cuando la T _{máx} es <25 °C	Días
SU35*		T _{máx} .	Número de días en 1 año cuando la T _{máx} es <35 °C	Días

*Definidos para el presente estudio en casi todas las estaciones del INIA, exceptuando los climas de alta montaña (MARN, 2005), modificado de RCLimDex (1,0). Manual del usuario (Zhang y Yang, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de un protocolo de calidad para las observaciones diarias de temperatura es de vital importancia, como lo confirman Wulfmeyer y Henning-Müller (2005), para detectar cambios y tendencias en las variables climáticas. No es suficiente con partir de una serie temporal de largo registro, sino contar con un apropiado nivel de calidad de ese conjunto de datos.

Con respecto a la proporción de datos faltantes, en los gráficos por estación se presentan dos ejemplos de la información obtenida:

- Cuando se habla de años perdidos, se hace referencia a que el valor anual es el resultado de promediar los valores mensuales, es decir, que si falta al menos 1 mes de registro de temperatura, según los criterios establecidos, no debería calcularse el promedio anual para el año en particular. Sin embargo, el promedio anual puede o no tener utilidad, dependiendo del tipo de estudio, por lo que se reporta pero no se descartan los valores mensuales en la base de datos.
- La serie diaria de T_{máx} 1950-2005 de la estación INIA-CENIAP ubicada en Maracay, estado Aragua, tiene menos 10% de datos faltantes para todos los meses (Figura 2a) lo que permitió que al generar los valores

mensuales con la condición $df > 10$ se conservaran 48 o más años de registros de las series mensuales de 51 años (Figura 2b). Esto indica que los datos de temperatura de esta estación posee una calidad adecuada, en términos de observaciones registradas.

- La serie diaria de T_{máx} 1980-2003 de la Estación Quibor (estado Lara) tiene de 60 a 70% de datos faltantes (Figura 3a). Al generar los valores mensuales con la condición $df > 10$ se conservaron entre 5 y 6 años de registros de las series mensuales de 22 años (Figura 3b).

Se realizó el mismo procedimiento para cada una de las estaciones y en el Cuadro 3 se presentan las frecuencias de datos observados y faltantes para T_{máx} y T_{mín}.

Se aclara que el promedio global de datos faltantes en el Cuadro 3 (25,9 y 26,6), no debe considerarse como un promedio simple de los porcentajes de datos faltantes, puesto que cada estación tiene una cantidad distinta de observaciones. Para este caso se calcula un promedio ponderado que considera el peso relativo, en cuanto a cantidad de información, de cada estación. Este promedio global podría tratarse como un indicador de calidad de la red de estaciones climatológicas de la Institución.

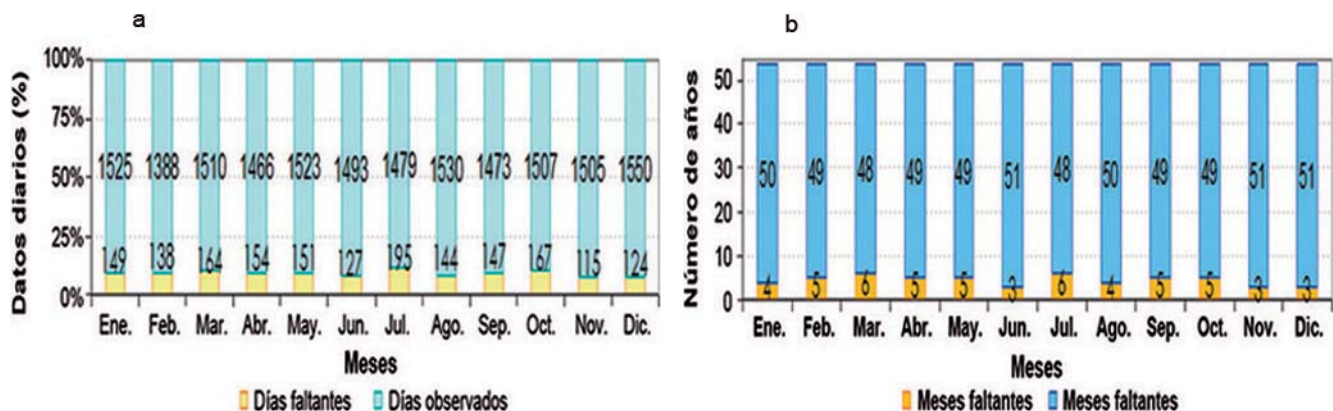


Figura 2. Número de valores faltantes y observados en temperatura máxima de la estación CENIAP-Maracay para el período 1950-2005. a. Observaciones diarias. b. Datos mensuales.

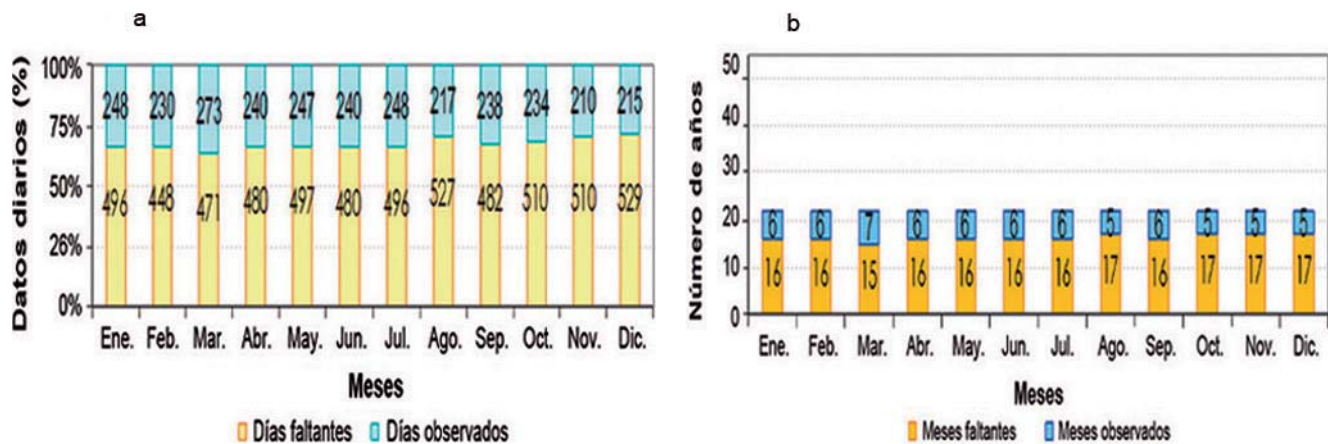


Figura 3. Número de valores faltantes y observados en temperatura máxima de la estación Quibor, estado Lara, para el período 1980-2003. a: Observaciones diarias. b: Datos mensuales.

El análisis de concentración y tendencia de las series temporales sirvió para la rápida detección del incremento o disminuciones en la media de la serie y los valores atípicos improbables. Tal es el caso de la serie 1951-2005 de la estación Turén, estado Portuguesa, donde se encontraron una $T_{máx}$ igual a $51,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{mín}$ menores a los $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ y OTD mayores a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y menores a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($T_{mín} > T_{máx}$) (Figuras 4 a y b). Casos similares, considerados como valores atípicos de procedimiento por su ocurrencia improbable, fueron reportados y eliminados de la base de datos.

En el Cuadro 4 se muestra la frecuencia de observaciones improbables, que son valores con $T_{máx} > V$, $T_{mín} < U$ y $OTD \leq 0$, en el que V y U son umbrales que dependen del comportamiento de la variable para la región, donde se encuentra la estación. Se observa que el porcentaje total de casos improbables, rara vez excede $0,1\%$ del total de observaciones de la serie.

Los valores fuera de rango podrían estar indicando errores humanos o problemas de calibración y mantenimiento de los equipos, por lo que si una estación en particular presenta un porcentaje elevado de casos improbables, deberían analizarse las posibles causas para realizar las correcciones pertinentes.

En el análisis de los índices climáticos se pudieron detectar casos como en la estación del

CENIAP-Maracay (Figuras 5 a y b) con valores muy elevados de FD10 (10 días en el año 1959 con $T_{mín}$ menor a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$) y de SU35 (183 días en el mismo año con $T_{máx}$ mayor a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$). Estos valores podrían ser el resultado de errores (mala calibración de los equipos o fallas en la lectura y en la transcripción) y estarse interpretando como eventos climáticos extremos de forma errónea, por lo que se recomienda en estos casos establecer procedimientos de control de calidad que sean realizados de forma periódica.

Se demostró que a través de la construcción de límites con media y desviación bponderadas robustas se pueden detectar series de datos dudosos por encima y por debajo del ciclo anual colectivo. La diferencia con otros métodos es que la ponderación asignada para cada observación depende de la distancia a la cual se encuentre de la mediana, es decir, que un valor extremo cuya distancia c sea $c \geq 7,5$ no tiene influencia sobre el cálculo de la desviación estándar (su ponderación es igual a cero).

Los límites permitieron detectar la causa del comportamiento atípico de los índices FD10 y SU35 en 1959 (Figuras 5 a y b) para la estación del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Ceniap-Maracay), al revelar como atípica a la serie de temperatura mayo-noviembre/1959 con $T_{máx} > \text{límite superior}$ y $T_{mín} < \text{límite inferior}$ (Figuras 6a y 6b).

Cuadro 3. Frecuencia y porcentaje de datos faltantes en las series de temperatura máxima y mínima para las estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Estación	Serie	Nº obs. de Tmáx en la serie	Nº obs. de Tmín en la serie	Nº obs. Tmáx faltantes	Nº obs. Tmín faltantes	Tmáx de % faltantes	Tmín de % faltantes
El Tigre**							
CENIAP-Maracay	1950-2005	18 603	19 296	1 851	1 158	9,0	5,7
Ocumare de la Costa	1964-2004	13 257	13 251	1 718	1 724	11,5	11,5
Ciudad Bolivia	1988-2003	2 998	3 035	2 846	2 809	48,7	48,1
Banco San Pedro	1958-2005	14 158	13 749	3 374	3 783	19,2	21,6
El Cují	1964-2003	9 309	9 182	5 301	5 428	36,3	37,2
Quíbor	1980-2003	2 839	2 842	5 927	5 924	67,6	67,6
Mucuchíes	1961-2003	11 166	11 762	4 540	3 944	28,9	25,1
Tapipa-Padrón	1977-2004	5 822	5 320	4 405	4 907	43,1	48,0
Araure	1994-2005	3 145	2 528	1 238	1 855	28,2	42,3
Colonia Turén	1951-2005	15 580	15 470	4 509	4 619	22,4	23,0
Bramón	1941-2003	19 130	19 456	3 881	3 555	16,9	15,4
Pueblo Hondo	1983-2003	4 535	4 549	3 135	3 121	40,9	40,7
Yarituagua	1950-2004	16 318	15 092	3 771	4 997	18,8	24,9
El Guayabo	1974-1996	5 286	5 129	3 115	3 272	37,1	38,9
Total		142 146	140 661	49 610	51 095	25,9	26,6

Fuente: Inventario de estaciones climatológicas del INIA Venezuela. Cálculos propios. **No se incluye a la Estación El Tigre, para el momento del estudio no se pudo disponer del dato diario, únicamente de los mensuales.

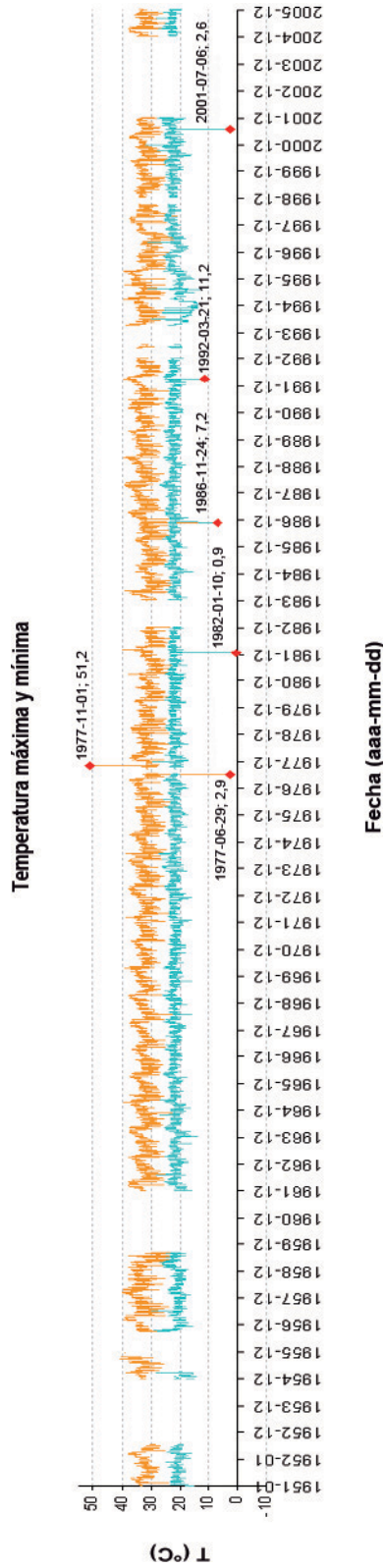


Figura 4a. Serie temporal de las Temperaturas máximas y mínimas para la estación Turén, estado Portuguesa, periodo 1951-2005.

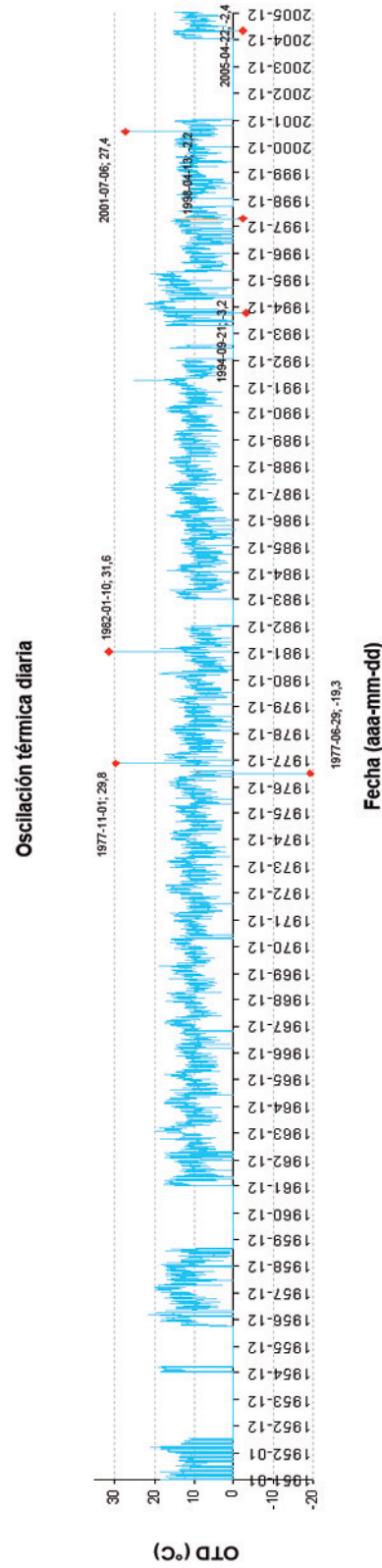


Figura 4b. Serie temporal de la oscilación térmica diaria (OTD) para la Estación Turén, estado Portuguesa, periodo 1951-2005.

Cuadro 4. Frecuencia y porcentaje de casos atípicos improbables para las estaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.

Estación	Serie	N° obs. Tmáx en la serie	N° obs. Tmín en la serie	máx>V*	Tmín<U*	OTD≤0 °C	Total de casos improbables	Proporción de casos (%)
El Tigre**								
CENIAP-Maracay	1950-2005	18 603	19 296	1	37	2	40	0,11
Ocumare de la Costa	1964-2004	13 257	13 251	0	32	3	35	0,13
Ciudad Bolívar	1988-2003	2 998	3 035	0	0	5	5	0,08
Banco de San Pedro	1958-2005	14 158	13 749	0	1	6	7	0,03
El Cují	1964-2003	9 309	9 182	0	1	0	1	0,01
Quibor	1980-2003	2 839	2 842	0	8	0	8	0,14
Mucuchíes	1961-2003	11 166	11 762	0	0	1	1	0,00
Tapipa-Padrón	1977-2004	5 822	5 320	0	0	2	2	0,02
Araure	1994-2005	3 145	2 528	0	0	6	6	0,11
Colonia Turén	1951-2005	15 580	15 470	1	3	6	10	0,03
Bramón	1941-2003	19 130	19 456	2	0	37	39	0,10
Pueblo Hondo	1983-2003	4 535	4 549	1	0	0	1	0,01
Yaritagua	1950-2004	16 318	15 092	0	0	1	1	0,00
El Guayabo	1974-1996	5 286	5 129	1	1	2	4	0,04
Total		142 146	140 661	6	83	71	160	0,06

*Se utilizó V=50 °C y U=10 °C para todas las estaciones, a excepción de Mucuchíes, estado Mérida (V=30 °C y U=-10 °C); Bramón y Pueblo Hondo, estado Táchira (V=40 °C y U=0 °C). **No se disponía de registros diarios para el momento del análisis.

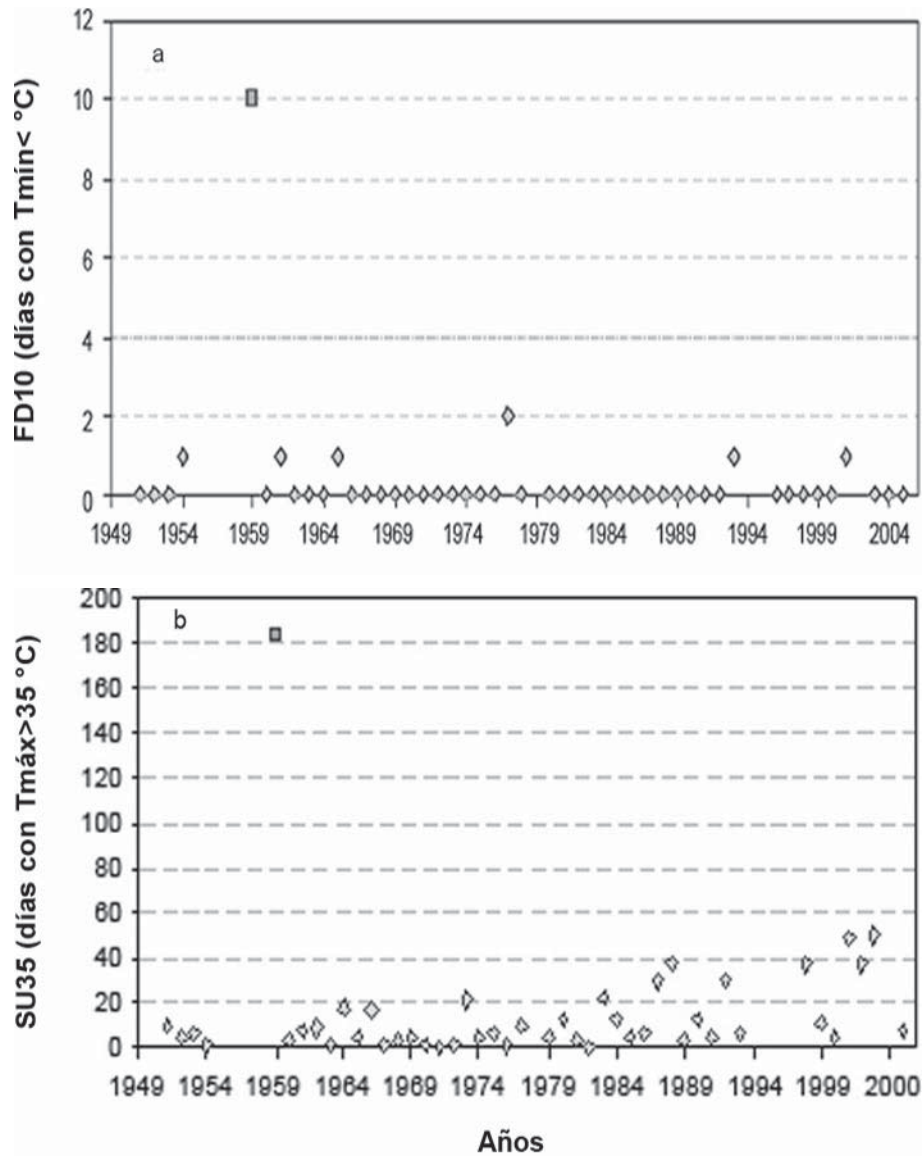


Figura 5. Comportamiento de dos índices climáticos para la estación del CENIAP-Maracay, estado Aragua, período 1950-2005. **a:** FD10 (frecuencia de días con $T_{\text{mín}} < 10 \text{ } ^\circ\text{C}$); **b:** SU35 (frecuencia de días con $T_{\text{máx}} > 35 \text{ } ^\circ\text{C}$).

En las Figuras 6 a y b, los colores representan: líneas sólidas = límites bponderados de detección de valores atípicos ($\text{media} \pm 4 \text{ desviaciones}$); puntos verde claro = valores de temperaturas dentro de los límites; rombos azules = valores de temperatura fuera de rango (reportados como dudosos); puntos verde oscuro = valores medios de temperatura diaria. La media y desviación se calcularon según Lanzante (1996).

En todas las estaciones se consiguieron valores atípicos fuera de los límites calculados ($4s_{Br}$) no excediendo en ningún caso 2,7% de las observaciones (Cuadro 5). Los valores determinados como atípicos con este análisis fueron reportados como dudosos en la base de datos depurada.

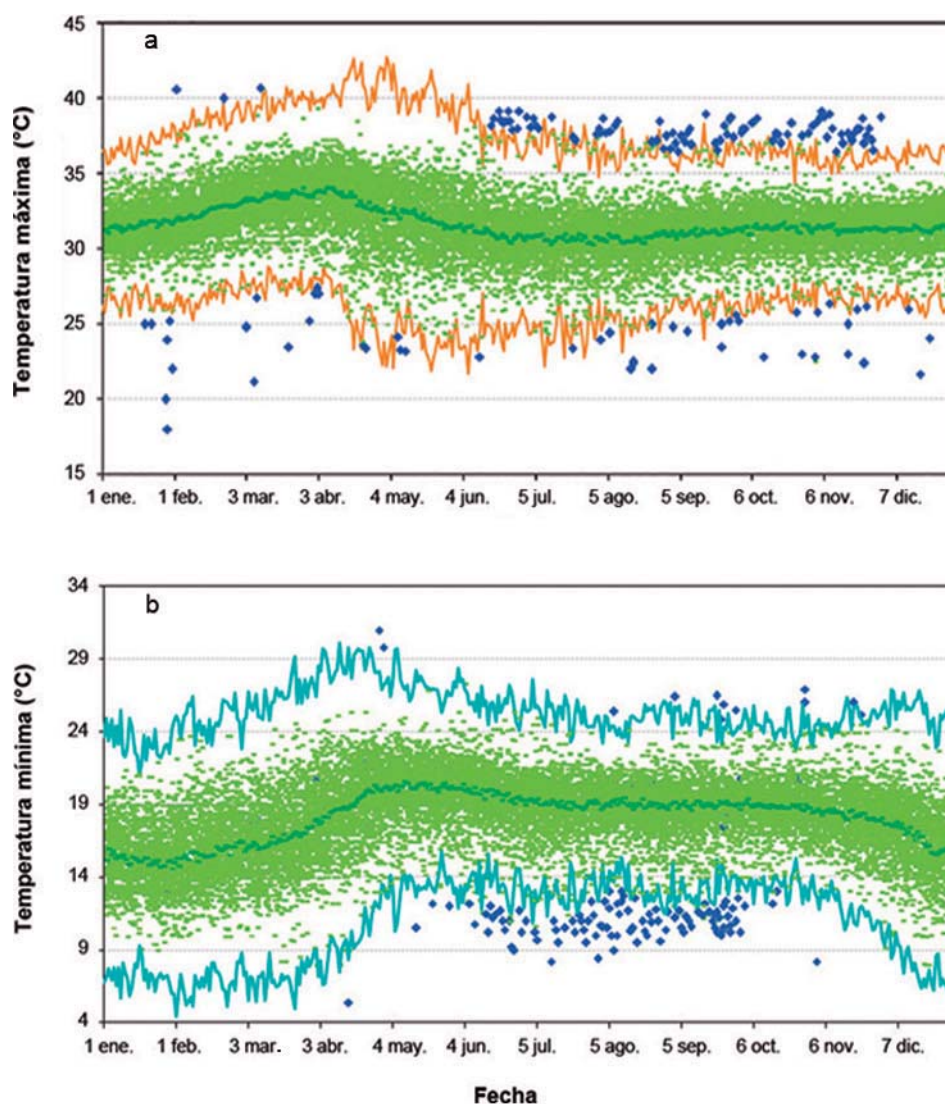


Figura 6. Temperatura máxima diaria (a); temperatura mínima diaria (b). Para la estación del CENIAP-Maracay, 1950-2005.

CONCLUSIONES

En este trabajo se aplicó un protocolo de control de calidad y análisis de las series de $T_{máx}$ y $T_{mín}$, para 15 de las estaciones del INIA, lográndose la identificación de patrones y tendencias, la eliminación de datos dudosos improbables, y el reporte de datos dudosos cuestionables con base estadística robusta (estadísticos bponderados), por lo que se considera como la metodología más ajustada para la variable analizada.

El procedimiento utilizado permitió depurar la base de datos a través de la eliminación de aquellos valores de ocurrencia improbable por medio de la utilización de filtros lógicos, de acuerdo a las condiciones de cada estación ($T_{máx} > 50\text{ °C}$ y $T_{máx} < T_{mín}$). El cálculo de los índices climáticos y estadísticos bponderados permitió el análisis más exhaustivo de esta base depurada, tal fue el caso de la estación CENIAP-Maracay, donde se encontraron valores muy elevados de FD10 (10 días en 1959 con $T_{mín} < 10\text{ °C}$) y de SU35 (183 días en 1959 con $T_{máx} > 35\text{ °C}$).

Cuadro 5. Frecuencia de casos atípicos fuera de los límites $4s_{Bi}$, para las temperaturas máxima y mínima ($T_{máx} - T_{mín}$).

Estación	Serie	T _{máx}			T _{mín}		
		Nº obs. en la serie	Nº atípicos	% atípicos ($4s_{Bi}$)	Nº obs. en la serie	Nº atípicos ($4s_{Bi}$)	% atípicos
El Tigre**							
CENIAP-Maracay	1950-2005	18 603	213	1,14	19 296	193	1,00
Ocumare de la Costa	1964-2004	13 257	44	0,33	13 251	35	0,26
Ciudad Bolívar	1988-2003	2 998	53	1,77	3 035	16	0,53
Banco San Pedro	1958-2005	14 158	132	0,93	13 749	352	2,56
El Cují	1964-2003	9 309	40	0,43	9 182	43	0,47
Quibor	1980-2003	2 839	76	2,68	2 842	39	1,37
Mucuchíes	1961-2003	11 166	13	0,12	11 762	22	0,19
Tapipa-Padrón	1977-2004	5 822	44	0,76	5 320	110	2,07
Araure	1994-2005	3 145	75	2,38	2 528	46	1,82
Colonia Turén	1951-2005	15 580	105	0,67	15 470	237	1,53
Bramón	1941-2003	19 130	37	0,19	19 456	179	0,92
Pueblo Hondo	1983-2003	4 535	28	0,62	4 549	17	0,37
Yarituagua	1950-2004	16 318	173	1,06	15 092	114	0,76
El Guayabo	1974-1996	5 286	54	1,02	5 129	53	1,03
Total		142 146	1 087	0,76	140 661	1 456	1,04

*Se utilizó $V=50$ °C y $U=10$ °C para todas las estaciones, a excepción de Mucuchíes ($V=30$ °C y $U=-10$ °C), Bramón y Pueblo Hondo ($V=40$ °C y $U=0$ °C).

**No posee registros diarios.

Estos resultados pudieron haber sido ocasionados por fallas mecánicas o humanas reflejadas en los datos y se corre el riesgo de que sean interpretados como eventos climáticos extremos de forma errónea, pero no deberían eliminarse de forma definitiva de la base de datos. La construcción de límites con media y desviación bponderadas robustas permitieron detectar series de datos dudosos, como el caso (en la estación antes mencionada) de la serie de temperatura mayo-noviembre/1959, con $T_{\text{máx}} > \text{límite superior}$ y $T_{\text{mín}} < \text{límite inferior}$. Los valores cuestionados fueron reportados en la base de datos depurada.

Por otro lado, debe tomarse en cuenta, al momento de realizar cualquier análisis o procedimiento estadístico con datos climáticos, que la longitud de la serie debe determinarse más por el número de observaciones que por el número de años de la misma. Esto demuestra que series de 10 años o más (lo que se considera adecuado para la variable temperatura) reportaron más 50% de datos faltantes.

Se concluye que el aseguramiento de la calidad de una red y las comparaciones periódicas resultan ser aspectos fundamentales que deben ser tomados en cuenta para minimizar la aparición de datos atípicos derivados de particularidades instrumentales. Es importante contar con una base de meta-datos que permita una rápida verificación de las condiciones bajo las cuales el dato meteorológico es generado. Muchas de las decisiones que se puedan tomar sobre cómo tratar o catalogar datos atípicos dependerán de qué tan completa y disponible se encuentre la meta-información.

Finalmente, la metodología propuesta es sencilla y tanto los métodos como sus resultados pueden ser aplicados a un gran rango de situaciones para cualquier variable meteorológica.

LITERATURA CITADA

- Edwards, D. 1998. Data Quality Control/ Quality Assurance" In: Data and Information Management in the Ecological Sciences: A Resource Guide (W.K. Michener, J.H. Porter, and S.G. Stafford, Eds.), University of New Mexico, Albuquerque. pp. 33-40.
- Feng, S., Q. Hu. and W. Qian. 2004. Quality control of daily meteorological data in China, 1951-2000: A new dataset. *Int. J. Climatol.* 24(1):853-870.
- Lanzante, J. 1996. Resistant, robust, and nonparametric techniques for the analysis of climate data. Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data. *Int. J. Climatol.* 16(3):1.197-1.226.
- Lobo, D., D. Gabriel, F. Ovalles, F. Santibañez, M.C. Moyano, R. Aguilera, R. Pizarro, C. Sanguesa y U. Nelson. 2005. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. CAZALAC, Chile. 59 p.
- Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2005. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. MARN, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Venezuela. 164 p.
- National Climatic Data Center. 2002. Data documentation for Data Set 9300 (DSI-9300) Global Historical Climatology Network – Daily v. 1.0. Ashville, USA. 17 p.
- Rodríguez, M. F., A. Cortez, J. C. Rey, M. C. Núñez, F. Ovalles y R. Parra. 2011. Integración espacial y aplicación de los datos agroecológicos del INIA al Norte del Orinoco de Venezuela. Proyecto financiado por el FONACIT S1-20022000417. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA.) 371 p.
- Shaw, E. 1988. *Hydrology in Practice*. 2a edición. Chapman & Hall, Londres-UK. 539 p.
- Vincent, L. A., T. C. Peterson, V. R. Barros, M. B. Marino, M. Rusticucci, G. Carrasco, E. Ramírez, L. M. Alves, T. Amvrizzi, M. A. Berlatto, A. M. Grimm, J. A. Marengo, L. Molion, D. F. Moncunill, E. Rebello, Y. M. T. Anunciação, J. Quintana, J. L. Santos, J. Báez, G. Coronel, J. García, I. Trebejo, M. Bidegain, M. R. Haylock and D. Karoly. 2005. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Journal of Climate.* 18(23):5.011-5.023.

Wulfmeyer, V. and I. Henning-Müller. 2005. The climate station of the University of Hohenheim: Analyses of air temperature and precipitation time series since 1878. *Int. J. Climatol.* 26(1):113-138.

Zhang, X. and F. Yang. 2004. RclimDex (1.0) Manual del usuario. Climate Research Branch Environment Canada. Downsview, Ontario (Canadá). 22 p.

NOTA TÉCNICA

Aspectos reproductivos y daños causados por una comunidad de roedores en arroz bajo siembra directa en el sistema de riego río Guárico

Reproductive aspects and rodent community damages on direct grown rice in the Guarico river irrigation system

José G. Parra¹, Andrés A. García¹, Carmen J. Poleo² y Lilian M. Fuentes³

¹Investigadores. Instituto Nacional de Tierras (INTI). ²Investigadora. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

³Profesora. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto 3001. Estado Lara.

Correos electrónicos: jparra@inia.gob.ve, senlaceguarico@gmail.com, jpoleo@inia.gob.ve, lfuentes@ucla.edu.ve

RESUMEN

Los aspectos reproductivos y daños por roedores fueron evaluados en arroz cultivado bajo siembra directa en el sistema de riego del río Guárico (SRRG) durante la estación seca 2009-2010. Se utilizaron 100 complementos de trampas cebadas con *Cucurbita maxima* y colocadas a 10 m durante dos noches consecutivas. Los especímenes capturados fueron pesados, identificando la especie y el sexo. Luego se registró el número de embriones en hembras preñadas y la posición de los testículos en los machos. La evaluación de los daños se hizo en una parcela de 1,4 ha, en las que se seleccionaron 10 muestras usando una madera cuadrícula de 0,5 x 0,5 m, contando el número de plantas sanas o dañadas. Fueron capturados 162 ejemplares: *Zygodontomys brevicauda* (n = 102), *Sigmodon alstoni* (n = 27), *Oligoryzomys* sp. (N = 25) y *Holochilus sciureus* (n = 8). El resultado de las capturas son 105 machos y 57 hembras, con una proporción de sexos 1,8 ♂: 1♀, que no se diferencia de proporción 1:1 (P = 0,05). De todas las hembras capturadas, 34% (n = 17) estaban gestando y 84,7% machos (n = 89) mostraron testículos escrotales. La mayor tasa de captura (18%) se observó 40 días después de la siembra (DDS). El nivel de daño varió según la etapa del cultivo (P = 0,0004) siendo mayor a 76 DDS, cuando se encontraron poblaciones de *H. sciureus*. Se requieren más estudios para determinar el efecto del sistema de siembra directa en la comunidad de roedores y su impacto económico.

Palabras clave: arroz, *Zygodontomys brevicauda*, *Sigmodon alstoni*, *Oligoryzomys* sp., *Holochilus sciureus*, siembra directa.

ABSTRACT

Reproductive aspects and rodent community damages were evaluated on a direct sowing rice plot cultivated in the Guarico river in the irrigation system during dry season 2009-2010. One hundred baited traps supplemented with *Cucurbita maxima* were used and placed at 10 m for two consecutive nights. Captured specimens were weighed, identifying the species and sex. The number of embryos in pregnant females and the position of testes in males were recorded. Damage assessment was determined on a 1.4 ha plot, 10 samples were selected using a square timber 0.5 x 0.5 m, and the number of healthy and damaged plants were counted. One hundred and sixty two specimens were captured: *Zygodontomys brevicauda* (n=102), *Sigmodon alstoni* (n=27), *Oligoryzomys* sp. (n=25) and *Holochilus sciureus* (n=8). Catches results were: 105 males and 57 females, with a sex ratio 1.8 ♂: ♀ 1, which is not different from 1: 1 (P = 0.05). Thirty four percent females (n=17) was pregnant and 84.7% males (n=89) showed scrotal testes. The highest capture rate (18%) was observed 40 days after sowing (DAS). The level of damage varied by crop stage (P = 0.0004) was greater at 76 DDS, when populations of *H. sciureus* were found. Further studies are required to determine the effect of direct sowing system on rodent community and its economic impact.

Key words: rice, *Zygodontomys brevicauda*, *Sigmodon alstoni*, *Oligoryzomys* sp., *Holochilus sciureus*, direct sowing.

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los cultivos de mayor importancia a nivel mundial por ser alimento básico en aproximadamente 40 países y cerca de 2.000 millones de personas. Además, por el número de sujetos sociales que económicamente dependen de su cultivo, procesamiento y mercadeo (Grist, 1982; INIA, 2004). En el año 2009 la producción mundial de arroz se estimó en 680 millones de toneladas, ese mismo año, en América Latina y el Caribe se produjeron unos 27,4 millones toneladas. Los principales productores fueron: Brasil, Perú, Colombia, Ecuador, Uruguay, Argentina y Venezuela.

En Venezuela el arroz ostenta el segundo lugar en superficie cultivada, 90% de su siembra se encuentra distribuida en los estados Portuguesa y Guárico, el restante 10% en los estados Cojedes, Barinas y Zulia (INIA, 2004). En el año 2009 la superficie total de arroz sembrada comprendía unas 213.000 ha, con una producción de 1.000 t de arroz paddy húmedo y un rendimiento medio de 4,70 t ha⁻¹ (Kassen, 2009). Por la disminución de las precipitaciones durante el año 2009, los embalses de las Majaguas (Portuguesa) y del río Guárico (Guárico) no captaron suficiente volumen de agua, y por tal razón, durante el ciclo de sequía 2009-2010 se dejaron de sembrar al menos 35.000 ha, lo cual influyó negativamente en la producción de arroz para el año 2010 (Kassen, 2009). Aunado a esto, la producción de arroz puede verse comprometida por las prácticas de manejo poco amigables con el ambiente que actualmente se utilizan, y por el ataque de plagas y enfermedades.

En el estado Guárico, el arroz es sembrado en las áreas de influencia del sistema de riego río Guárico (SRRG) y en sectores adyacentes. A partir de 1965 se produjo un cambio radical en el sistema de producción con la adopción del modelo de preparación de tierra bajo condiciones de suelo inundado (batido) o fangueo, que condujo al establecimiento del sistema actual de ciclos consecutivos de siembras (Páez, 2004). Actualmente se propone la adopción y masificación de la modalidad siembra directa de arroz, con la finalidad de no perturbar la estructura del suelo y disminuir su deterioro.

La siembra directa representa una alternativa tecnológica que contribuiría con el desarrollo de una agricultura sustentable en términos de conservación de suelos, disminución de cantidad de agua para riego, manejo de insumos y reducción de costos de producción, en las regiones en donde las características edafoclimáticas así lo permitan (ANAR, 2009).

Con relación a las plagas en el país, la producción de arroz se ve seriamente afectada por la acción de varias especies de vertebrados, entre los que se incluyen los roedores. En el cultivo, la abundancia y disponibilidad de recursos originó que muchas especies de roedores silvestres que originalmente ocupaban el área de siembra, se adaptaran a las nuevas condiciones y llegaran a ser consideradas plaga por los daños y pérdidas causadas (Rodríguez, 1993; Agüero y Poleo, 2004).

La comunidad de pequeños mamíferos asociadas al arroz en el SRRG está constituida por cuatro especies de roedores: *Holochilus sciureus*, *Zygodontomys brevicauda*, *Sigmodon alstoni* y *Oligoryzomys* sp., siendo la de mayor importancia económica *H. sciureus* o rata arrocera, observando altas incidencias de esos roedores en los años: 1971, 1977, 1981, 1987, 1994, 2001, 2002, 2004; 2005-2006 como lo señalan Aguilera (1985); Poleo y Mendoza (2004); Fuentes y Poleo (2005); González (2008).

Debido a la importancia que representan los ataques de roedores en el arroz del SRRG, en este trabajo se estimó la abundancia relativa, los aspectos reproductivos y los daños ocasionados por una comunidad de roedores en un sistema de siembra directa de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La evaluación fue realizada en la parcela comercial de arroz N° 199, bajo la modalidad de siembra directa. La misma se ubicada dentro del SRRG (08° 45' N, 67° 32' O), en la carretera nacional Calabozo – San Fernando de Apure, a

29,65 km de la ciudad. Ewel *et al.* (1976), sitúan al SRRG en la zona de vida bosque seco tropical, mientras que, Sarmiento y Monasterio (García, 2002) lo clasifican como sabana seca, que se extiende desde el piedemonte de la cordillera de la costa hasta el valle del río Orinoco. El clima es megatérmico, con temperatura, precipitación y humedad relativa media anual 27,5 °C, 1.328 mm y 74,5%, respectivamente. Existen dos períodos o temporadas climáticas bien definidas: lluviosa que va de mayo a octubre y seca de diciembre a marzo. Mientras que abril y noviembre son considerados meses de transición entre ambos períodos (Lugo, 2005).

Los suelos son de textura pesada a muy pesada con predominio de arcilla y de baja fertilidad (Páez, 2004), el relieve es plano con una altitud de 73 m s. n. m. (Lugo, 2005).

Diseño del Muestreo

Para las evaluaciones de la comunidad de roedores y de daños, se realizó un muestreo aleatorio simple (Rodríguez, 2006) quincenal, desde 6 hasta 118 DDS, para un total de ocho muestreos.

Para estimar la abundancia relativa, se emplearon 100 trampas de golpe (marca Víctor®), cebadas con auyama (*Cucurbita maxima*) y colocadas con una separación de 10 m entre trampa en las lomas, orillas de canales y prestamos adyacentes a la siembra. Las trampas se activaron a las 17 h y revisadas a las 7 h del día siguiente, durante 2 días consecutivos.

Manejo de los animales capturados

Los ejemplares capturados se transportaron al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), estado Guárico, donde se identificó especie y sexo. También fueron pesados con un dinamómetro (Pesola®) de 2 g de precisión. En las hembras se realizó disección para detectar preñez y los números de embriones.

Estimación de la abundancia relativa de roedores

Para estimar la abundancia relativa de la comunidad de roedores, en cada muestreo

se calculó el éxito de captura (Ojasti, 2000) mediante la fórmula:

$$\acute{E}c = N/Nt * Nd * 100$$

donde;

Éc= Éxito de captura

N= Número de roedores (de todas las especies) capturadas

Nt= Número de trampas colocadas

Nd= Número de días que fueron colocadas las trampas

Evaluación de daños

La evaluación fue realizada en un lote de arroz de 1,14 ha, dentro de la cual se seleccionaron 10 muestras aleatorias, utilizando una madera cuadrada de 0,5 x 0,5 m. En cada muestra se contaron las plantas sanas y dañadas por roedores. La variable estimada fue el porcentaje de daños (% daño), medida como el número de plantas dañadas (NPD) dividido entre el número total de plantas examinadas (NTPE) multiplicado por 100 (Rodríguez, 1993; Hone, 2007).

$$\% \text{ da\~{n}o} = (NPD/NTPE) \times 100$$

Análisis estadísticos

El análisis de la proporción de sexos se realizó mediante la prueba de chi cuadrado. Mientras que para detectar diferencias entre los daños y la edad del cultivo (DDS), se realizó un análisis de la varianza de Kruskal-Wallis, utilizando el programa Statistix V 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Especies de roedores y actividad reproductiva

Durante los muestreos se capturaron 162 individuos, la especie *Z. brevicauda* fue la más capturada, mientras que el menor número correspondió a *H. sciureus* (Cuadro 1). Las cuatro especies capturadas en siembra directa de arroz, son las mismas que se registraron en siembra tradicional en el estado Portuguesa (Agüero, 1980; Cartaya, 1983; Rodríguez *et al.*, 2007) y Guárico (Poleo y Agüero, 2000; Poleo y

Mendoza, 2001; García, 2002). En Barinas, se capturaron ejemplares de *Oryzomys* sp. junto a las ya mencionadas (Agüero *et al.*, 2001).

La presencia e identificación de cuatro especies de roedores indica la existencia de una comunidad multiespecífica en arroz. La coexistencia de varias especies se señalan en otros cultivos, como el maíz en Argentina (Cartaya, 1983), indica seis especies de Cricétidos y tres Múridos. En el mismo tipo de cultivo, pero en la zona nororiental de Guárico Poleo *et al.* (2008) señalaron la captura de tres especies: *S. alstoni*, *Z. brevicauda* y *Oecomys* sp. Mientras que en arroz bajo riego en Costa Rica, Lezama (1996) observó la presencia de dos especies de roedores, *Sigmodon hispidus* y *Liomys salvini* asociados a este cultivo.

Durante esta evaluación *Z. brevicauda* fue la especie con mayor número individuos capturados, coincidiendo con las evaluaciones realizadas por Poleo y Mendoza (2001), para el mismo cultivo en Guárico. Sin embargo, difieren de los resultados obtenidos por Candellet (1984), Aguilera (1985), García (2002), Poleo y Mendoza (2004), González (2008) en Guárico y Cartaya (1983) y Rodríguez *et al.* 2007 en Portuguesa, quienes indican una presencia más significativa *H. sciureus*.

La mayor abundancia de las especies *Z. brevicauda* seguida por *S. alstoni* en esta evaluación, podría explicarse porque las trampas estuvieron colocadas en las lomas, orillas de canales y préstamos adyacentes al cultivo y en los cuales se consiguen estas especies que demostraron preferencia por hábitat no inundados (Agüero y Poleo, 2004). También, el largo período de sequía durante el año 2009, pudo favorecer la presencia de dichas especies.

Proporción sexual

Del total de animales capturados 64,81 y 35,19% resultaron machos y hembras, respectivamente (Cuadro 1). Aún cuando la proporción de sexo obtenida, favoreció a la clase de los machos, esta no difirió significativamente de la proporción 1:1 ($\chi^2=0,00076$, $P=0,05$).

El tipo, tamaño y ubicación de las trampas pueden influenciar en la captura de determinado grupo sexual ocasionando un sesgo, debido a que machos y hembras difieren en su comportamiento y pueden ser más susceptibles a la captura (McManus y Nellis, 1972; Agüero 1978). Sin embargo, resultados similares se han conseguido en los roedores asociados al arroz (Agüero, 1978; Cartaya, 1983; García, 2002; Poleo y Mendoza, 2004; Poleo *et al.*, 2007, 2010).

Cuadro 1. Especies de roedores, proporción sexual, porcentaje de hembras preñadas, media de embriones y porcentaje de machos con testículos escrotados y abdominales capturados durante el período diciembre 2009 - abril 2010.

Especie	Sexo		Proporción ♂/♀	N° ♀ Pr (%)	X Embr.	♂TE (%)	♂TA (%)
	♂	♀					
<i>Zygodontomys brevicauda</i>	59	43	1,37 : 1	14 (32,50)	4,35 ± 1,5	48 (81,35)	11 (18,65)
<i>Sigmodon alstoni</i>	21	6	3,50 : 1	2 (33,33)	5,00	19 (90,47)	2 (9,53)
<i>Oligoryzomys</i> sp.	19	6	3,16 : 1	3 (50,00)	6,00	17 (89,47)	2 (10,53)
<i>Holochilus sciureus</i>	6	2	3,00 : 1	0 (0,00)	0,00	5 (83,33)	1 (16,67)
Total	105	57		19 (33,33)		89 (84,76)	16 (14,14)

Pr: preñadas; Embr: embriones; TE: testículos escrotados; TA: testículos abdominales.

La relación 3:1 es un indicador de que la población podría aumentar en los próximos ciclos de siembra porque maximiza la probabilidad de fecundación, y esto, conjuntamente con el corto período de gestación y reproducción durante todo el año, aseguran el éxito reproductivo de estas especies.

Actividad reproductiva

Los resultados referidos a la actividad reproductiva se muestran en el Cuadro 1. Para las hembras 33,33% (n=19) estaban preñadas. El análisis de la actividad reproductiva de la clase sexual hembras se dirigió a la especie *Z. brevicauda*, debido a que de 43 hembras, 14 resultaron preñadas (32,50%) con una media de embriones de $4,35 \pm 1,5$.

De esta manera, el porcentaje de preñez y media de embriones obtenidos en esta investigación, fueron más bajos que los reportados por Poleo *et al.* (2007) en un estudio realizado en siembras de arroz del SRRG, ya que en el mismo se obtuvo un porcentaje de preñez 53,8% y un promedio de $6,44 \pm 2,35$ embriones. En siembras comerciales de arroz en el estado Portuguesa, se registraron 50% preñez y ocho embriones en promedio, respectivamente (Rodríguez *et al.*, 2007). Contrariamente, en ecosistemas naturales de

Zulia y Mérida la media de embriones fue 3,44 (Durant *et al.*, 1996).

La condición reproductiva de los ejemplares machos por especie se señala en el Cuadro 1. De los 105 ejemplares machos capturados 84,76% (n=89) presentaron testículos escrotal, mientras que 14,14% (n=16) tenían testículos abdominal. En todas las especies se observó altos porcentajes con testículos escrotales, lo que indica que estaban en su madurez sexual y apta para reproducción.

Abundancia Relativa de la comunidad de roedores

El mayor éxito de captura fue a los 40 DDS (18%), de los cuales 14% lo indicó la especie *Z. brevicauda*. El menor éxito de captura se registró a 55 DDS (1,5%) proporcionado en partes iguales por las especies *Z. brevicauda* (0,5%) *S. alstoni* (0,5%) y *Olygorizomys* spp. (0,5%). Se observó a *H. sciureus* 76, 90 y 118 DDS, con un éxito de captura 0,5, 1,0 y 2,00%, respectivamente (Cuadro 2). Aunque en este trabajo no se evaluó el área de acción de los roedores capturados, es probable que los ejemplares capturados a 6 DDS fueran transeúntes provenientes de otros lotes, porque el arroz a esa edad no tiene suficiente cobertura de alimentación y refugio para mantener una población residente.

Cuadro 2. Éxito de captura por especie a diferentes edades del cultivo durante el período diciembre 2009 - abril 2010.

Muestreo	DDS	Especies				ÉC Total (%)
		Zb	Sa	Hs	OI	
1	6	10,50	-	-	-	10,50
2	27	-	-	-	-	0
3	40	14,00	4,00	-	-	18
4	55	0,50	0,50	-	0,5	1,5
5	76	7,5	4	0,5	2,5	14,50
6	90	10,00	3,00	1,00	0,50	14,50
7	104	6,50	1,50	-	2,00	10,00
8	118	2,5	0,50	2,00	7,00	12,00

DDS: días después de la siembra; ÉC: éxito de captura; Zb: *Z. brevicauda*; Sa: *S. alstoni*; Hs: *H. sciureus*; OI: *Oligoryzomys* sp.

En general, en cada muestreo los éxitos de capturas estuvieron por encima 10%, correspondiendo los mayores éxitos a *Z. brevicauda* y *S. alstoni*, las cuales hasta ahora no se registraron como causantes de daños de importancia sobre el cultivo. Sin embargo, se deberían aplicar medidas de control, considerando el potencial reproductivo que tienen estos pequeños mamíferos.

Daño ocasionado por roedores

Los mayores daños causados por las especies de roedores se observaron a los 73 DDS, aunque son similares a los registrados en 48 días; se detectaron diferencias significativas ($P= 0,0004$) en función de la edad del cultivo (Cuadro 3).

Es importante destacar que el mayor porcentaje de daño fue 73 DDS, coincidió con la aparición de *H. sciureus* en las capturas (Cuadro 2), aún cuando el éxito de captura para esa edad fue 0,5%, evaluado en los alrededores del cultivo y no dentro, en el que se midieron los daños. Esta especie tiene ventaja frente a otros roedores asociadas al arroz, que muestran preferencias por hábitats no inundados (Cartaya, 1983; García, 2002).

Cuadro 3. Comparación de medias para el porcentaje de daño en función de los días después de la siembra, durante el período diciembre/2009 - abril/2010.

DDS	n	Rango de medias
73	10	43,600 a
48	10	38,900 ab
81	10	34,650 ab
91	10	27,850 ab
32	10	19,000 b
60	10	19,000 b

DDS: días después de la siembra.

Medias con la misma letra no difieren significativamente en las pruebas de comparaciones por Kruskal-Wallis $P > 0,05$.

El hábitat natural de *H. sciureus* está constituido por zonas húmedas e inundables y posee membranas interdigitales en las patas traseras que le brindan posibilidades de movimiento en ambientes inundados como el arroz (Aguilera, 1985; Cartaya, 1983; Candellet, 1984; Agüero y Poleo, 2004).

También, hay que señalar que el manejo agronómico aplicado en la siembra directa incluye una reducción considerable en la cantidad de agua para riego, lo cual unido al manejo estricto debido a su escasez por la sequía imperante durante el ciclo 2009 - 2010 disminuyeron la oferta de agua y humedad en la siembra y sus alrededores. Probablemente esto incidió en la baja población de *H. sciureus*, por consiguiente, en el daño sobre el cultivo.

En todo caso, habría que considerar si estos bajos porcentajes de daños fueron producto de la reciente implementación del sistema de siembra directa en la baja población de rata arrocera observada en el SRRG o la poca disponibilidad de aéreas húmedas y pantanosas, hábitats del género *Holochilus* sp.

Los resultados obtenidos representan un primer aporte en la evaluación de la comunidad roedores plaga en la siembra directa de arroz bajo riego. Basados en los resultados obtenidos y las características atípicas del ciclo de siembra norte-verano 2009-2010, en el que no hubo riego del sistema y se sembraron pocas hectáreas de arroz, se recomienda repetir esta investigación, en condiciones normales de siembra en el SRRG durante el ciclo de sequía.

CONCLUSIONES

Las especies de roedores capturadas fueron: *Z. brevicauda*, *S. alstoni*, *Oligoryzomys* sp. y *H. sciureus*, siendo la primera especie la más abundante.

El mayor éxito de captura se observó a 40 DDS con 18%, de los cuales 14% fue aportado por *Z. brevicauda*.

Las mayores capturas correspondieron a ejemplares machos en todas las especies. La

proporción sexual general de todas las especies y muestreos durante el ensayo fue de 1,84 ♂: 1♀ que no difirió significativamente de la relación 1:1.

El mayor porcentaje de daño (43,6%) se observó a 73 DDS, aunque es estadísticamente similar a lo observado a 48 DDS.

LITERATURA CITADA

- Agüero, D. 1978. Análisis reproductivo de una población de *Holochilus brasiliensis* (Rodentia, Cricetidae) en cultivo de arroz del estado Portuguesa. *Agronomía Trop.* 28(2):101-116.
- Agüero, D. 1980. Muestreos Poblacionales de ratas en cultivos de arroz del distrito Turén, estado Portuguesa. VIII Cong. Lat. Zool. Resúmenes. 15 p.
- Agüero, D. y C. Poleo. 2004. Los vertebrados plaga. **In:** El cultivo del arroz en Venezuela. Maracay, estado Aragua pp. 153-172. (Series manuales de Cultivo INIA N° 1).
- Agüero, D., C. Poleo y J. Crespo. 2001. Muestreos Poblacionales de ratas en siembras de arroz situadas en el área del sistema de riego río Boconó. **In:** Resúmenes de IV Jornadas Técnico Divulgativas, Guárico - Apure 2001. Calabozo. 26 p.
- Aguilera, M. 1985. Especies Plagas. **In:** El estudio de los mamíferos en Venezuela: Evaluación y Perspectivas. ASOVEM. Fondo Editorial Acta Cient. Venezuela. Caracas. pp.147-153.
- ANAR (Asociación Nicaragüense de Arroceros). 2009. Integrando la siembra directa en el manejo agronómico del arroz. Boletín informativo. 3.
- Candellet, F. 1984. Estudio del tamaño poblacional y establecimiento de los criterios de edad de roedores plagas de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado Portuguesa. Trabajo especial de grado, Universidad Simón Bolívar, Caracas 94 p.
- Cartaya, F. 1983. Estudio de la comunidad de roedores plagas asociados a un cultivo de arroz (*Oryza sativa*) a lo largo de su ciclo de vida en el estado Portuguesa. Trabajo de Grado Lcdo. en Biología. Universidad Simón Bolívar. Caracas. 86 p.
- Durant, P., A. Díaz y A. de Pascual. 1996. Informaciones ecológicas en dos poblaciones de *Zygodontomys microtinus* (Rodentia: Cricetidae). Ubicadas en la cuenca baja de los ríos Escalante (estado Zulia) y Chama (estado Mérida). *Zootecnia Trop.* 1(1):21-32.
- Ewel, J., A. Madriz y J. Tosi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Edición MAC-FONAIAP. Caracas. 265 p.
- Fuentes, L. y C. Poleo. 2005. Características bioecológicas de las principales especies de roedores Cricetidos de Venezuela. *Revista digital CENIAP Hoy.* Número 8. Disponible en línea: <http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/index.htm>.
- García, S. 2002. Estudio de la comunidad de roedores asociada al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) en el estado Guárico. Trabajo de Grado. Universidad Simón Bolívar. Caracas. 90 p.
- Grist, D. 1982. Arroz: Historia y origen del arroz. Compañía Editorial Continental S.A México. pp. 29-36.
- González, N. 2008. Estrategias para el manejo integrado de roedores plagas del cultivo de arroz en el sistema de riego río Guárico. Tesis de Maestría. Universidad Rómulo Gallegos. Núcleo Calabozo. Guárico. 40 p.
- Hone, J. 2007. Analysis of vertebrate pest control. Cambridge University Press. New York, United States of America. 254 p.
- INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas). 2004. El cultivo del arroz en Venezuela. Comp. Orlando Páez. Maracay. 202 p. (Serie Manuales de Cultivo INIA N° 1).

- Kassen, F. 2009. El arroz en Venezuela. Ponencia en 1er Foro Arroceros Venezuela 2009. Disponible en línea: www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/29605//ponencia_fuaz_kassen
- Lezama, M. 1996. Roedores del cultivo de arroz con riego: abundancia, microhábitat, movimientos interparcelas y uso de perchas artificiales por aves rapaces como elemento de control biológico. Tesis de Grado de Maestría. Universidad Nacional. Costa Rica. 75 p.
- Lugo, L. 2005. Características edafoclimáticas del sistema de riego río Guárico. En la producción de arroz bajo riego. Modulo 7 del 2do Curso Básico de Agrometeorología Operativa. INIA- Guárico.
- McManus, J. and D. Nellis. 1972. Relative efficiencies of four small mammal traps. *J. Mammal.* 53(4):868-873.
- Ojasti, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. Editor: Francisco Dallmeier. SIMAB Series N° 5. Smithsonian Institution/ MAB Program, Washington. D.C.
- Páez, O. 2004. Zonas y sistemas de producción en Venezuela. **In:** El cultivo del arroz en Venezuela. Comp. Orlando Páez; Maracay, estado Aragua. pp. 23-28. (Serie manuales de Cultivo INIA N° 1).
- Poleo, C. y D. Agüero. 2000. Efecto depredador de la lechuza de campanario (*T. alba*) sobre poblaciones de ratas causantes de daños en el cultivo de arroz. *Rev. Dig. Invest. Agríc.* 5:1-10.
- Poleo, C., J. Garbi, L. Vivas y L. Rodríguez. 2007. Aspectos reproductivos de una muestra de ratón marrón (*Zygodontomys brevicauda*) capturada en siembras de arroz del estado Guárico. **In:** Resúmenes del VII Congreso Venezolano de Ecología. Ciudad Guayana. 466 p.
- Poleo, C. y R. Mendoza. 2001. Determinación de picos poblacionales e índices reproductivos de especies de ratas que causan daños en el cultivo de arroz en el Sistema de Riego Río Guárico. **In:** Memorias IV Jornadas Técnicas Divulgativas Guárico Apure 2001. Editorial INIA, Gerencia de Negociación Tecnológica, Maracay. Venezuela. 25 p.
- Poleo, C. y R. Mendoza. 2004. Actividad reproductiva de la rata arroceras (*Holochilus sciureus*) *Revista Investigación Agrícola.* Fundación DANAC. 8:2. Disponible en línea: URL://www.redpav-fpolar.info.ve/danac/volumen8/art3/index.html.
- Poleo, C., L. Fuentes y L. Vivas. 2010. Caracterización reproductiva de una población de *Zygodontomys brevicauda* capturada en siembras de arroz del estado Guárico, Venezuela. *Rev. Agronomía Trop.* 60(1):43-48.
- Poleo, C., G. Pignone y R. Mendoza. 2008. Características de las especies de roedores que afectan los cultivos de maíz y arroz en el estado Guárico. *Rev. INIA Divulga* N° 11. pp. 8-10.
- Rodríguez, J. A. 1993. Roedores plaga: Un problema permanente en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 130 p.
- Rodríguez, M. 2006. Propuesta de un modelo de muestreo estratificado doble apoyado en el contraste de los modelos de diseño de experimentos clásicos y de muestreo aleatorio simple y estratificado aleatorio. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. 254 p.
- Rodríguez, L. C. Poleo, Z. Orozco y J. Briceño. 2007. Evaluación de la dinámica poblacional de los roedores plagas del arroz en los municipios Páez, Esteller, San Rafael de Onoto, Ospino y Araure del estado Portuguesa entre los meses abril a diciembre de 2006. **In:** Resúmenes de XII Jornadas de Investigación del Decanato de Agronomía de la UCLA.

NOTA TÉCNICA

Orden *Zingiberales*: las musáceas y su relación con plantas afines

Order *Zingiberales*: the musaceae and its relationship to related plants

Gustavo Martínez¹, Rafael Pargas² y Edwuard Manzanilla²

¹Investigador y ²Técnico Asociado a la Investigación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP). Maracay 2105. Estado Aragua. Venezuela. Correo electrónico: gmartinez@inia.gob.ve

RESUMEN

Las musáceas incluyen las especies alimenticias que comúnmente denominamos plátanos y bananos, catalogadas en muchas ocasiones como hierbas gigantes. Existe una controversia respecto a su clasificación taxonómica por diversos criterios encontrados entre los taxónomos, destacando: 1) el hecho que algunas familias, dentro del orden *Zingiberales*, pueden estar estrechamente relacionadas, conllevando a una disminución en su número; 2) en la familia Musaceae se evidencia la existencia de tres géneros (*Musa*, *Ensete* y *Musella*) y por lo general, *Musella* es considerado dentro del género *Ensete*; 3) en el género *Musa*, ante la existencia de una alta variación entre las especies que lo integran, se crearon secciones que agrupan con mucha similitud, pudiendo encontrar especies como *Musa beccarii*, *M. nonticola* y *M. suratii*, que no han sido ubicadas en alguna sección.

Palabras clave: *Musa* spp., clasificación taxonómica, clasificación filogenética.

ABSTRACT

Musaceae include food species commonly called plantains and bananas which are often classified as giant herbs. There is controversy regarding its taxonomic classification due to the existence of various opposing views among taxonomists, including: 1) the fact that some families within the order *Zingiberales* may be closely related leading to a decrease in the number of those families, 2) there is evidence of the existence of three genres within the Musaceae family (*Musa*, *Ensete* and *Musella*), usually *Musella* is considered within the genus *Ensete* and 3) in the presence of high variation among species that comprise the genus *Musa*, sections were created comprising species with many similarities, leaving out species such as *Musa beccarii*, *Musa nonticola* and *Musa suratii*, although have not yet been placed in any section.

Key words: *Musa* spp., taxonomic classification, phylogenetic classification, giant herbs.

INTRODUCCIÓN

Las musáceas incluyen plátanos y bananos que se consumen a diario, pudiendo existir otros grupos de plantas, que por su ubicación taxonómica se encuentran muy relacionados con ellas, tales como: jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), cúrcuma (*Curcuma domestica* Valetón (1918), sin. *Curcuma longa* L.), ambas de la familia *Zingiberaceae*; ave de paraíso (*Strelitzia reginae*), familia *Strelitziaceae*; algunas especies de la familia *Heliconiaceae* y dentro del mismo género, especies como *Musa coccinea* (sección *Callimusa*); *M. textilis* (abacá o cañamo de Manila) de la sección *Australimusa*, entre otras, con marcada importancia a nivel mundial (Sharrock, 1998).

Por su naturaleza, las musáceas son catalogadas como hierbas de gran tamaño (Sharrock, 1998), pudiéndose generar una matriz de discusión. Se ubican en la división Angiospermae, clase Monocotyledoneae, junto con otras especies, tales como: arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum aestivum*), maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), palma aceitera (*Elaeis guineensis*), coco (*Cocos nucifera*; Sharronck, 1998: The Angiosperm Phylogeny Group, 2003).

El orden *Zingiberales* está constituido por ocho familias, según The Angiosperm Phylogeny Group (2003); Kress *et al.*, (2001), sin embargo, los últimos autores señalan que pueden ser asociados en dos grupos morfológicos: grupo banana (familias *Heliconiaceae*, *Lowiaceae*, *Strelitziaceae* y *Musaceae*) y grupo ginger (familias *Maranthaceae*, *Cannaceae*, *Zingiberaceae*, *Costaceae*).

De acuerdo a sus atributos, el orden *Zingiberales* es reconocido como un grupo monofilético por existir estrecha relación entre las diferentes familias que lo integran (Ciciarelli *et al.*, 2010). En algunos casos, se considera que las familias separadas, pueden estar emparentadas o estrechamente relacionadas entre sí; reduciendo el número de las mismas al agruparlas en una sola (Rogers, 1984; Sharrock, 1998; Stevens, 2001; Wood *et al.*, 2000).

No obstante, Kress *et al.*, 2001 proponen que la relación entre las familias está poco soportada o no se ha podido resolver. Al respecto,

se considera este punto como la primera divergencia entre los taxónomos.

Con base a los primeros criterios, las familias *Cannaceae*, *Costaceae*, *Marantaceae* y *Zingiberaceae*, formarían un clado o rama filogenética única, establecido en la reducción del androceo a un solo estambre funcional, y los estaminodios grandes y llamativos, entre otros caracteres (Ciciarelli *et al.*, 2010).

Por su parte, Wood *et al.* (2000) señalan que la monofilia de la familia *Zingiberaceae* ha sido sostenida por análisis moleculares de ADN y morfología; por lo que la familia está cercanamente emparentada con la familia *Costaceae*, que muchas veces es incluida dentro de las *Zingiberaceae* como una subfamilia (Kress *et al.*, 2002; Rogers, 1984; Wood *et al.*, 2000), pero con un número de caracteres distintos, como: ausencia de aceites aromáticos, bifurcación de tallos aéreos y filotaxis espiralada (Kress *et al.*, 2002). De igual forma, la familia *Heliconiaceae* es considerada dentro de la familia de las *Strelitziaceae* (Sharrock, 1998).

Este trabajo tiene como objetivo señalar algunas consideraciones sobre las plantas afines a las musáceas y su clasificación taxonómica, partiendo del orden *Zingiberales*, basado en la versión más actualizada de la clasificación filogenética de las angiospermas (The Angiosperm Phylogeny Group, 2003), y en una revisión bibliográfica, a fin de contribuir a esclarecer dudas al respecto.

Familia *Lowiaceae*

Está conformada por el género *Orchidantha* con 16 especies (Pederse y Johansen, 2004). Sakai e Inoue (1999) indican que es la única familia dentro del orden *Zingiberales* en el que no se estudia la polinización. Especies como *Orchidantha fimbriata* y *O. axillarioides* son cultivadas como plantas ornamentales (Leong-Skornicková, 2011).

Familia *Cannaceae*

Se le considera como una familia monotípica, siendo *Canna* el único género que la integra, conocidas como "achiras" y en Venezuela como

"Capacho". Prince (2010) señala la existencia de análisis fitogenéticos, respaldando la hipótesis de que este género tiene su centro de origen en América del Sur, desde donde se dispersó a América del Norte y América Central (Agudelo *et al.*, 2009).

El número de especies que presenta, se reduce de acuerdo a las modificaciones que experimenta su taxonomía (Agudelo *et al.*, 2009). De acuerdo a Ciciarelli (2007) se considera la existencia de 19 taxones silvestres, mientras que en otras citas, que reconocen solamente 10 especies para América.

Las flores llamativas e intensamente coloreadas que presentan muchas de sus especies, le confieren alto valor ornamental, por cuanto lleva a estos cultivos a la producción de variedades hortícolas, y de numerosos híbridos con gran valor comercial (Ciciarelli, 2007). En la actualidad, son introducidas en Europa, Micronesia, Melanesia, Polinesia y el sur de China (Ciciarelli *et al.*, 2010).

Entre las diferentes especies se destaca *Canna edulis*, por ser uno de los cultivos andinos que presenta una composición por cada 100 g de tejido fresco de 1,73 g de proteínas; 0,17 g de grasa; 7,91 g de carbohidratos; y un aporte de energía de 34 kcal, calcio 36,35 mg; fósforo 53,17 mg; hierro 0,77 mg; magnesio 38,47 mg; potasio 677,4 mg; vitamina C 5,56 mg; azúcares totales 0,91 g; fibra cruda 1,69 g, entre 70 a 80% de almidón, considerándose este último compatible y comparable con el almidón industrial (Freyre *et al.*, 2000; Yun *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2011), de fácil digestibilidad, superior a otras fuentes de almidón, y sirven para elaborar diferentes platos para niños, enfermos y ancianos (Agudelo, 2009; Yun *et al.*, 2004).

Familia Marantaceae

Compuesta por 31 géneros y 530 especies; se considera el género *Calathea* como el de mayor número de especies (Suárez, 2010). La importancia económica del género *Calathea*, está referida a la obtención de almidón de los rizomas de plantas de *Maranta arundinacea* (FAO, 2011). Además, las plantas de *Calathea* sp. y *Maranta* sp. son cultivadas en muchos

países por el valor ornamental que le confiere sus hojas decorativas.

Familia Zingiberaceae (hierbas y especias)

Constituida por 50 géneros y 1.000 especies, su importancia económica está referida a la existencia de muchas especies de interés culinario y medicinal, que incluye a:

Jengibre (*Zingiber officinale*): planta rizomátoza, conocida desde tiempos ancestrales en Asia Tropical (Sharrock, 1998), introducida en Europa desde el siglo I después de Cristo. Es extensamente usada en medicinas locales en India y lejano Oriente, y en muchos países orientales se utilizan en la alta cocina (Sharrock, 1998).

Cardamom (*Elettaria cardamomum*): sus frutas secas son utilizadas como especias y en medicina. Las semillas tienen un aroma agradable y son extensamente utilizadas para curry, en la elaboración de tortas, pan, entre otras aplicaciones. Originaria de la India (Sharrock, 1998).

Cúrcuma (*Curcuma domestica*): es una planta estéril que no produce fruta, por cuanto, se cree que pudo haber surgido de la selección continua a través de la propagación por el ser humano. Es una especia importante como componente indispensable del polvo curry, se presume que su origen es el sureste Asiático (Sharrock, 1998).

Otra especie de interés por su alto valor ornamental, está representada por *Zingiber spectabilis*, que puede ser utilizada en el diseño de jardines.

Familia Costaceae

Integrada por siete géneros (*Costus*, *Dimerocostus*, *Monocostus*, *Chamaecostus*, *Cheilocostus*, *Paracostus*, *Tapeinochilos*); el ejemplar más representativo del género *Costus*, es *Costus spectabilis*, emblema floral de Nigeria (Smithsonian Institution, 2012; Nigeria World, 2012); además, posee cualidades medicinales. Esta especie es ampliamente utilizada para el tratamiento de la diabetes mellitus en Puerto Rico, su rizoma contiene apreciables cantidades

de glicósidos de espirostanol (saponinas esferoidales), que producen diosgenina con actividad estrogénica.

El extracto de los rizomas utilizados en ratas que poseían diabetes inducida, estimuló significativamente la captación de 2-desoxi-³H-glucosa (DG), siendo mayor en la medida que aumentó la dosis del extracto, disminuyendo la glucosa sanguínea, considerándose este efecto, similar al producido por la insulina (Guzmán y Guerrero, 2002).

Pérez *et al.*, 2010 indican que la especie *C. pictus* tiene gran importancia en Cuba, debido que tradicionalmente se emplea para el tratamiento de afecciones urinarias, como infecciones, litiasis y cólicos renales, igualmente, señalan que su acción diurética depende de la dosis usada, observando en experimentos con ratas blancas, donde los tratamientos fueron: 1) aplicación de 40 ml de sólidos totales/kg, a partir de una decocción del *C. pictus* (dosis de 200, 400 y 800 mg sólidos totales/kg); 2) aplicación de furosemida de 20 mg/kg (control positivo); 3) aplicación de NaCl al 0,9% (control negativo).

Adicionalmente, demuestran que la excreción significativa de iones sodio y potasio con relación a el control negativo hace pensar que el comportamiento del efecto diurético es semejante a la furosemida, a pesar de que no se logra superar su efecto en ninguno de los períodos de aplicación evaluados (Pérez *et al.*, 2010).

Familia *Strelitziaceae* (ornamentales)

Constituida por tres géneros (*Ravenala*, *Strelitzia* y *Phenakospermum*) que se encuentran distribuidos en países tropicales (Smithsonian Institution, 2012). El género *Strelitzia* está integrado por cinco especies, considerándose la de mayor importancia *Strelitzia reginae* (ave del paraíso), seguidas por *S. nicolai* (ave del paraíso gigante), y *S. alba* (ave del paraíso de flores blancas). Estas flores son muy empleadas para arreglos florales, aportando elegancia y toque exótico al conjunto, y agregando alto valor en los ornatos.

El género *Ravenala*, está representado por la especie *Ravenala madagascariensis* o palma del viajero, originaria de Madagascar, con uso marcado e importante en el ornato (Smithsonian Institution, 2012).

El género *Phenakospermum* es considerado el de menor interés, ampliamente distribuido en el bajo Amazonas (zona norte tropical), zona central y sur de América (este de Los Andes). Se considera que este género está estrechamente relacionado con *Strelitzia* de Sudáfrica, y aún cuando presenta rasgos comunes con el género *Ravenala* relacionados con la disposición de las hojas, es de poco uso ornamental (Smithsonian Institution, 2012).

Familia *Heliconiaceae*

Está compuesta por 225 especies y solo 180 son descritas. Constituyen un grupo de flores tropicales nativas de América Tropical. La mayoría de las especies se encuentran en ambientes húmedos y lluviosos, pero algunas se hallan en zonas secas (Alarcón, 2007). Se estima que las heliconias son más abundantes en elevaciones inferiores a los 500 m s. n. m., pero hay una mayor diversidad de especies entre los 500 a 1.400 m s.n.m., y son muy pocas las especies que crecen por encima de los 2.000 m s. n. m. (Alarcón, 2007; Smithsonian Institution, 2012).

Asimismo, presentan amplias posibilidades en floristería, calidades insuperables y durabilidad sobresaliente que hacen de ellas renglones de amplias perspectivas en la producción de flor de corte, o bien, utilizadas para el ornato de parques y jardines; además de poseer características agronómicas importantes, como alta resistencia a variaciones climáticas del trópico, al ataque de plagas y enfermedades, amplia rusticidad, fácil propagación y condiciones de floración de carácter permanente, que permiten el máximo aprovechamiento de las tierras de este cultivo y las áreas marginales existentes (Jerez, 2007).

En la actualidad, la demanda de plantas ornamentales se incrementa notablemente y su cultivo se convierte en un factor de importancia en la economía agrícola de muchos países (Jerez, 2007).

Familia *Musaceae*

Sharrock (1997) y Karamura (1999), indican que esta familia se encuentra conformada por los géneros *Musa* y *Ensete*. Sin embargo, Valmayor y Danh, 2002, señalan la existencia de un tercer género que genera controversia, y en muchas ocasiones, se considera dentro del género *Ensete*. Por lo tanto, esta situación se considera como la segunda divergencia entre los taxónomos.

Esta controversia se inició cuando la especie *M. lasiocarpa* fue descrita originalmente dentro del género *Musa* indicado por Franchet (1889), señalado por Valmayor y Danh (2002).

Posteriormente, Valmayor y Danh, 2002 indican que Cheesman en 1947 la reclasificó como *E. lasiocarpum*, debido a la base ligeramente abultada de su pseudotallo y brácteas florales persistentes; pero en 1962 Simmonds revirtió su clasificación de vuelta a *Musa*, argumentando que siendo rizomatosa y policarpa, la especie en cuestión no pertenece por derecho al género *Ensete*.

Seguidamente, revelan que en el 1978 CY Wu planteó que la especie que dio origen a esta controversia, debería ser ubicada en un género diferente a los antes mencionados, por lo que creó el género *Musella*, por consiguiente, esta especie pasó a ser *Musella lasiocarpa*, aunque algunos taxónomos la continúan incluyendo en el género *Musa*.

Género *Musella*: hasta el inicio del siglo XXI, *M. lasiocarpa* representaba la única especie asignada a este género, es nativa de la provincia de Yunnan al sur de China, ubicada entre 1.500 a 2.500 m s. n. m., indicándose en la actualidad la posibilidad de su extinción en el hábitat natural, pues, solo puede ser encontrada como una planta ornamental en las casas. El pseudotallo sirve como forraje en la alimentación animal, y las flores tienen valor medicinal (Valmayor y Danh Le, 2002).

Valmayor y Danh (2002) describen una nueva especie en Vietnam, y la clasifican como *M. splendida*, que se distingue de *M. lasiocarpa*, principalmente en la altura de la planta (1 a 1,2 m en comparación

con *M. lasiocarpa*, con altura menor de 0,6 m), relación largo ancho de las hojas (mayor a 3 en *M. splendida*, mientras que en *M. lasiocarpa* es menor de 3), estructura de su inflorescencia (el brote de la inflorescencia de *M. splendida* tiene forma oval, el ápice es abierto a medida que las largas puntas agudas de las brácteas individuales se separan precozmente antes de doblarse en la base, mientras que *M. lasiocarpa* produce un brote de la inflorescencia deltoideo con brácteas marcadamente imbricadas unidas apretadamente, características de las flores (*M. splendida* con flores basales hermafroditas, mientras que *M. lasiocarpa* son femeninas) y las frutas (*M. splendida* no presenta semillas y son partenocárpicas, mientras que *M. lasiocarpa* presenta semillas viables).

No obstante, Constatine (2004) señala que es muy prematuro indicar la existencia de una nueva especie de *Musella* de Vietnam, cuando las poblaciones de este género en China, Laos, Myanmar y Vietnam, no han sido adecuadamente caracterizadas, considerándose que las evidencias demostradas por Valmayor y Danh Le (2002) son pocos convincentes.

Género *Ensete*: este género fue descrito por primera vez en 1862, creándose una sola especie, *E. edule*. Sin embargo, se conoció públicamente cuando Cheesman (1947) lo redescubrió. Comprende siete especies de origen africano y algunas asiáticas, de apariencia platanera, cultivadas como plantas ornamentales en regiones tropicales y subtropicales (Frison y Sharrock, 1998; Valmayor y Danh, 2002).

Destacando además, que la especie *E. ventricosum*, puede servir como fuente energética para los humanos a través del suministro de almidón, al consumir la pulpa del pseudotallo o bulbos cocinados, frescos o fermentados para preparar "kocho", un alimento importante para millones de personas en la región de Etiopía y en otras regiones de África (Frison y Sharrock, 1998; Valmayor y Danh, 2002).

También puede ser utilizada en la alimentación animal, y como fuente de fibras para hacer alfombras, sacos, bolsas y cordeles. Otros usos, son referidos a las hojas frescas como envoltorios para comidas, los pecíolos secos

y nevaduras centrales son quemados como combustible (Frison y Sharrock, 1998; Sharrock, 1997).

Género *Musa*: especies típicas de la familia de las musáceas de confusa taxonomía, donde se encuentran híbridos productos del cruce entre los parentales *M. acuminata* y *M. balbisiana*, y de la generación de mutaciones, bajo el nombre común de banano. Por la existencia de una alta variación entre las especies que la integran, fue necesaria la creación de secciones que agrupan aquellas con mucha similitud; por lo tanto, esto representa el tercer punto de divergencia entre los taxónomos.

La primera clasificación subgenérica de *Musa* (entre 1887 y 1893), se inició con tres subgéneros: *Physocaulis*, *Eumusa* y *Rhodochlamys*. Posteriormente, Cheesman (1947) sugirió que las especies de bananas se encuentran dentro de cuatro secciones; reconociendo el subgénero *Physocaulis*, como un género distinto llamado *Ensete* (con un número cromosómico básico (n=9). Redefinió dentro de *Musa*, a los subgéneros *Eumusa* y *Rhodochlamys* como secciones separadas y adicionalmente, describió las secciones *Callimusa* y *Australimusa* (Wong et al., 2002).

La separación de las especies en cuatro secciones, se basó en el número de cromosomas y características morfológicas (Wong et al., 2001). Las especies de las secciones *Eumusa* y *Rhodochlamys*, presentan algunas características similares con el mismo número de cromosomas (n=11), mientras que *Callimusa* y *Australimusa* tienen 10 cromosomas (Häkkinen y Sharrock, 2002; Danniells et al., 2001).

Wong et al., 2002 afirman que subsecuentemente, varios autores, posterior a los hallazgos de Simmonds (1960), puntualizaron sobre tres especies: *M. beccarii*, *M. lasiocarpa* y *M. ingens*, que no corresponden a las descritas en las secciones anteriores. A partir de ese momento, se colocó a *M. lasiocarpa* en el género monotípico *Musella*, mientras que dentro del género *Musa*, se creó una nueva sección llamada *Ingentimusa*, para ubicar a *M. ingens* con 14 cromosomas (Wong et al., 2002). No obstante, Wong et al., 2001 afirman que en las especies *M. beccarii*,

M. nonticola y *M. suratii*, no se determinó su ubicación entre las secciones antes citadas.

Todavía quedan muchas relaciones por explorar y describir entre especies de banano y plátano silvestres, hasta el momento se trata de ubicar en las cinco secciones antes señaladas, los nuevos especímenes, basado en el número de cromosomas y en su morfología (Wong et al., 2003). Sin embargo, algunas de las especies descritas recientemente no corresponden con las secciones señaladas anteriormente (Argent, 2000), lo que crea duda sobre la validez taxonómica (Wong et al., 2003).

Cabe destacar, que las secciones *Callimusa*, *Rhodochlamys* e *Ingentimusa*, solo presentan interés ornamental, mientras que *Eumusa* y *Australimusa* están conformadas por especies de interés económico y alimentario.

Sección *Callimusa*: se considera a *M. coccinea* como la especie más emblemática de esta sección, puede alcanzar 2 m de altura, con pseudotallo delgado, hojas estrechas de color verde intenso, la inflorescencia está compuesta por brácteas de color rojo brillante llamada por muchos como la flor antorcha. Tiene un período poscosecha o después del corte de hasta 35 días (Flower of India, 2012; Gardening Central, 2012; Zipcodezoo, 2012).

Sección *Australimusa*: conformada por siete especies, cinco de ellas tienen su origen en la faja Indonesia, Papua, Nueva Guinea (*M. peekelii*, *M. angustigemma*, *M. boman*, *M. lolodensis*, *M. maclayi*), mientras que las dos restantes *M. textiles* y *M. jackeyi*, son originarias de Filipinas y Australia, respectivamente (Sharrock, 2001).

La de mayor importancia es *M. textiles*, abacá o cañamo de manila, es una planta herbácea de gran porte y su altura puede ser de 6 m, crece en lugares cálidos y muy lluviosos. Es muy parecida al plátano, pero se diferencia en que sus frutos no son comestibles y en tener un follaje más erguido y angosto. Su fibra le confiere especial valor económico por su utilidad para la industria textil, es resistente a la humedad y agua salada, extensamente usada en la fabricación de cuerdas marítimas y en la industria de pesca.

Adicionalmente, se utiliza en la elaboración de papeles de alta calidad y especialidades tales como bolsas para té, sacos de papel, e incluso papel moneda en Japón (Sharrock, 1997).

Además de las especies antes señaladas, existe un grupo de plantas de tipo partenocarpicas, conocidas como bananos comestibles Fe'i, encontrados principalmente en las islas del océano Pacífico, que se distinguen por tener los racimos erguidos y frutos, al igual que la savia de color rojo, violeta a rosado, asimismo las brácteas de su inflorescencia son verde brillante (Danniells *et al.*, 2001; Sharrock, 2001).

Sección *Ingentimusa*: *M. ingens* es la única especie descubierta en esta sección, encontrada en tierras altas entre 1.000 a 2.100 m s. n. m., en Papúa, Nueva Guinea, su fructificación está restringida entre 1.000 a 1.600 m s. n. m. Presenta una altura superior a los 15 m y una circunferencia del pseudotallo por encima de 2,5 m, con frutos no comestibles por la gran cantidad de semillas que muestran. Se considera como la hierba más grande del mundo (Sharrock y Daniells, 1993).

Sección *Rhodochlamys*: las especies correspondientes a esta sección se caracterizan por presentar inflorescencias erguidas y frutas, al menos en la base del pedúnculo que emergen hacia el ápice del racimo (Häkkinen y Sharrock, 2002). Dentro de esta sección, la hibridación e introgresión hacen que los productos sean más atractivos, con potencial de uso ornamentales, que ganan campo ante el creciente interés por las plantas exóticas en los mercados de Europa y EE.UU., al presentar brácteas intensamente coloreadas y muy llamativas (Häkkinen y Sharrock, 2002).

Entre la sección *Rhodochlamys* se encuentran: *M. ornata*, *M. velutina*, *M. laterita*, *M. sanguinea* y *M. maní*, como las más conocidas, existiendo otras menos importantes como *M. aurantiaca*, *M. rosacea*, *M. rosea* y *M. rubra* (Häkkinen y Sharrock, 2002).

Sección *Eumusa*: es la que posee mayor difusión geográfica, incluye *M. acuminata* y *M. balbisiana*, considerados en la actualidad como los ejes centrales de los bananos y plátanos de consumo,

originados a través de cruces interespecíficos, así como de mutaciones. Se clasifican en cultivares *Acuminata* (clones provenientes de *M. acuminata*) y cultivares híbridos (provenientes del cruce entre *M. acuminata* x *M. balbisiana*) según la clave propuesta por Simmonds (Soto, 1992).

Se distinguen a su vez tres grupos con genoma *Acuminata* (AA, AAA, AAAA) y cuatro grupos en los híbridos (AAB, AB, ABB, ABBB), los cuales se designan por letras que indican su ploidía y su composición genómica (A para los caracteres aportados por *M. acuminata* y B para los caracteres aportados por *M. balbisiana*).

Los triploides AAA actualmente son los más utilizados para la producción comercial de banano, se generaron a partir de los diploides AA por el proceso genético denominado "restitución cromosomática durante la meiosis" y poseen una serie de características deseables, originando frutos partenocárpicos (ausencia de semillas por ser estériles) según indican Ortiz *et al.* (1999).

Son plantas más vigorosas y productivas que los diploides, aunque por su condición de esterilidad su propagación se realiza de forma asexual (vegetativamente). Adicionalmente, se puede indicar que los bananos son producidos para consumo local y exportación por poseer características dulces, en contraste con los triploides AAB, en el que se ubican los plátanos más conocidos como el 'Hartón Típico'; y el ABB, donde se agrupan los topochos (Bluggoe). Tanto el grupo AAB y ABB, generalmente con un mayor contenido de almidón, por lo que requieren de cocción (Ortiz *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

Se evidencia la existencia de estrechas relaciones entre las familias que conforman el orden *Zingiberales*, por lo que muchos autores solo reconocen las familias *Cannaceae*, *Lowiaceae*, *Marantaceae*, *Musaceae*, *Strelitziaceae*, *Zingiberaceae*, por cuanto las familias restantes, *Costaceae* y *Heliconiaceae* son contempladas dentro de las familias *Zingiberaceae* y *Strelitziaceae*.

Indudablemente que los aspectos relacionados con la taxonomía de las musáceas causan la definición de criterios encontrados entre los taxónomos, esto se evidencia en la circunscripción de la familia, a nivel del orden *Zingiberales*, y posteriormente en la circunscripción de las secciones dentro del género *Musa*. En la actualidad, dicho género se encuentra constituido por las secciones *Eumusa* (n=11), *Rhodochlamys* (n=11), *Australimusa* (n=10), *Callimusa* (n=10) e *Ingentimusa* (n=7); considerándose la de mayor interés *Eumusa*.

El mercado de plantas ornamentales tropicales mostró un crecimiento importante, y la búsqueda por novedades es constante. Actualmente, hay pocas variedades de bananos ornamentales disponibles para comercialización y en su mayoría constituyen el uso directo de especies de las secciones *Rhodochlamys* (*M. ornata* y *M. velutina*) y *Callimusa* (*M. coccinea*), tal como lo señala Dos Santos (2010).

La generación de nuevas variedades de banano ornamental para diferentes usos, constituye una alternativa para satisfacer esta demanda.

LITERATURA CITADA

- Agudelo, I., J. Montenegro, A. Gurni, J. Schimpf, N. Vignale y G. Bassols. 2009. Análisis micrográfico rizomas *Canna coccinea* Mill. (*Cannaceae*). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 8(4):312-316.
- Alarcón, J. 2007. Enfermedades en la producción de Heliconias en los Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. Caldas, Colombia. Agron. 15(1):45-61.
- Argent, G. 2000. Two interesting wild M L species (*Musaceae*) from Sabah, Malaysia. Gardens' Bulletin Singapore. 52:203-210.
- Cheesman, E. E. 1947 Classification of the bananas. II. The genus *Musa* L. Kew Bulletin. 2:106-117
- Ciciarelli, M., L. Passarelli y C. Rolleri. 2010. Morfología del polen en especies de *Canna* (*Cannaceae*) y su implicancia sistemática. Revista de Biología Tropical v.58 n.1. Disponible en línea: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477442010000100005&script=sci_arttext
- Ciciarelli, M. 2007. *Canna ascendens* (*Cannaceae*), una nueva especie de la provincia de Buenos Aires y comentarios sobre otras especies argentinas de este género. Darwiniana. 45(2):188-200.
- Constantine, D. 2004. Taxonomical debate: new specie *Musella*. INFOMUSA. 13(1):42-44
- Daniells, J., C. Jenny, D. Karamura et K. Tomekpe. 2001. Musalogue: A catalogue of *Musa* germplasm. Diversity in the genus *Musa* (E. Arnaud and S. Sharrock, compil.). International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP). Montpellier (France). 207 p.
- Dos Santos-Serejo, J., F. Duarte y E. Amorim. 2010. Banano ornamental: diversificación del uso de germoplasma para atender a nuevos mercados. Boletín Informativo Oficial de la Red de Investigación y Desarrollo de Banano y Plátano para América Latina y el Caribe (MUSALAC). 1(2):2.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. E15 *Maranta arundinacea* L. Sistema de información de recursos. Disponible en línea: <http://www.fao.org/ag/AGA/AGAP/FRG/afris/es/Data/536.HTM>.
- Flowers of India. 2012. Scarlet Banana (on line). Consultado junio 2012. Disponible en línea: <http://www.flowersofindia.net/catalog/slides/Scarlet%20Banana.html>
- Freyre, M., C. Baigorria, V. Rozycki, C. Bernardi y M. Charpentier. 2000. Vegetales silvestres sub explotados del Chaco Argentino y su potencial como recurso alimenticio. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 50(49):394-399. Disponible en línea: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000400012&Ing=en&nrm=iso&ignore=.html

- Frison, E. and S. Sharrock. 1998. The economic, social and nutritional importance of banana in the world. In Bananas and food security. Bananas and Food Security. Les productions bananières: un enjeu économique majeur pour la sécurité alimentaire. International Symposium. Session 1. Douala, Cameroon. Ed. By Picq C, Foure E, Frison E. INIBAP. CRBP. CIRAD. CTA. CF. FAO. pp. 21-35.
- Gardening Central. *Musa coccinea*: Some Interesting Facts about *Musa Coccinea*. Consultado junio 2012. Disponible en línea: http://www.gardeningcentral.org/musa_coccinea/musa_coccinea.html
- Guzmán, A. y R. Guerrero. 2002. Efecto hipoglucemiante *Costus speciosus* en ratas. *Vitae*. Revista de la Facultad de Química Farmacéutica. Colombia. 9(1):51-57.
- Häkkinen, M. and S. Sharrock. 2002. Diversity in the genus *Musa* - Focus on *Rhodochlamys*. INIBAP. Annual Report 2001. INIBAP Networking Banana and Plantain: Montpellier (France). pp.16-23.
- Jerez, E. 2007. El cultivo de las heliconias. Cultivos Tropicales. Instituto Nacional Ciencias Agrícolas (INCA). La Habana, Cuba. Redalyc. Sistema de Información Científica. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal 28(1):29-35. Disponible en línea: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=193215858005>
- Karamura D. 1999. Numerical taxonomic studies of the east African highland bananas (*Musa* AAA-East Africa) in Uganda. International Network for the Improvement of Banana and Plantain (INIBAP). (Claudine Picq, Emile Frison) France. 192 p.
- Kress, W., Prince, I., Hahn, W., Zimmer and E. 2001. Unraveling the Evolutionary Radiation of the Families of the Zingiberales Using Morphological and Molecular Evidence. *Syst. Biol.* 50(6):926-944.
- Kress, W., J., Prince, L., Hahn, M., Zimmer and E. 2002. The phylogeny and a new classification of the gingers (*Zingiberaceae*): evidence from molecular data. *Amer. J. Bot.* (89):1.682-1.696.
- Leong-Skornicková, J. 2011. *Lowiaceae*: adorable stinkadores. *Gardenwise*. The Magazine of the Singapore Botanic Gardens. January. Editores. Leong Chee Chiew, Mark Hughes, Khoon Meng Wong. *Singapore Botanic.* 36:1-44.
- Nigeria World. 2012. All about Nigeria. Consulta 12 May. Disponible en línea: <http://nigeriaworld.com/>
- Ortiz, R., A. López, S. Ponchner y A. Segura. 1999. El cultivo del banano. EUNED. San José, Costa Rica. 186 p.
- Pedersen, L. and B. Johansen. 2004. Anatomy of the unusual stigma in *Orchidantha* (*Lowiaceae*) *Anatomy and Morphology*. *American Journal of Botany.* 91:299-305
- Pérez, M., M. Sueiro, M. Boffill, F. Morón, M. Victoria, E. Monteagudo y G. Lorenzo. 2010. Actividad diurética de una decocción de *Costus pictus*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* 15(2). Versión on-line ISSN 1028-4796.
- Prince, L. 2010. Phylogenetic relationships and species delimitation in *Canna* (*Cannaceae*). In: Diversity, phylogeny, and evolution in the monocotyledons. O Seberg, G Petersen, AS Barfod, and JI Davis (eds): Aarhus. Aarhus University Press. pp. 307-331.
- Rogers, G. 1984. The *Zingiberales* (*Cannaceae*, *Marantaceae* and *Zingiberaceae*) in the southeastern United States. *J. Arnold Arbor.* (65):5-55.
- Sakai, S. and T. Inoue. 1999. A new pollination system: dung-beetle pollination discovered in *Orchidantha inouei* (*Lowiaceae*, *Zingiberales*) in Sarawak, Malaysia. *American Journal of Botany.* 86(1):56-61.
- Sharrock, S. 2001. Diversity in the genus *Musa* focus on *Australimusa*. INIBAP Annual Report 2000. INIBAP Networking Banana and Plantain. Montpellier (France). pp. 14-19.

- Sharrock, S. 1998. The banana and its relatives. Focus paper III. INIBAP Annual Report. INIBAP Networking Banana and Plantain. Montpellier (France). pp. 52-55.
- Sharrock, S. 1997. Uses of *Musa*. 1996. Focus paper III. INIBAP Annual Report. INIBAP Networking Banana and Plantain. Montpellier (France). pp. 42-44.
- Sharrock, S. and J. Daniells. 1993. *Musa ingens* – The World's Tallest Wild Banana. Global. INFOMUSA. The International Magazine on Banana and Plantain. INIBAP. Montpellier (France). pp. 2-8.
- Smithsonian Institution. 2012. Base de datos. Consultado 08 May. Smithsonian. National Museum of Natural History. Disponible en línea: <http://botany.si.edu/zingiberales/index.cfm>
- Simmonds, N. W. 1962. The evolution of the babanas. London. Longmans. p. 170
- Simmonds, N. W. 1960. Notes on Banana Taxonomy. Kew Bulletin. Royal Botanic Gardens. 14(2):198-212.
- Soto, M. 1992. Banano, cultivo y comercialización. 2da ed. Litografía e Imprenta Lil. Tibás, Costa Rica. 627 p.
- Stevens, P. 2001. Angiosperm Phylogeny Website. Version 9, June 2008 [and more or less continuously updated since]." will do. Disponible en línea: <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Suárez, L. 2010. Una especie nueva de *Calathea* (marantaceae) de Colombia. *Caldasia*. 32(2):295-299.
- The Angiosperm Phylogeny Group (2003). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 141(4):399-436.
- Valeton, T. H. 1918. New notes on the *Zingiberaceae* of Java and the Malaya archipelago. *Bull. Jard. Bot. Buitenzorg. Ser. II* 28. pp. 1-8
- Valmayor, R. V. y L. Dinh Danh. 2002. Clasificación y caracterización de *Musella splendida* sp. INFOMUSA. The International Magazine on Banana and Plantain INIBAP. Montpellier (France). 11(2):24-27.
- Wong, C., G. Argent, R. Kiew, O. Set and Y. Y. Gan. 2003. The genetic relations of *Musa* species from mount Jaya, New Guinea, and a reappraisal of the sections of *Musa* (*Musaceae*). *Gardens Bulletin Singapore*. 55(1):97-111.
- Wong, C., R. Kiew, G. Argent, O. Set, S. K. Lee and Y. Y. Gan. 2002. Assessment of the validity of the sections in *Musa* (*Musaceae*) using AFLP. *Annals of Botany*. 90(2):231-238.
- Wong, C., R. Kiew, A. Lamb, O. Set, S. K. Lee, L. H. Gan and Y. Y. Gan. 2001. Sectional placement of three Bornean species of *Musa*. *Gardens Bulletin Singapore*. 53(1):327-341.
- Wood, T. H., W. M. Whitten and N. H. Williams. 2000. Phylogeny of *Hedychium* and related genera (*Zingiberaceae*) based on its sequence data. *Edinburgh Journal of Botany*. 57(2):261-270
- Yun, Y., M. Satake, S. Katsuki and A. Kunugi. 2004. Phenylpropanoid derivatives from edible canna, *Canna edulis*. *Phytochemistry*. 65(14):2.167-2.171.
- Zhang, J., Z. Wang and Q. Mi. 2011. Polyphenol oxidase inhibitory and antioxidant activity of extract of *Canna edulis* ker stem. *Journal of Food Biochemistry*. 35(4):1.342-1.360.
- Zipcodezoo. 2012. *Musa coccinea* (Banana). Consultado junio 2012. Disponible en línea: http://zipcodezoo.com/Plants/M/Musa_coccinea/.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

(Instrucción a los autores)

Agronomía Tropical publica cuatro categorías de trabajos: Artículos Científicos, Notas Técnicas, Trabajos Especiales y Revisiones Bibliográficas.

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.

Estudios con enfoque cuantitativo:

- Introducción: problema, justificación y objetivos.
- Materiales y Métodos
- Resultados y Discusión
- Conclusiones
- Agradecimientos (opcional)
- Literatura citada.

Estudios con enfoque cualitativo:

- Introducción: objeto de estudio, justificación y propósitos.
- Metodología
- Resultados y Hallazgos
- Conclusiones y/o aproximaciones
- Agradecimientos (opcional)
- Literatura citada.

Nota Técnica: son textos cortos que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, especies nuevas, resultados parciales o detalle de un trabajo.

Revisiones Bibliográficas: son artículos que aplica temas sobre 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.

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.

Para publicar trabajos en las revistas científicas del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (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 los cuadros y referencias Arial tamaño 11.

c) **Título:** el título será en el idioma correspondiente, con su respectiva traducción al idioma inglés. 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. Solo deben incluir 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. De manera opcional podrá indicarse alguna aclaratoria sobre la fuente de financiamiento de la investigación y el proyecto al cual pertenece.

d) **Autor (es) y Afiliación:** se debe colocar el primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos unidos con un guión (-). Después de los nombres se usarán números en superíndice 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 de correspondencia.

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 t3pico que se discute en el texto, tratando de no repetir las que se usen en el t3tulo. Debe incluir los nombres cient3ficos de los entes biol3gicos. Las palabras clave deben permitir localizar el trabajo en los 3ndices y bases de datos agr3colas como el Sistema Agris de la FAO. M3ximo seis (6) palabras.

g) **Introducci3n:** su contenido debe expresar adem3s de la importancia del tema a tratar, una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realizaci3n del trabajo; puede incluirse la revisi3n de literatura con las investigaciones m3s recientes que aporten ideas fundamentales para la realizaci3n del trabajo. Para estudios de tipo cuantitativo debe presentar claramente el problema, justificaci3n y los objetivos, un objetivo general y m3ximo tres objetivos espec3ficos. En el enfoque cualitativo, debe presentar el objeto de estudio, justificaci3n y prop3sitos. Las referencias en la introducci3n deben ser limitadas.

h) **Materiales y M3todos (enfoque cuantitativo) o Metodolog3a (enfoque cualitativo):** deben ser lo suficientemente claros y precisos para que otra persona especialista en la materia pueda repetir el experimento o metodolog3a. Para estudios con enfoque cuantitativo, debe ser clara y concreta, siguiendo un ordenamiento l3gico de las t3cnicas empleadas en la investigaci3n y los materiales utilizados. Los procedimientos anal3ticos y estad3sticos usados deber3n ser descritos claramente o citados como referencias bibliogr3ficas. En investigaciones de campo deber3n incluir adem3s una breve descripci3n agroclim3tica de la localidad donde se efectu3 el trabajo. Cuando las investigaciones se realicen bajo el paradigma cualitativo, se indica el marco o contexto te3rico que describe brevemente conceptos, modelos o enfoques que orientan la investigaci3n y los referentes te3ricos relacionados con los discursos de los actores sociales y se indica la naturaleza y tipo de la investigaci3n, los informantes clave, m3todos, t3cnicas y procedimientos de acopio de la informaci3n y las t3cnicas de interpretaci3n de la informaci3n y categorizaci3n.

i) **Resultados y Discusi3n (enfoque cuantitativo) o Resultados y Hallazgos (enfoque cualitativo):** esta secci3n debe satisfacer los objetivos que se3alaron en la introducci3n, manejando la informaci3n cuantitativa a trav3s de los cuadros y las figuras, a fin de transmitir en forma clara la interpretaci3n de los resultados obtenidos. La discusi3n de los datos deber3 hacerse basada en los soportes disponibles en la literatura citada del

trabajo. En el enfoque cuantitativo, es necesario el uso de la estad3stica para verificar la validez de los resultados, cuando as3 se requiera. En el enfoque cualitativo, se presentan de modo organizado y coherente los resultados de la investigaci3n a partir del procedimiento de triangulaci3n.

Cuadros: cada cuadro se presentar3 en archivo separado del texto, haciendo alusi3n a 3l por primera vez y seguir3n la paginaci3n del texto. El contenido de los cuadros no debe ser duplicado en las figuras. En general, las variables est3n en filas y los tratamientos en columnas. S3lo la primera letra de la primera palabra en may3sculas. Todos los cuadros deben ser citados consecutivamente en el texto. El encabezado de columnas debe ser conciso e indicar claramente las unidades que utilizan abreviaturas est3ndar. Los asteriscos se usar3n para mostrar el nivel de significancia estad3stica de 0,05 (*), 0,01 (**) y 0,001 (***) y deben ir acompa3ados del nombre de la prueba estad3stica realizada. Para otras llamadas deber3n utilizarse otros s3mbolos. El t3tulo del cuadro debe ser concreto y expresar el contenido del mismo. Notas al pie deben utilizarse con moderaci3n y ser concretas. Los cuadros deben ser elaborados utilizando la tabla del programa Microsoft Office Word® o Microsoft Office Excel® y no deben ser escaneados.

Figura: se entiende por figura cualquier ilustraci3n que se incluya en el trabajo como: gr3fico, fotograf3a, esquema, dibujo o mapa u otra representaci3n. Estas no deben ser una duplicaci3n de la informaci3n en los cuadros. Todas las figuras deben ser citadas consecutivamente en el texto. El t3tulo debe colocarse en la parte inferior de la figura. Para las fotograf3as y otros dibujos digitalizados, los mismos deber3n procesarse en formato JPG o TIFF, presentadas en archivo separado del texto, haciendo alusi3n a 3l. En cuanto a los gr3ficos (l3neas, barras, circular, entre otros) se recomienda que sean modificables, adjuntando la informaci3n con la cual se elabora la figura, de tal manera que cuando se requiere, pueda ser mejorada en la edici3n de im3genes (Adobe Photoshop).

j) **Conclusiones (estudios cuantitativos) y/o Aproximaciones (estudios cualitativos):** deben ser concisas y concretas, basadas en los objetivos del trabajo. En el enfoque cualitativo, las aproximaciones no se limitan a exponer resultados aislados de la investigaci3n como tal, sino que tambi3n ilustra el proceso por medio del cual se lleg3 a las estructuras particulares de los objetos de estudios y a la estructura general o estructuras generales, que los integran.

k) **Agradecimientos** (opcional): se utilizarán para reconocer a aquellas personas que han hecho contribuciones sustanciales al trabajo o han prestado asistencia técnica. Igualmente para reconocer a las instituciones que han brindado apoyo financiero a la investigación. El párrafo de esta sección debe ser breve, máximo 10 líneas.

l) **Literatura Citada:** es responsabilidad del autor asegurarse de que todas las referencias sean correctas. Estas deben ser relevantes para el contenido y todos deben estar citados en el texto. Los elementos que componen la cita bibliográfica son básicamente los siguientes: Autor(es)/Año de publicación/Título/subtítulo/(Tipo de medio)/ Edición/Ciudad y país de publicación/Casa editora /Fecha en que se consultó el material para los documentos en línea/ Descripción física/ Disponibilidad y acceso para los documentos en línea/(Nota de serie). Se debe presentar en orden alfabético. En caso de un mismo autor en años diferentes, se ordenará de acuerdo al año y en caso de ser igual, según la primera letra del título del trabajo. Se deberá colocar todos los autores integrantes del trabajo citado. Los trabajos que no han sido publicados no deben referirse en la bibliografía, sino en el texto, colocando inmediatamente después del apellido y entre paréntesis el tipo de fuente donde provino la información (comunicación personal, datos inéditos) y el año en el cual se efectuó la consulta, separado por una coma (,). Si en el texto, dado el ordenamiento de la frase, se cita el apellido del autor, inmediatamente deberá ser colocado el año correspondiente entre paréntesis. En caso de dos autores se deberán colocar los dos apellidos separados por una y, para el caso de tres o más autores, bastará citar el apellido del primero, seguido de la abreviatura latina *et al.* y el año correspondiente entre paréntesis.

Las referencias deberán contener todos los elementos que permitan su fácil localización, cuya variación está regulada por el tipo de publicación citada. Se seguirán las Normas Técnicas del IICA y CATIE, con los ejemplos que se dan a continuación:

- *Revista (ya publicada):*

López, M., R. Martínez-Viera, M. Brossard Fabré y M. Toro. 2010. Capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico de cepas nativas de agroecosistemas venezolanos. *Agronomía Trop.* 60(4):355-361.

- *Revista (aceptado, pero no publicado):*

Barrios Maestre, R., D. Mark, E. Rivas, J. Fariñas, J. Salazar y G. Rodríguez. Efecto del déficit hídrico

sobre el ciclo productivo de la palma aceitera en el estado Monagas, Venezuela. *Agronomía Trop.* 61(3-4):267-274. (En prensa).

- *Suplemento de revista:*

Avilán, L. y F. Leal. 1990. Suelos fertilizantes y encalado para frutales del trópico. Editorial America, Caracas 459 p.

- *Libros:*

Comerma, J. y L. Arias. 1971. Un sistema para evaluar las capacidades de uso agropecuario de los terrenos en Venezuela. Maracay: Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo 57 p.

- *Capítulos de libros:*

Fernández, F. 2003. Avances en la producción de inoculantes micorrízicos arbusculares. **In:** Manejo efectivo de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible. Estudio de caso el Caribe. La Habana, Cuba. INCA 166 p.

- *Congresos, Simposia, Reuniones y/o Memorias:*

Alfonzo, N., M. España, M. López y E. Cabrera. 2005. Fraccionamiento del N del fertilizante en el cultivo de arroz, bajo condiciones de secano en un suelo ácido del estado Guárico. **In:** Memoria XVII Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maracay-Venezuela 4 p.

Martínez-Cruz, A., T. Bach, A. Delgado y V. Martínez. 1993. Fosforina, un nuevo biopreparado para la Agricultura. VII Forum de Ciencia y Técnica. La Habana 68 p.

- *Tesis y Trabajos de Ascenso:*

Vivas C., L. E. 2008. Muestreo secuencial del chinche vaneador del arroz, *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) sobre arroz (*Oryza sativa* L.) en Calabozo, estado Guárico. Tesis de doctorado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía 144 p.

Daza, C. E. 1991. Biología, daño y enemigos naturales de hemípteros pentatómidos presentes en el cultivo de arroz con riego. Trabajo de ascenso. UNC. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Colombia 65 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 este carece de información, puede ser tomada del recipiente (caja, sobre, otro), sitio web, o material impreso complementario.

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2004. Pérdida de la biodiversidad fitogenética. Disponible en línea: http://www.fao.org/newsroom/es/focus/2004/51102/article_51107es.html (Fecha de consulta).

Alarcón, A. Z., J. A. Morales, E. J. Oliva, A. B. Vega y T. F. Boicot. 2008. Efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y *Glomus* sp. en el cultivo del boniato (*Ipomea batatas* [L.], Lam). Revista Electrónica Granma Ciencia 12(2).

- *Publicaciones Misceláneas:*

López de Rojas, I., N. Alfonso, N. Gómez, M. Navas y P. Yáñez. 2008. Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay 400 p. (Serie B N° 18).

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 Citadas, 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 solo 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 la primera letra 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 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 sea posible utilice seguido del símbolo®.
- i) Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples solo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, el abstract 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 solo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Fahrenheit, 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 adecuada de Agronomía Tropical es Agronomía Trop.
- n) Los símbolos a usar son:

LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

	Símbolo/abrev,	reemplaza
Centímetro,	cm	
Centimoles por kilogramo,	mol kg ⁻¹ ,	meq por 100g
Coeficiente de correlación,	r	
Coeficiente de determinación,	R ²	
Consumo de materia seca	CMS	
Decímetro,	dm	
Error estándar	EE	
Grado Celsius,	°C	

Instrucciones a los autores

Grado Farenheit,	°F		Micra,	μ	
Grado Joule,	J,	caloría	Microgramo,	μg	
Grado Kelvin,	°K		Micromilímetro,	microm	
Gramo,	g		Miligramo,	mg	
Gramo por kilogramo,	g kg ⁻¹		Miligramo por kilogramo,	mg kg ⁻¹	
Hectárea (as),	ha		Milímetro,	mm	
Heredabilidad,	h ²		Minuto,	min	
Hora	h		Nanogramo,	ng	
Kilogramo,	kg		Nanómetro,	nm,	Angstrom
kilogramo/hectárea,	kg ha ⁻¹		Partes por millón,	ppm	
Kilómetro,	km		Porcentaje,	%	
Litro,	l		Por mil	‰	
Materia orgánica	MO		Probabilidad	P	
Materia seca	MS		Segundo,	s	
Mega gramo,	Mg		Tonelada,	t	
Megapascal,	M Pa,	bar	Toneladas/hectárea,	t ha ⁻¹	
Metro,	m,		Tonelada métrica	Tm	
Metro cuadrado,	m ²				
Metro cúbico,	m ³				
Metro sobre el nivel del mar,	m s.n.m.				

La revista le proporciona un ejemplar gratis a cada autor.