



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 63 VOL 63 No. 3-4 2013



Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

Agronomía
Tropical

**Agronomía
Tropical**

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 Ilijn
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
Grigna Piña	Editor Técnico
Andreina Muñoz	Editora Asistente
Zulay Melo	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. 350,00

Correo electrónico: dyvpublicaciones@inia.gob.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.gob.ve> área publicaciones

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas

Juan Pablo Buenaño	Presidente
Luis Dickson	Gerente General
Delis Pérez Sánchez	Gerente de Investigación e Innovación Tecnológica
Yenry Urrea	Gerente de Producción Social
María F. Sandoval	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 Cásares (UCV)	Desarrollo Rural
Lorenzo Velásquez (INIA)	Fertilidad y Manejo de Suelos
Marco Acevedo (INIA)	Mejoramiento Genético de Plantas

Consejo Asesor

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

Indización

CAB Internacional	(Reino Unido)
TROPAG	(Holanda)
AGRIS, FAO	(Roma)
IICA-CIDIA	(Costa Rica)
REVENCYT	(Venezuela)
REFERATIVNY ZHURNAL	(Rusia)
Base Agrícola Venezolana, INIA	(Venezuela)
Periódica UNAM	(México)
Fundacite Mérida	(Venezuela)
BIOSIS Zoological Record	(Reino Unido)
Centro de Información y Documentación AGRICOLA, National Agricultural Library	(Cuba)
LATINDEX	(USA)
MegaBase AGRI 2000	(México)
Base de Datos REVIS	(Venezuela)
SciELO	(CATIE, Costa Rica)
	(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 Vol. 63 N° 3 - 4

Agradecimiento

In Memoriam

Artículos científicos:

Pág:

Blanco G., B. Linares, J. Hernández, A. Maselli, A. Rincón, R. Ortega, E. Medina, L. Hernández y J. Morillo. Composición microbiológica e inocuidad de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' en el estado Yaracuy, Venezuela.....	111
Blanco G., B. Linares, J. Hernández, A. Maselli, A. Rincón, R. Ortega, E. Medina, L. Hernández y J. Morillo. Caracterización química de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' en el estado Yaracuy, Venezuela.....	121
Borges Durán J.A. Primer reporte de <i>Fusarium thapsinum</i> Klittick y sus efectos en las inflorescencias del pasto aguja en Yaracuy, Venezuela.....	135
Graziani de Fariña L., L. Ortiz de Bertorelli, A. Ramírez, J. Herrera, J. Rico y R. Figueroa. Efecto de varios factores sobre características químicas de harinas de frutopán y de harinas compuestas trigo-frutopán.....	143
Paradas B. J., N. Montilla, M. Morros, R. D'Aubeterre y M. Becerra. Uso de herramientas participativas en el acompañamiento comunitario: Caso "Red de caprinos del estado Trujillo".....	157
Lugo L., P. Monasterio Piñero, L. Vivas y C. Sánchez. Efecto de la aplicación de nitrógeno y herbicida en siembra directa de arroz variedad FONAIAP-1 en Guárico, Venezuela.....	165
Notas Técnicas:	
Meza N., B. Daboín, P. Moratinos, R. Riveros y F. Sequera. Crecimiento y producción de variedades de papa en Cuencas, municipio Urdaneta del estado Trujillo, Venezuela.....	177
Chassaigne A., M. Ávila y J. Madriz. Calibración de pluviómetro y termohigrómetros de estaciones meteorológicas automáticas.....	183
Instrucciones a los autores	

TABLE OF CONTENTS Vol. 63 N° 3 - 4

Acknowledgments

In Memoriam

Scientific Articles

Pag:

Blanco G, B. Linares, J. Hernández, A. Maselli, A. Rincón, R. Ortega, E. Medina, Livia Hernández y J. Morillo. Microbiological composition and safety of pseudostems and leaf blades leachates of 'Harton' plantain in Yaracuy state, Venezuela.....	111
Blanco G, B. Linares, J. Hernández, A. Maselli, A. Rincón, R. Ortega, E. Medina, Livia Hernández y J. Morillo Chemical characterization of pseudostems and leaf blades leachate of 'Harton' plantain in Yaracuy state, Venezuela.....	121
Borges Durán J.A. First report of <i>Fusarium thapsinum</i> Klittick affecting switchgrass inflorescences in state of Yaracuy, Venezuela.....	135
Graziani de Fariña L., L. Ortiz de Bertorelli, A. Ramírez, J. Herrera, J. Rico y R. Figueroa. Effect of various factors on chemicals characteristics of breadfruit flour and composed wheat – breadfruit flour.....	143
Paradas B. J., N. Montilla, M. Morros, R. D´Aubeterre y M. Becerra. Use of participatory tools in the community support. Case: Caprines network of Trujillo state.....	157
Lugo L., P. Monasterio Piñero, L. Vivas y C. Sánchez. Effect of nitrogen and herbicide application on zero tillage FONAIAP-1 rice in state of Guarico, Venezuela.....	165
Technical Note:	
Meza N., B. Daboín, P. Moratinos, R. Riveros y F. Sequera. Growth and yield of potato varieties in Cuencas, Urdaneta township of Trujillo state, Venezuela.....	177
Chassaigne A., M. Ávila y J. Madriz. Calibration of rain gauge and thermohygrometers in automated weather stations.....	183

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 63, año 2013.

Aida Ortíz	UCV-FAGRO	María Z. González	INIA-CENIAP
Orlando Moreno	INIA Portuguesa	Rodolfo Delgado	INIA-CENIAP
Gustavo Martínez	INIA-CENIAP	Margaret Gutiérrez (J)	INIA-CENIAP
Luis Alemán	INIA-CENIAP	Gelis Torrealba	INIA-CENIAP
Yasmin Román	UCV-FAGRO	Zurima González	UCV-ICTA
Jorman Rodríguez	INIA Lara	Adolfo Cañizares	INIA Monagas
Lourdes González	INIA Mérida	Betty Paz Zambrano	INIA Mérida
Reinaldo Pire	UCLA Lara	Mary Medina	UCV-FAGRO
María F. Rodríguez	INIA-CENIAP	Horci Escalante	UCLA Lara
Enio Soto	INIA-CENIAP	Alfonzo Ordosgoitti (J)	INIA-CENIAP
Pedro Monasterio	INIA-Yaracuy	Ligia Carolina Rosales	INIA-CENIAP
Rosaima García	INIA Mérida	Ernesto San Blas	IVIC Miranda
Diego Diamont	INIA-CENIAP	Daynet Sosa	IDEA-DASA
Humberto Moratinos	UCV-FAGRO	Luis Gómez	UCR Costa Rica
Wilmer Armas	INIA Lara	Hilmig Viloría	UDO Cumaná
Leyla Ríos	INIA Lara	Alexandra Smitch	INIA-CENIAP
Luis Llanca (J)	UCV-FAGRO	Francia Fuenmayor	INIA-CENIAP
Ezequiel Rangel	INIA-CENIAP	Antonio de la Casa	UNC. Argentina
Juan Vergara	INIA Zulia	Carmen Torin	INIA Lara
Grigna Piña	INIA-CENIAP	Juan Carlos Rey	INIA-CENIAP
Alan Miyadi	IDEA-DASA	Jesús Aular	UCLA Lara
Mónica González	INIA Sede Administrativa		

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, el reconocimiento a la labor de los ingenieros *Juan Vergara* y *Ariadne Vegas*, por su importante participación en la traducción de los resúmenes, asimismo, a *Sonia Piña*, por su apoyo técnico en la edición de imágenes publicadas en la revista.



In Memoriam

Thamara Marina Rojas Aciego (1962 – 2013)

Nació en Maracay el 18 de diciembre de 1962. Casada con William Goitía, con quien tuvo dos hijos, Verónica y Altair. Graduada en el año 1988 de Ingeniero Agrónomo en la Universidad Central de Venezuela, mención Fitotecnia; obteniendo el Magister Scientiarum en Agronomía, Orientación Protección Vegetal en 1994.

Profesionalmente se inició como investigadora en el área de fitopatología, en la Estación de Investigaciones Agropecuarias y de Extensión (EDIAGRO) de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales en San Carlos, estado Cojedes (1988-1991). Luego ingresa al Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) en la Estación Experimental Barinas (1993-1998); y pasa a formar parte del Departamento de Protección Vegetal en el área de Taxonomía de Hongos y Herbario Micológico "Albert Müller" del INIA-CENIAP (1998 – 2013).

Fue docente en la Universidad Rómulo Gallegos, San Juan de los Morros, estado Guárico; en la Unidad Educativa Liceo Técnico Agropecuario "Luis Tovar" y en el Instituto Universitario de Tecnología Agropecuaria (IUTEAGRO), ambos de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales, en San Carlos de Cojedes.

Su producción en el área científica abarcó la presentación de sus trabajos en congresos y eventos nacionales e internacionales y la generación de las publicaciones tanto científicas como divulgativas en el área de Protección Vegetal, Micología y Taxonomía de hongos.

De igual manera, durante sus últimos años de vida fue colaboradora de la revista *Agronomía Tropical*, donde con dedicación brindó toda su experiencia en pro de la divulgación científica.

Perteneció a la Sociedad Venezolana de Fitopatología, Asociación Venezolana de Micología y Asociación Latinoamericana de Micología.

Mujer luchadora y de gran sensibilidad social. Tenía gran interés por los movimientos culturales y la música tradicional venezolana. Igualmente, disfrutaba del contacto con la naturaleza y de las actividades que involucraban la formación y educación de niños. Trabajadora incansable que dedicó innumerables horas a la ciencia y a las acciones comunitarias, sociales y políticas en pro del fortalecimiento en el desarrollo del país.

Sirva la presente nota como un homenaje a su fructífera y destacada labor profesional, en la cual el equipo editorial de la revista expresa su reconocimiento a una noble mujer y compañera de extraordinaria calidad humana.

Comité Editorial
Revista Científica Agronomía Tropical

Composición microbiológica e inocuidad de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' en el estado Yaracuy

Microbiological composition and safety of pseudostems and leaf blades leachates of 'Harton' plantain in Yaracuy state

Giomar Blanco^{1*}, Blas Linares^{1*}, Julitt Hernández¹, Anna Maselli², Amalia Rincón², Rogelio Ortega¹, Elena Medina¹, Livia Hernández¹ y Juan Morillo¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) estado Yaracuy. ²Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Venezuela.

*Correo electrónico: gblanco@inia.gob.ve, gioma@hotmail.com

RESUMEN

Los lixiviados de plátano (*Musa AAB*) tienen efecto sobre la disminución en la incidencia de enfermedades como sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*), moko (*Ralstonia solanacearum*), fusariosis (*Fusarium oxysporium*), y recientemente, sobre el crecimiento de las plantas. Sin embargo, es necesario realizar estudios que permitan conocer los microorganismos que intervienen en el proceso de obtención de estos lixiviados a los fines de entender su mecanismo de acción y mejorar la eficiencia de producción. El objetivo de esta investigación fue determinar la composición microbiológica e inocuidad de lixiviados de plátano en el estado Yaracuy. Para ello, pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH), provenientes de dos localidades con diferente manejo agronómico, fueron colocados en recipientes plásticos para su descomposición bajo un diseño experimental completamente aleatorizado, arreglo factorial 2x2 (tipo de lixiviados y localidad) y tres repeticiones. Semanalmente, se aislaron e identificaron los microorganismos que actuaron en el proceso y se midió el volumen de extracto producido y la temperatura dentro del recipiente. Se identificaron bacterias del género *Bacillus* como los microorganismos que intervienen en la descomposición de la materia fresca para la obtención de los lixiviados de PS y LH; determinándose que el volumen de extracto producido resultó un buen indicador del final del proceso, logrado en un tiempo aproximado de 90 días. Además, se descartó la presencia de microorganismos patógenos para plantas, seres humanos y animales. Se recomienda identificar, purificar y liofilizar las bacterias encontradas en esta investigación para ser utilizadas como aceleradores del proceso de descomposición de residuos de plátano.

Palabras clave: *Bacillus*, descomposición, inocuidad, mecanismo de acción, *Musa AAB*.

ABSTRACT

The extracts of plantain (*Musa AAB*) have effect on reduction of major diseases such as black sigatoka (*Mycosphaerella fijiensis*), Moko (*Ralstonia solanacearum*) and *Fusarium oxysporium*, and more recently on crop growth. However, studies are needed to know microorganisms involved in the process in order to understand their mechanism of action and improve production efficiency. The objective of this research was to determine the microbiological composition and plantain extract innocuity in state of Yaracuy. Pseudostem and leaf blades from two locations with different management were placed in plastic containers for decomposition under a 2x2 factorial arrangement (extract type and location) completely randomized design with three replications. Weekly, were isolated and identified microorganisms active in the process, the volume of extract produced and the temperature inside the container was measured. *Bacillus* bacteria active in the decomposition of the fresh material for obtaining extracts of leaf blades and pseudostems, determining the volume of extract produced is a good indicator of the end of the process, which was 90 days. There was an absence of pathogenic microorganisms to plants, humans and animals. It is recommended to isolate and freeze dry bacteria found in this study to be used as accelerators of decomposition of waste plantain.

Key words: *Bacillus*, decomposition, innocuity, mechanism of action, *Musa AAB*.

INTRODUCCIÓN

Los lixiviados de musáceas comestibles (plátano y banano) son extractos vegetales obtenidos por descomposición de restos de cosecha (Larco, 2004; Arenas *et al.*, 2005) en un proceso semejante a la lixiviación que ocurre en los ecosistemas. Cumple con los principios del método de obtención de extractos donde se utiliza un solvente (en este caso el agua) para la extracción de uno o varios solutos (Ammatanda, 1999). Los lixiviados han demostrado ser eficientes en el control de enfermedades asociadas al cultivo y como promotores del crecimiento de las plantas.

En el caso de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), una de las enfermedades de mayor importancia en estos cultivos, se evidenció que con lixiviados de raquis a una concentración del 90% existe una mayor reducción en el número y tamaño de colonias del hongo; así como la inhibición del 100% de la esporulación y germinación de conidios. Destacando, que a medida que se aumentó la concentración del lixiviado fue menor el desarrollo de *M. fijiensis* (Mogollón y Castaño, 2010).

Garcés (2010) compara la calidad y efecto de lixiviados producidos a partir de raquis de banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB), mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero, y encontraron que los obtenidos mediante fermentaciones anaeróbicas y aplicados vía radical en concentraciones de 70 y 100% presentan los más altos índices de inhibición sobre el hongo y los mejores resultados como biofertilizantes.

En condiciones de invernadero, Álvarez *et al.* (2010) reportan que el uso de lixiviado a la dosis de 10% retrasa considerablemente el progreso de la sigatoka negra.

Con respecto al moko, otra enfermedad de importancia en el cultivo causada por el agente bacteriano *Ralstonia solanacearum* Smith, se ha logrado una reducción de 31,6% en las poblaciones de esta bacteria en suelo inoculado, cuando son tratados con lixiviados de raquis de plátano (Arenas *et al.*, 2005).

En el caso de *Fusarium oxysporium* causante del Mal de Panamá, se determina que la aplicación del lixiviado con el 50% de agua evaporada (50%

de concentración) disminuye significativamente el crecimiento micelial y la tasa de crecimiento, así como la esporulación y por consiguiente la germinación del hongo; comportándose de manera similar a productos comerciales e inhibe completamente el desarrollo de *F. oxysporum* (Osorio *et al.*, 2012).

Por otra parte, estos extractos vegetales poseen un efecto favorable sobre el crecimiento de plantas. Blanco *et al.* (2011) reportan que el uso de lixiviados de plátano al 10% incrementa la altura, número de hojas, así como, la longitud total y el peso fresco y seco de las raíces en más de un 50% de las plantas de plátano en condiciones de vivero.

De igual forma, Garcés (2010) indica que el uso de lixiviados de banano y plátano obtenidos mediante fermentaciones anaeróbicas, influyen positivamente sobre la altura de las plantas de banano Williams (*Musa* AAA) y su contenido de clorofila. Además, Russo *et al.* (1995) demuestran que el extracto húmico de raquis de banano al 1% promueve significativamente el crecimiento de raíces, área foliar y biomasa de hojas y pseudotallo (PS) de plántulas de banano en condiciones de vivero. De ahí, la importancia de estudiar la composición de los extractos vegetales que determinan su efectividad en el control de enfermedades y en la promoción del crecimiento, con el fin de mejorar su producción.

Contrariamente del avance en su caracterización química (Blanco *et al.*, 2011; Ortiz, 2009; Garcés, 2010), poco se ha reportado sobre los microorganismos naturales que intervienen en el proceso, que posiblemente formen parte de la composición final del producto. Asimismo, es necesario conocer si el producto generado es inocuo a los fines de proteger al aplicador.

En tal sentido, el objetivo de esta investigación fue determinar la composición microbiológica y la inocuidad de lixiviados provenientes de PS y láminas foliares (LH) de plátano provenientes de dos zonas productoras del estado Yaracuy.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio Integral Agropecuario del Instituto Nacional de

Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en el km 3, sector La Ermita, vía Aeropuerto, municipio Cocorote, estado Yaracuy, coordenadas 10°17'29" latitud norte, 68°45'9,6" longitud oeste, a una altitud de 254 m.s.n.m.

Este proceso se desarrolló con el fin de prever las diferencias en el contenido de los microorganismos presentes, debido a las discrepancias en el manejo agronómico de las plantaciones. Donde se obtuvo el material vegetal se utilizó PS y LH de plátano 'Hartón Gigante' (*Musa AAB*) provenientes de dos localidades del estado Yaracuy, que difieren en el manejo del cultivo:

Localidad 1: Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, parroquia Farriar, municipio Veroes, coordenadas 10°25'4" latitud norte y 68°37'46,61" longitud oeste, con manejo agronómico deficiente caracterizado por la poca o nula fertilización del cultivo y deshoje fitosanitario poco frecuente.

Localidad 2: Sector San Javier, parroquia San Javier, municipio San Felipe, coordenadas 10°22'18" latitud norte y 68°39'58' longitud oeste, con un manejo agronómico adecuado, basado en una fertilización al análisis de suelo y prácticas de deshoje fitosanitario.

Los lixiviados vegetales se obtuvieron por descomposición aeróbica de restos de cosecha de plátano, tales como PS y LH, los cuales fueron repicados y colocados en recipientes plásticos con tapa de 40 litros de capacidad a los que se les adaptó una plumilla o llave para la toma de muestra del extracto (Linares, 2009).

En el fondo de cada recipiente, se colocó 10 kg de grava de río, tapando, previamente, el orificio de la plumilla con malla plástica para evitar su obstrucción. La cantidad de material fresco colocado en los recipientes fue de 10 kg en el caso de PS y 5,5 kg para LH, establecida por la máxima capacidad de recepción de los mismos. Se le agregó un litro de agua para garantizar la humedad necesaria para el inicio del proceso de descomposición.

Los recipientes fueron tapados para prevenir la entrada de contaminantes y colocados bajo sombra a temperatura ambiente promedio de 36 °C. El diseño experimental utilizado fue completamente aleatorizado con arreglo factorial

2x2, correspondientes a dos niveles de los factores: tipo de lixiviados (PS y LH) y localidad (localidad 1 y localidad 2), con tres repeticiones, lo que generó las siguientes combinaciones: 1) PS-localidad 1; 2) PS-localidad 2; 3) LH-localidad 1; 4) LH-localidad 2.

Este ensayo fue repetido en el tiempo para evaluar la constancia en la respuesta de las variables a estudiar, lo que determinó dos ciclos de producción.

Semanalmente se recirculó el líquido producido, lo que permitió el aireamiento del sistema, además de mantener húmeda la superficie del material en descomposición. Durante cada recirculación se midió el volumen del extracto producido para detectar el momento en el cual dicha variable se hacía constante, considerado como el final del proceso de descomposición.

El registro diario de la temperatura alcanzada dentro de los recipientes durante todo el proceso, se realizó entre las 8:30 am y 1:00 pm.

Se tomaron muestras de los lixiviados en intervalo de 3 días para determinar los microorganismos presentes en el proceso de descomposición, las cuales fueron analizadas en los Laboratorios de Fitopatología del Laboratorio Integral Agropecuario del INIA Yaracuy y el Laboratorio de Bacteriología de la Unidad de Protección Vegetal del INIA CENIAP, estado Aragua.

Para el aislamiento de microorganismos se realizó, inicialmente, el cultivo en medio PDA para descartar la presencia de hongos y luego se realizaron diluciones seriadas en agar nutritivo para bacterias.

Las cápsulas se incubaron a temperatura del laboratorio (25 °C) y se realizaron observaciones diarias durante 72 horas, periodo después del cual se repicaron las colonias presentes en agar nutritivo para la obtención del cultivo puro. Posteriormente, fueron caracterizadas las colonias obtenidas e identificadas las bacterias. En esta última, se efectuaron las pruebas de KOH 3%, la tinción de Gram, además de la tinción negativa de Rojo Congo para observar las preparaciones mediante el microscopio de luz con lente de inmersión.

Para identificar los microorganismos se utilizaron las claves de clasificación convencionales para hongos y bacterias (Ainsworth *et al.*, 1973; Barnet y Hunter, 1972) para identificar. Finalmente, se determinó la carga microbiana de cada lixiviados (Bacteriology Committee of American Phytopathological Society, 1989), expresándose en Unidades Formadoras de Colonias por ml (UFC/ml).

Los análisis para determinar la inocuidad de los extractos evaluados, se realizó en el Laboratorio comercial SEDICOMVET, C.A. (Rif J-30590770-6; NIT 0054330707), ubicado en Maracay, estado Aragua, donde fueron evaluados los niveles de *Salmonella* en 25 ml de muestra y el método de análisis FONDONORMA 1291-04; en coliformes totales y *Escherichia coli*, siguiendo el método establecido por COVENIN 3276-97.

Se utilizó el Programa InfoStat® para análisis de los datos obtenidos, realizando la prueba de

normalidad de Wilk y Shapiro, modificada para la variable volumen, a la que posteriormente, se le efectuó la prueba de varianza en los casos donde se detectó desigualdades entre los tratamientos y, de diferencias de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Microorganismos presentes en el proceso de descomposición para la obtención de lixiviados de plátano

En el Cuadro 1 se presentan los análisis microbiológicos realizados para identificar los agentes responsables del proceso de descomposición durante la obtención de los extractos vegetales evaluados y se determinó la presencia de bacterias tipo Gram+, del género *Bacillus* y algunas bacterias con forma de cocos saprofitos. No se detectó la presencia de hongos.

Cuadro 1. Caracterización de las bacterias presentes durante la producción de lixiviados de pseudotallo (PS) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2) a través de un proceso de descomposición de la materia fresca.

Lixiviado/ localidad	Descripción			
	Características de la colonia	Tinción Gram	Forma de la célula bacteriana	Bacteria
LH/1	Colonia blanco grisáceo	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia crema mucoide	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color blanco con margen irregular	Gram +	Bastones largos	No identificada
LH/2	Colonias blanco grisáceo	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia crema, mucoide	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color blanco, no mucoide con margen irregular	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color amarillo claro	Gram +	Cocos	No identificada
PS/1	Colonia color blanco mucoide	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color blanco, no mucoide con margen irregular	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia crema, mucoide	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color blanco	Gram +	Cocos	No identificada
PS/2	Colonia crema, mucoide	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonias blanco grisáceo	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color blanco, no mucoide con margen irregular	Gram +	Bastones largos	<i>Bacillus</i> sp.
	Colonia color blanco, transparente	Gram +	Cocos	No identificada

Bacillus sp. estuvo presente en los lixiviados evaluados, independientemente del tipo de material vegetal utilizado (PS y LH) y de la localidad de procedencia. Este hallazgo es muy importante debido a que la literatura señala las propiedades de bacterias del género *Bacillus*, tales como *Bacillus subtilis*, siendo promotoras del crecimiento en algunas especies vegetales (Idriss *et al.*, 2002; Robles y Barea, 2004; Corrales *et al.*, 2011; Gómez-Luna *et al.*, 2012), lo que pudiera ayudar a interpretar el efecto de estos extractos sobre el crecimiento de vitroplantas de plátano.

También se ha señalado que las bacterias de este género ejercen una acción específica mediante la producción de metabolitos secundarios y resistencia a estrés biótico y abiótico, facilitando la toma de nutrientes del suelo (Calvo y Zúñiga, 2010).

Por su parte, Glick (2012) señala cuáles bacterias de este género producen fitoreguladores del crecimiento como citocininas y giberelinas. Asimismo, Hernández-Castillo *et al.* (2008) reporta que aplicaciones de cepas bacterianas del género *Bacillus* en papa, se tradujo en un aumento del peso fresco de follaje y tallos, así como en un incremento del 117% en el rendimiento.

En cuanto a las temperaturas generadas dentro de los recipientes, se encontró que hubo poca variación entre las alcanzadas por la descomposición de PS

y LH. Sin embargo, las mayores temperaturas se registraron a la 1:00 pm (Figura 1) superando en algunos momentos la temperatura ambiente (36 °C en promedio), lo que pudiera estar asociado a la actividad de los microorganismos que actuaron en el proceso de descomposición.

En general, las temperaturas dentro de los recipientes oscilaron entre 28 y 40 °C; aunque algunos autores como Larco (2004) reportan que las bacterias del género *Bacillus* actúan en la fase termófila (entre 50 y 65 °C). Durante el proceso de compostaje, se pudo demostrar que las bacterias identificadas, en su mayoría de este mismo género, pueden actuar dentro de este rango de temperaturas.

Estos resultados son soportados por estudios realizados por Calvo y Zúñiga (2010) quienes señalan que las bacterias del género *Bacillus* tienen una alta capacidad de adaptarse a diferentes condiciones, por lo que pueden incluso, crecer a temperaturas de 10 y 20 °C.

Por su parte, Hernández-Orona *et al.* (2011) señala actividad de estas bacterias entre 40 y 60 °C, mientras que Hernández-Castillo *et al.* (2008) reporta temperaturas de incubación para *Bacillus* spp. de 24 °C, lo que corrobora la alta capacidad de adaptación de las mismas.

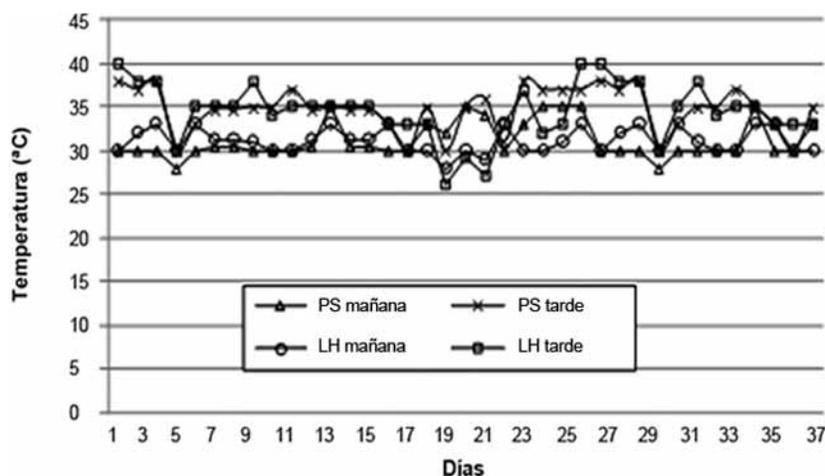


Figura 1. Variación de la temperatura (°C) en horas de la mañana y tarde durante la descomposición de pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH) de plátanos utilizados para la obtención de los lixiviados.

Por otra parte, la carga microbiana determinada en este estudio para los extractos evaluados (Cuadro 2) está por encima de 1×10^6 UFC/ml reportado por Hernández-Castillo *et al.* (2008), como la dosis de aplicación necesaria para que estas bacterias ejerzan su efecto, por lo que se puede señalar que en los lixiviados se encuentran suficientes cantidades de *Bacillus* para producir una posible respuesta en la planta.

Volumen de lixiviado producido

La Figura 2, representa el volumen de lixiviados de PS y de LH provenientes de las dos localidades de plantaciones con manejo agronómico deficiente y manejo agronómico adecuado, respectivamente, obtenidos durante dos ciclos de producción.

Se observa que el volumen de producción de dichos extractos aumentó en el tiempo hasta alcanzar un máximo en aproximadamente 90 días a partir del cual se mantiene estable como es el caso del ciclo 2 o comienza a disminuir ligeramente, como en el ciclo 1. También, se pudo notar una mayor pendiente inicial observada en la línea que representa a los lixiviados provenientes de PS comparada con los de LH, lo que indica que el proceso de descomposición cuando se utiliza este tipo de material vegetal, es más acelerado que cuando se utilizan LH.

Los lixiviados evaluados presentaron diferencias en el volumen de obtención de los mismos, siendo en los PS donde hubo una mayor producción (Figura 2). Estas diferencias pueden ser atribuidas al contenido de agua en los tejidos, el cual es mayor en el caso de PS comparado con LH.

Henao *et al.* (2002) reportan para el vástago de banano (*Musa AAA*) una humedad de aproximadamente 81,0%. Este contenido de agua es liberado una vez que actúan las enzimas celulolíticas en el proceso de descomposición (Hernández-Orona *et al.*, 2011), contribuyendo así a un mayor volumen de extracto producido.

Por otra parte, para el segundo ciclo de producción, se detectaron diferencias entre el volumen del lixiviados proveniente de PS de la localidad 1, con respecto al de la localidad 2, siendo menor en esta última. Lo que se presume está relacionado más que al manejo, al hecho de que durante ese ciclo el material proveniente de la localidad 2 tenía 2 días de cosechado, por lo que pudo ocurrir pérdida de agua, evidenciado más en PS que en LH, debido a que esta últimas presentan una capa de cutícula más gruesa y cerosa que la protege por más tiempo de la desecación.

Sin embargo, en ambos ciclos evaluados, se observó que el volumen producido de los extractos comienza a estabilizarse alrededor de los 90 días (Figura 2), y este comportamiento se mantuvo independientemente de la localidad, por lo que se considera que el volumen producido es un buen indicador del final del proceso de descomposición.

Por lo antes mencionado, estos lixiviados vegetales tuvieron un ciclo de producción de 90 días aproximadamente (Figura 2), que difiere de Garcés (2010) quien reporta que obtuvo lixiviados provenientes de raquis de plátano cada 7 días.

Cuadro 2. Carga microbiana en lixiviados de pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH) de plátano durante dos ciclos de producción.

Extracto vegetal	UFC/ml Ciclo 1	UFC/ml Ciclo 2
PS/localidad 1	$3,0 \times 10^{11}$	$1,49 \times 10^7$
PS/localidad 2	1×10^6	$1,5 \times 10^6$
LH/localidad 1	$2,2 \times 10^5$	9×10^6
LH/localidad 2	$2,5 \times 10^6$	$5,0 \times 10^{11}$

UFC: unidades formadoras de colonias.

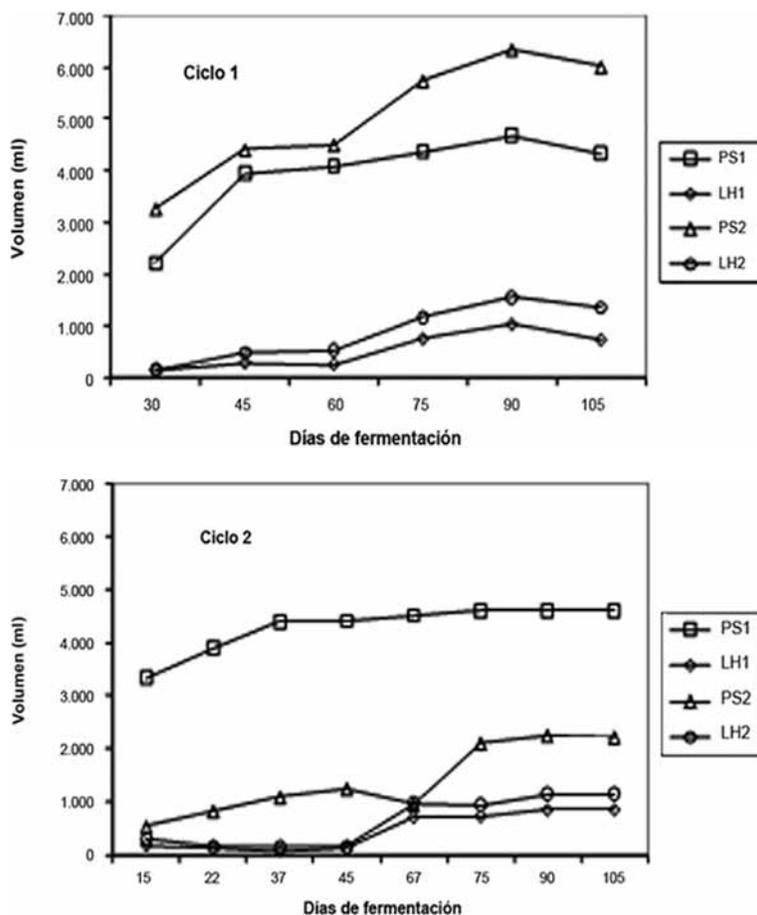


Figura 2. Volumen de los lixiviados de pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH) de dos localidades (1 y 2) obtenidos por descomposición de la materia fresca durante dos ciclos de producción (ciclo 1 y ciclo 2).

Esta diferencia radica en que para fines de este trabajo no se utilizaron microorganismos eficientes que aceleraran el proceso de descomposición de estos materiales, tal como lo hizo Garcés (2010), ya que era necesario conocer el potencial de estos materiales vegetales (PS y LH) para ser utilizados en la obtención de extractos en condiciones naturales.

No obstante, la identificación de las bacterias responsables del proceso realizada en esta investigación, abre la oportunidad a nuevos estudios que evalúen la posibilidad de multiplicar dicha bacteria y utilizarla como microorganismo eficiente que acelere el proceso de obtención de estos lixiviados.

En cuanto a la inocuidad de los lixiviados, los resultados demuestran la ausencia de *Salmonella coliformes* y *E. coli* en los PS y LH de plátano (Cuadro 3), lo que es de suma importancia dado a que las organizaciones internacionales de salud exigen, como requisito indispensable de control para la utilización de estos productos, que estos microorganismos deben estar a muy bajas poblaciones o ausentes para considerar al producto inocuo (Larco, 2004).

Los resultados confirman que estos lixiviados se encuentran libres de microorganismos patógenos que puedan perjudicar a la planta o a los seres humanos u otros animales.

Cuadro 3. Inocuidad de los lixiviados obtenidos por descomposición de láminas foliares (LH) y pseudotallos (PS) de plátano 'Hartón'.

Análisis microbiológicos	Lixiviado de LH	Lixiviado de PS
Salmonella (en 25 ml de muestra)	Ausente	Ausente
Coliformes totales	Ausente*	Ausente*
<i>Escherichia coli</i>	Ausente*	Ausente*

*UFC.: $<1,0 \times 10^1$ * = placas sin colonias a la dilución señalada. /+: número estimado.

CONCLUSIONES

Las bacterias del género *Bacillus* son los microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición de PS y LH para la obtención de lixiviados en las condiciones planteadas en esta investigación, independientemente del lugar de donde provenga el material vegetal inicial.

Este proceso permite la obtención de lixiviados vegetales inocuos para las plantas, los seres humanos y los animales.

Se recomienda continuar los estudios para aislar, identificar, purificar y liofilizar estas bacterias y evaluar la posibilidad de su uso como microorganismos eficientes que permitan acelerar el proceso y acortar el ciclo de obtención de los lixiviados, para así aumentar la eficiencia de producción de los mismos.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Socialista de Agricultura Tropical (ESAT) del INIA y al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) por el financiamiento de esta investigación. A los señores Sabino Morales, Walter Williams y a los productores de plátano José Garranchán y Moises Piñero por la ayuda prestada en la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

Ainsworth G.C., F.K. Sparrow 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.

Álvarez E., J. Cortés y G. Ceballos. 2010. Alternativas para el manejo de la sigatoka

negra en plátano Dominico Hartón (AAB), mediante el uso de lixiviado y productos biológicos. Boletín MUSALAC 1(2):3-5.

Ammatanda M. 1999. Extraction of ricin from castor. Thesis in Master of Science in Chemical Engineering. Faculty of Texas Tech University. 69 p.

Arenas A., D. López, E. Álvarez, G. Llanos y J. Loke. 2005. Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstonia solanacearum* Smith, causante de moko de plátano. Fitopatología Colombiana 28(2):76-80.

Bacteriology Committee of American Phytopathological Society. 1989. Laboratory Guide for identification of plant pathogenic bacteria. Ed. Schaad, N. W. Georgia, EE. UU. Department of Plant Pathology, University of Georgia. 69 p.

Barnett H.L. and B.B. Hunter. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. Third Edition. Burgess Publishing Company Minneapolis, Minnesota. 241 p.

Blanco G., B. Linares y R. Guédez. 2011. Efecto de lixiviados provenientes de restos de cosecha de plátano sobre el crecimiento de vitroplantas de 'Plátano Hartón'. In: Memorias de III Encuentro Nacional de la Red de Biotecnología Agroalimentaria de Venezuela. Maracay, del 05 al 09 de diciembre de 2011.

Calvo P. y D. Zúñiga. 2010. Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*). Ecología Aplicada 9(1):31-39.

Corrales L.C., L.C. Sánchez, J. Cuervo, D. Bautista, L. González y M. Guevara. 2011. Evaluación del

- efecto biocontrolador de *Bacillus* spp., frente a *Fusarium* spp., bajo condiciones de invernadero en *Rosmarinus officinalis* L. NOVA Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. 8(13):63-75. ISSN:1794-2470.
- Garcés H. H.M. 2010. Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*Musa acuminata*) y plátano (*Musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero. Trabajo de Grado para la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 133 p.
- Glick B.R. 2012. Plant Growth promoting bacteria: Mechanisms and applications. Review Article. Scientífica volumen 2012, artículo ID963401, 15 p. Disponible en línea: <http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401> [Sep. 22, 2012].
- Gómez-Luna B.E., A. Hernández-Morales, C.H. Herrera, B.E. Méndez, G. Arroyo-Figueroa, L. Vargas-Rodríguez y V. Olalde-Portugal. 2012. Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). Ra Ximhai 8(3):97-102.
- Henao A., M. León y J.A. Ospina. 2002. Evaluación de microorganismos aceleradores del proceso de descomposición en banano de rechazo. In: Memorias XV Reunión Acobat realizada en Cartagena de Indias, Colombia, 27 de octubre al 02 de noviembre de 2002 Medellín (Col): Asociación de Bananeros de Colombia AUGURA. pp. 323-330.
- Hernández-Castillo F.D., R.H Lira-Saldivar, L. Cruz-Chávez, G. Gallegos-Morales, M.E. Galindo-Cepeda, E. Padrón-Corral y M. Hernández-Suárez. 2008. Potencial antifúngico de cepas de *Bacillus* spp. y extracto de *Larrea tridentata* contra *Rhizoctonia solani* en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Internacional de Botánica Experimental ΦYTON 77:241-252.
- Hernández-Orona V.L., Y. Garza-García, B. Gutiérrez-Rodríguez y J.G. Gaona-Lozano. 2011. Adecuación de parámetros microbiológicos de *Bacillus* sp. para la obtención de enzimas celulolíticas de ambientes extremos. In: Memorias XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. 19 a 20 de Junio, Queretaro, Qro. México.
- Idriss E.E., O. Makarewicz, A. Farouk, K. Rosner, R. Greiner, H. Bochow, T. Richter and R. Borriss. 2002. Extracellular phytase activity of *Bacillus amyloliquefaciens* FZB45 contributes to its plant-growth-promoting effect. Microbiology 148:2.097-2.109.
- Larco R. E.S. 2004. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet), en plátano. Tesis de grado para optar por el título de Magister Scientiae. Escuela de Posgraduados, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica. 77 p.
- Linares B. 2009. Informe de seguimiento técnico anual del proyecto "Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos", caso Venezuela. FONTAGRO-INIA Yaracuy, Venezuela. 10 p.
- Mogollón O., A.M. y J. Castaño Z. 2010. Evaluación *in vitro* de lixiviados del raquis de plátano sobre *Paracercospora fijiensis* (Morelet) Deighton. Agron. 18(2):17-23.
- Ortiz M. 2009. Evaluación de la actividad de los lixiviados de raquis de banano (*Musa* AAA), plátano (*Musa* AAB) y banano Orito (*Musa* AA) sobre el agente causal de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en condiciones *in vitro*. Trabajo de grado de Ingeniera Agropecuaria. Escuela Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 110 p.
- Osorio G. L.A., J. Castaño Z. y L.B. Gutiérrez R. 2012. Eficacia *in vitro* de lixiviados de plátano sobre *Fusarium oxysporum* Schlecht, causante de la pudrición de raíces de arveja (*Pisum sativum* Linneo). Agron. 20(1):17-25.

Robles C. y J.M. Barea. 2004. Respuesta de la planta y del suelo a la inoculación con *Glomus intraradices* y rizobacterias en maíz en cultivo intensivo. *Terra Latinoamericana* 22(1):59-69.

Russo R., J. Lugo, O. Arreola y O. Arango. 1995. Efecto de un bioestimulante húmico extraído del raquis de banano (pinzote) sobre el crecimiento de plántulas de banano (*Musa* AAB subgrupo Cavendish clon Gran enano). *Agronomía Mesoamericana* 6:130-133.

Caracterización química de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' en el estado Yaracuy

Chemical characterization of leachates pseudostems and leaf blades of 'Harton' plantain in Yaracuy state

Giomar Blanco^{1*}, Blas Linares¹, Julitt Hernández¹, Anna Maselli², Amalia Rincón², Rogelio Ortega¹, Elena Medina¹, Livia Hernández¹ y Juan Morillo¹

¹⁻²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) estado Yaracuy. ²Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP). Venezuela.

Correo electrónico: gblanco@inia.gob.ve, gioma@hotmail.com*

RESUMEN

La obtención de lixiviados efectivos contra enfermedades de interés, al igual que su potencial como estimuladores de crecimiento en musáceas, surge como alternativa para el aprovechamiento de restos de cosecha del plátano (*Musa* AAB). Para caracterizar químicamente los lixiviados de pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH) de plátano 'Hartón', biomasa proveniente de dos localidades con diferente manejo, fue colocada en recipientes plásticos para su descomposición, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado y arreglo factorial 2x2 (tipo de lixiviado y localidad) y tres repeticiones. Se determinó la concentración de proteínas, macro y microelementos, ácidos húmicos y fúlvicos, espectros de absorción de cada lixiviado comparados con los de reguladores de crecimiento y la presencia de metabolitos secundarios. Se encontró que independientemente de la localidad, los compuestos analizados estuvieron presentes en los lixiviados. La mayor concentración de proteínas se obtuvo en los lixiviados de LH, alcanzando valores de 128 µg ml⁻¹. El potasio fue el elemento más abundante en ambos extractos, representando el 77% de la composición de macroelementos. Solo se detectaron ácidos húmicos y fúlvicos en lixiviados de LH en concentraciones de 0,06 y 0,35%, respectivamente. Los máximos de absorción entre 220 y 250 nm obtenidos para los lixiviados, coincidieron con los de auxinas y citocininas. Los metabolitos secundarios observados en mayor intensidad fueron: flavonoides, alcaloides, ácidos carboxílicos, antraquinonas y fenoles. La presencia de proteínas, nutrientes, metabolitos secundarios y reguladores de crecimiento en los lixiviados estudiados, infieren propiedades para el control de enfermedades y la promoción del crecimiento en plantas.

Palabras clave: *Musa* AAB, metabolitos secundarios, nutrientes, proteínas, reguladores de crecimiento.

ABSTRACT

Leachate obtaining effective against diseases of interest, like its potential as growth stimulators in *Musa*, it emerges as an alternative to the use of crop residues bananas (*Musa* AAB). To chemically characterize the pseudostems and leaf blades leachate of 'Harton' plantain biomass from two locations with different management were placed in plastic containers for decomposition, under a completely randomized design and factorial arrangement 2x2 (type of leachate and locality) with three replications. Protein concentration, macro and microminerals, humic and fulvic acids, absorption spectra of each leachate, in comparison with the absorption spectra of growth regulators and the presence of secondary metabolites were determined. It was found that, regardless of the locality, the analyzed compounds were present in leachates. The highest concentration of protein was obtained in leaf blades, reaching values of 128 µg ml⁻¹. Potassium was the most abundant element in both extracts, representing 77% of the composition of macroelements. Only in leaf blades humic and fulvic acids were detected, at concentrations of 0.06 and 0.35%, respectively. The maxima absorptions obtained for leachates were between 220 and 250 nm, coinciding with auxin and cytokinin absorptions. The higher intensity secondary metabolites observed were flavonoids, alkaloids, carboxylic acids, phenols and anthraquinones. The presence of protein, nutrients, secondary metabolites and growth regulators in the plantain leachates had properties for disease control and promoting growth in plants.

Key words: *Musa* AAB, secondary metabolites, nutrients, proteins, growth regulators.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción de plátano, a nivel mundial, generan una gran cantidad de desechos orgánicos, provenientes de la cosecha y comercialización del rubro, tales como pseudotallos (PS), láminas foliares (LH) y restos de frutos o del racimo; los cuales son dejados en la misma plantación (Mazzeo *et al.*, 2010). Belalcázar *et al.* (1991) señalan que cuando se cosecha el racimo, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa.

Estos restos vegetales, a pesar de poseer grandes contenidos de nutrimentos (Hernández *et al.*, 2009), si se dejan en la plantación sin tratamiento, se convierten en hospederos de insectos plagas y enfermedades (Mazzeo *et al.*, 2010) como el gorgojo negro, el rayado del plátano (*Cosmopolites sordidus* Germán y *Metamasius hemipterus* L., respectivamente) y la sigatoka negra causada por el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet; además, dificulta las labores del cultivo (Hernández y Zamora, 2001).

Por lo anteriormente expuesto, se ha tomado interés en aprovechar estos residuos de cosecha a nivel industrial, con la obtención de harinas para consumo humano y animal (Mazzeo *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 2009), así como, almidones y papel (Mazzeo *et al.*, 2010). Mientras que en lo artesanal se utiliza la cepa del plátano para la elaboración de artesanías, muebles y postizos para el cabello (Hernández y Zamora, 2001). En el aprovechamiento directo, estos materiales son usados como fuente de alimento y para agua en la alimentación del ganado.

Estudios realizados por Garcés (2010) y Blanco (2010), señalan el uso de estos residuos en la obtención de extractos vegetales y lixiviados para el control de enfermedades y como promotores del crecimiento en el musáceas.

La composición de nutrimentos de estos extractos está asociada al efecto que los mismos ejercen sobre la planta (Garcés, 2010; Ortiz, 2009); sin embargo, es necesario profundizar sobre la detección de compuestos orgánicos tales como metabolitos secundarios, reguladores del crecimiento y proteínas que pudieran contribuir a explicar el efecto y determinar si la composición

varía cuando se usa material vegetal proveniente de localidades diferentes.

Este trabajo tiene como objetivo determinar la composición química de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano 'Hartón' (*Musa* AAB) provenientes de dos localidades productoras del estado Yaracuy.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio Integral Agropecuario del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), ubicado en el km 3, sector La Ermita, vía aeropuerto, municipio Cocorote, estado Yaracuy, en las coordenadas 10°17'29", latitud norte, 68°45'9,6" longitud oeste y altitud de 254 m.s.n.m.

Material vegetal

Se utilizaron PS y LH de plátano Hartón (*Musa* AAB) provenientes de dos localidades o zonas productoras del estado Yaracuy con diferente manejo del cultivo:

Localidad 1: Asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, parroquia Farriar, municipio Veroes (10°25'4" LN y 68°37'46,61" LO), con manejo agronómico deficiente y poca o nula fertilización del cultivo.

Localidad 2: Sector San Javier, parroquia San Javier, municipio San Felipe (10°22'18" LN y 68°39'58" LO), con un manejo agronómico adecuado y fertilización con base a los análisis de suelo.

Obtención de los lixiviados

Para la obtención de los lixiviados, se utilizó el modelo diseñado por Linares (2009), el cual consiste en la descomposición de restos de cosecha de plátano, en recipientes plásticos con tapa y volumen de 40 litros, a los que se les adaptó una plumilla para la toma de muestras del extracto. En el fondo de cada recipiente, se colocaron 10 kg de grava de río, con una tela tipo malla en el orificio de la plumilla, para evitar su obstrucción (Figura 1).



Figura 1. Aspectos sobre la instalación del sistema de producción de lixiviados de pseudotallos y láminas foliares de plátano: a) recipientes de 40 litros con tapa y plumilla adaptada para la colecta de lixiviados; b) grava de río y malla en el fondo del recipiente; c y d) llenado de los recipientes con el material vegetal; e) agua agregada para garantizar la humedad en el proceso; f) vista de los recipientes ya instalados.

Se siguió un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo factorial 2x2, que corresponden a dos niveles de los factores: tipo de lixiviado (PS y LH) y localidad (localidad 1 y localidad 2), con tres repeticiones, lo que generó las siguientes combinaciones: 1) lixiviado de PS-localidad 1; 2) lixiviado de PS-localidad 2; 3) lixiviado de LH-localidad 1; 4) lixiviado de LH-localidad 2.

El ensayo fue repetido dos veces en el tiempo para evaluar la consistencia en la respuesta de las variables, lo que determinó dos ciclos de producción (ciclo 1 y ciclo 2).

La cantidad de materia fresca utilizada para la obtención de estos extractos fue de 10 kg en el caso de PS y 5,5 kg para LH, establecida por la máxima capacidad de recepción de los recipientes. Una vez colocado el material vegetal dentro de los envases se le agregó 1 litro de agua para garantizar la humedad necesaria para el inicio del proceso de descomposición. Los recipientes fueron tapados para prevenir la entrada de

contaminantes y permanecieron bajo condiciones ambientales con temperaturas promedio de 36 °C. Semanalmente fueron aireados, drenando el volumen del extracto obtenido y volviéndolo a regresar al recipiente; para determinar el tiempo de duración del proceso, se midió el volumen producido hasta obtener un valor constante, momento que fue considerado como el final de dicho proceso.

Se tomaron muestras semanales (hasta que el volumen de producción del extracto fue constante) para determinar la concentración de proteínas totales, aplicando la técnica de microensayos descrita por Bradford (1976), que consistió en pipetear en un tubo de ensayo por duplicado 100 µl del extracto y agregarle 1 ml del reactivo proteína de Bradford, cuya preparación consiste en disolver 100 mg de Coomassie Blue G250 en 50 ml de etanol al 95%, mezclarlo con 100 ml de ácido fosfórico al 85%, aforando a 1 litro con agua destilada y filtrarlo en papel Whatman N° 1, para ser utilizado inmediatamente.

Una vez adicionado el reactivo proteína, se midió la absorbancia a una $\lambda=595$ nm, utilizando un espectrofotómetro modelo BioMate 3 Marca Thermo Electron Corporation®. La concentración de proteínas se determinó a partir de una curva de calibración con suero de albúmina bovina, la cual se obtuvo pipeteando volúmenes por duplicado de 10, 20, 40, 60, 80 y 100 μl de una solución estándar de esta proteína de 100 $\mu\text{g ml}^{-1}$ y ajustando el volumen a 100 ml con agua destilada estéril. Luego se le agregó 1 ml del reactivo proteína antes mencionado y se midió a una $\lambda=595$ nm.

Con fines de identificar la presencia de los reguladores de crecimiento, se determinó el espectro de absorción a cada muestra de lixiviado obtenida semanalmente, utilizando un espectrofotómetro NanoDrop 1000 marca Thermo Scientific® y se comparó con los espectros de absorción determinadas para auxinas y citocininas. Durante el primer ciclo de producción de estos extractos vegetales se realizaron 13 muestreos identificados del 1 al 13 y durante el segundo ciclo se verificaron 9 muestreos identificados del 14 al 22.

Al final del proceso de descomposición se tomaron muestras de los lixiviados para ser llevadas al laboratorio de agua-suelo-planta del INIA Yaracuy para la determinación de su composición química (macro y microelementos, pH y conductividad eléctrica). Además, se determinaron los principales grupos de metabolitos secundarios presentes mediante cromatografía de papel (Marcano y Hasegawa, 2002).

Los análisis para determinar la concentración de ácidos húmicos y fúlvicos fueron realizados según el método de Walkley-Black (1934), en el Laboratorio comercial SEDICOMVET, C.A ubicado en Maracay, estado Aragua. Los datos obtenidos fueron analizados a través del uso del programa InfoStat® (2013e). Se realizó la prueba de normalidad de Wilk y Shapiro modificada y las pruebas de varianza y de diferencias de medias de Tukey, en los casos donde se detectó diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La expresión descrita por la curva patrón utilizada para calcular la concentración de proteína fue la

siguiente: $Y=0,0037x+0,0438$, con $R^2=98,5$; donde Y = absorbancia y X = concentración de proteínas. Esta variable presentó un comportamiento fluctuante en el tiempo (Figura 2), detectándose diferencias altamente significativas ($P>0,01$) para la interacción tipo de lixiviado*localidad en cada muestreo realizado, para ambos ciclos.

La presencia de proteínas comenzó a detectarse en forma más temprana en el caso de los lixiviados provenientes de PS, comparados con los de LH, lo que pudiera reflejar que el inicio del proceso de descomposición de las LH es más tardío (seis semanas después), relacionado esto al carácter fibroso y de menor contenido de agua de las LH.

Durante las primeras semanas, la concentración de proteínas alcanzó los mayores valores en los lixiviados provenientes de PS de la localidad 1, donde el efecto de la localidad sobre esta variable está asociada al manejo del cultivo (poca o nula fertilización y poco deshoje fitosanitario), que refleja una menor intervención al ambiente y por tanto, una mayor diversidad y cantidad de microorganismos presentes en el filoplano del plátano (Urdaneta *et al.*, 2002).

Sin embargo, esta concentración de proteínas tanto en los lixiviados de PS de la localidad 1, como de la localidad 2, comienzan a disminuir en el tiempo, mientras que la tendencia es la de aumentar en los provenientes de LH, lo que pudiera estar asociado a lo tardío del proceso de descomposición en estos últimos extractos.

A pesar del retardo observado en el inicio de descomposición de las LH, al comparar los valores alcanzados por este tipo de lixiviado y el de PS, se puede apreciar que su concentración de proteínas llegó a superar los valores obtenidos para el caso de PS, independientemente de la localidad de procedencia, lo que era de esperarse debido a que en plátano las hojas tienen un mayor contenido de proteínas que los PS (Babatunde, 1991).

Estos resultados son de gran relevancia, considerando que las proteínas son fuente de aminoácidos, los cuales pueden tener un efecto directo sobre el metabolismo de la planta. Albuja *et al.* (2011) señalan que los aminoácidos libres agregados a la planta pueden ser incorporados inmediatamente al material proteínico y que por dicha razón, los biofertilizantes

a base de estos compuestos presentan grandes ventajas, entre las cuales está su efecto sobre la multiplicación celular y una acción positiva sobre la fertilidad del polen y la flor, aumentando las probabilidades productivas en los cultivos.

De igual manera, actúan como reguladores del transporte de microelementos, formando complejos con metales en forma de quelatos. La principal ventaja del uso de aminoácidos libres en la fertilización es que al ser absorbidos rápidamente

por la planta son utilizados inmediatamente, sin requerir mayores transformaciones (Albuja *et al.*, 2011).

Espectros de absorción de los lixiviados obtenidos

Los espectros de absorción de cada lixiviado (PS y LH) para las dos localidades (1 y 2) y en dos ciclos de producción, son presentados en las Figuras 3 y 4.

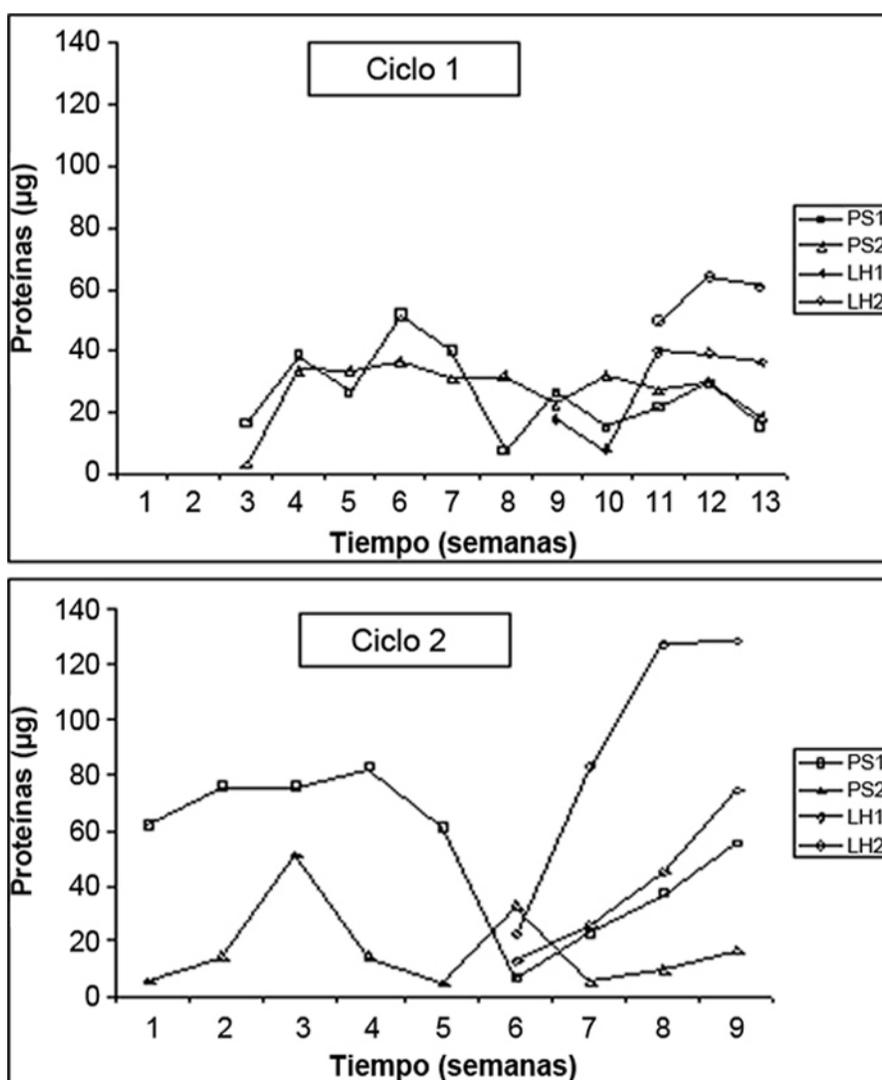


Figura 2. Concentración de proteínas totales ($\mu\text{g ml}^{-1}$) en lixiviados de pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2), durante dos ciclos de producción.

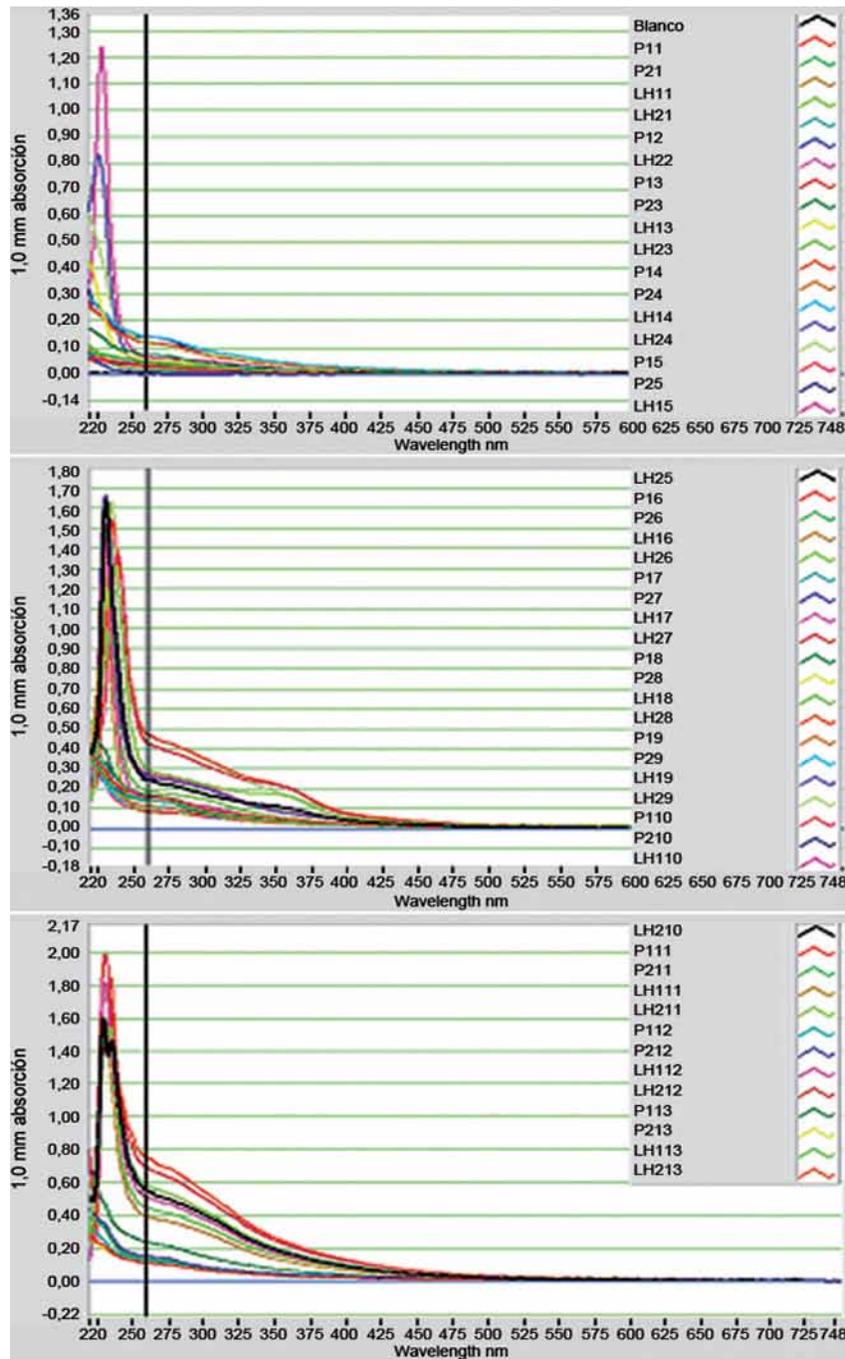


Figura 3. Espectros de absorción (absorbancia vs. longitud de onda, nm) de los compuestos presentes en los lixiviados de pseudotallos (P) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2) colectados semanalmente durante el primer ciclo de producción de los mismos (del muestreo 1 al 13). La letra indica el tipo de lixiviado, el primer número la localidad y el segundo el número de muestreo.

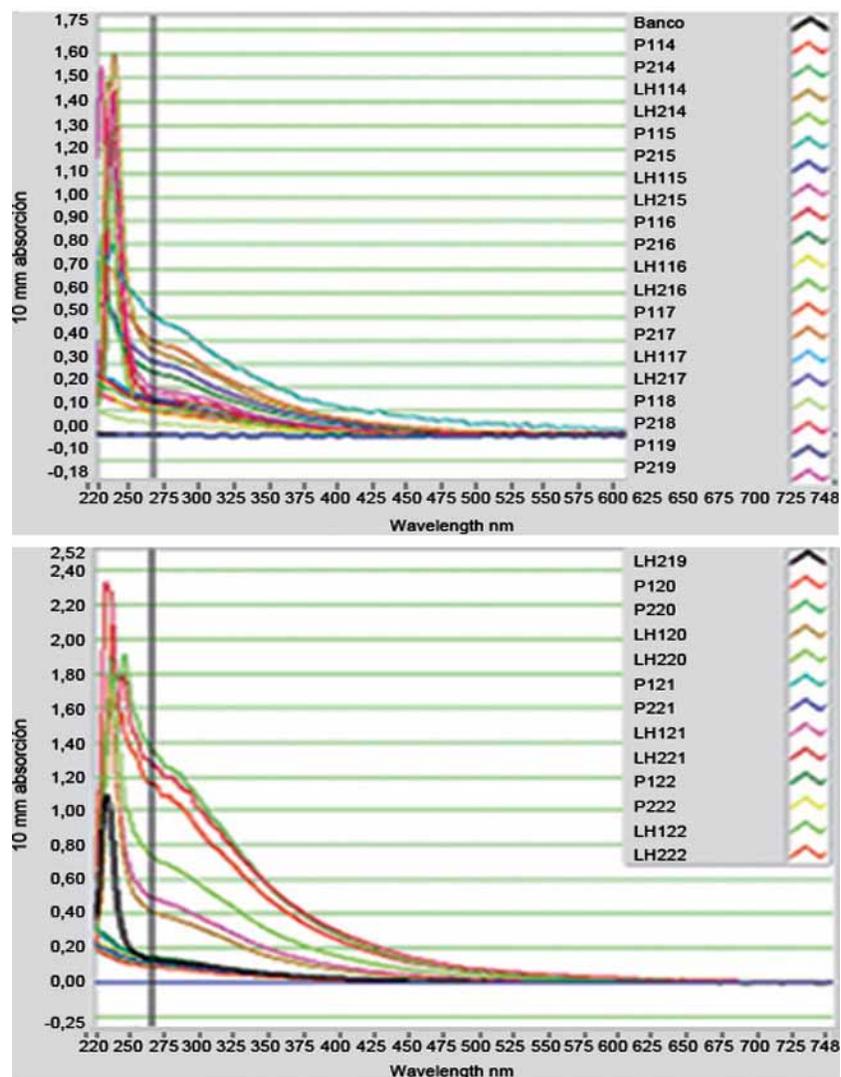


Figura 4. Espectros de absorción (absorbancia vs. longitud de onda, nm) de los compuestos presentes en los lixiviados de pseudotallos (P) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2) colectados semanalmente durante el segundo ciclo de producción de los mismos (del muestreo 14 al 22). La letra indica el tipo de lixiviado, el primer número la localidad y el segundo el número de muestreo.

Los espectros mostraron un comportamiento muy similar, independientemente de la localidad de procedencia del material vegetal, describiendo picos de máxima absorción entre los 220 y 250 nm; correspondientes al rango del ultravioleta, coincidiendo con los rangos de máxima absorción reportados en la literatura para la mayoría de los metabolitos

secundarios (Ariza, 2012; Alonso-Calderón *et al.*, 2008; Arango-Acosta, 2008); luego se extienden hasta alcanzar valores menores de absorción en el rango del visible (400-700 nm), donde compuestos fenólicos y flavonoides pueden también absorber. Dicho comportamiento se observa en ambos ciclos de producción de estos extractos (Figuras 3 y 4).

Si se compara esta respuesta con los espectros de absorción de las auxinas: ácido indolacético (AIA) y ácido indolbutírico (AIB) y citocinina bencilaminopurina (Figura 5), se observa que estos reguladores de crecimiento presentan picos de absorción alrededor de los 230 y 280 nm (compuestos auxínicos) y los 220 y 275 nm (citocininas), que coincide con lo reportado por Flórez y D Aleixo (2008).

Esta similitud en el comportamiento de los espectros, pueden llevar a pensar en la posibilidad de que los lixiviados evaluados tengan en su contenido compuestos auxínicos y citocininas que podrían estar contribuyendo al efecto promotor de estos extractos sobre el crecimiento reportado por Blanco (2010) y Garcés (2010) en especies de musáceas comestibles.

Análisis químico, macro y microelementos

En los Cuadros 1 y 2, se representan los valores para las variables pH, conductividad eléctrica (CE) y contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn) y manganeso (Mn). Observándose que tanto los lixiviados provenientes de PS como de LH, tienen un pH cercano a la neutralidad (Cuadro 1), lo que es recomendable porque los

niveles de pH favorece la disponibilidad de los nutrientes en el suelo (Ibañez, 2007).

Sin embargo, el análisis detectó diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) entre los tipos de lixiviados en cuanto a la CE y la concentración de N y Mg, significativas ($0,01 < P < 0,05$) para la concentración de K y Ca.

En este sentido, el lixiviado de LH presentó mayores valores de CE, lo que indica una mayor concentración de sales comparado con el de PS, y que está asociado a la mayor cantidad de macro y microelementos encontrados en dicho extracto (Cuadros 1 y 2).

Por otra parte, las diferencias observadas entre lixiviados de PS y LH en cuanto a la concentración de los macroelementos N, Ca, K y Mg, pudieran asociarse al mayor contenido de estos reportados en la literatura para LH comparados con PS (Hernández *et al.*, 2009).

Es necesario resaltar la importancia de la presencia en la composición de estos lixiviados de macro y micronutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, lo que hace viable su uso como biofertilizantes.

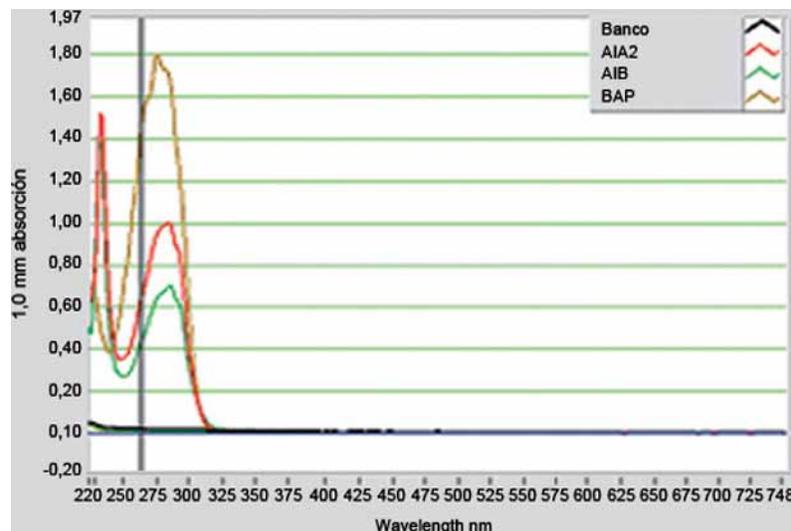


Figura 5. Espectros de absorción (absorbancia vs. longitud de onda, nm) de las auxinas: ácido indolacético (AIA) y ácido indolbutírico (AIB) y de una citocinina bencilaminopurina (BAP).

Cuadro 1. Análisis químico y macroelementos en los lixiviados de pseudotallo (PS) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2).

Análisis químico	Tipo de lixiviado		Localidad		CV (%)
	PS	LH	1	2	
pH	7,90	7,90	7,87	7,93	3,12
CE (dS/m a 25 °C)	7,65 b**	11,80 a**	10,60	8,85	19,38
N (%)	0,01 b**	0,02 a**	0,02	0,01	54,43
P (%)	0,01	0,0033	0,01	0,0033	38,56
K (%)	0,17 b*	0,24 a*	0,21	0,20	23,85
Ca (%)	0,02 b*	0,04 a*	0,03	0,03	40,66
Mg (%)	0,01 b**	0,02 a**	0,02 a*	0,01 b*	37,50

Letras distintas indican diferencias significativas según prueba de medias Tukey ($P > 0,05$).

*= Significativa; **= Altamente significativa.

Cuadro 2. Microelementos en los lixiviados de pseudotallo (PS) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2).

Análisis químico	Tipo de lixiviado		Localidad		CV (%)
	PS	LH	1	2	
Fe (mg kg ⁻¹)	4,63	3,73	4,63	3,73	53,84
Cu (mg kg ⁻¹)	0,24	0,27	0,24	0,27	49,75
Zn (mg kg ⁻¹)	0,30	0,41	0,34	0,37	57,45
Mn (mg kg ⁻¹)	1,12	2,74	3,15	2,71	41,76

CV= Coeficiente de variación.

En esta composición resalta el K como el macroelemento que se presenta en mayor cantidad, representando 77% comparado con el resto de los macroelementos en lixiviado de PS y 22% en LH. Esto coincide con lo señalado por Espinosa y Mite (2012) quienes reportan alto contenido de este elemento, generalmente, acumulado en esta especie.

En el caso del factor localidad, el análisis estadístico no detectó diferencias significativas para este factor, excepto para el elemento Mg, donde se observó que la localidad 1 presentó un nivel ligeramente mayor comparado con la localidad 2.

Esta diferencia puede ser atribuible al contenido de este elemento en el suelo.

En general, dada la similitud en el contenido de nutrientes observados en extractos de ambas localidades y dado que la diferencia entre las mismas es el manejo de la fertilización, se podría hipotetizar que el plátano es eficiente en extraer los nutrientes del suelo necesarios para su desarrollo. Al respecto, López *et al.* (2001) señalan que el banano (*Musa AAA*) se caracteriza por extraer grandes cantidades de nutrientes del suelo, lo cual está relacionado con su alta productividad.

Metabolitos secundarios

Los resultados de la determinación de metabolitos secundarios (saponinas, fenoles, flavonoides, alcaloides, ácidos carboxílicos, antraquinonas, terpenos y esteroides) en los lixiviados provenientes de PS y LH de plátano, se señalan en el Cuadro 3. Estos metabolitos, estuvieron presentes en ambos tipos de extractos vegetales independientemente de la localidad en los ciclos evaluados, excepto en el caso de saponinas que estuvo ausente para los extractos provenientes de PS.

Las saponinas son terpenos, y tienen la propiedad de formar espuma al agitar la solución. De su hidrólisis se obtienen carbohidratos y se les atribuye funciones antiinflamatorias y antivirales, además reducen la tensión superficial por lo que pueden usarse como surfactantes (detergentes) y alteran la permeabilidad de las membranas celulares (Marcano y Hasegawa, 2002). La propiedad surfactante de estos compuestos le confiere a los lixiviados una mayor capacidad para ser absorbido por las plantas.

Cabe destacar que los metabolitos observados con mayor intensidad fueron los flavonoides, seguido de los alcaloides, antraquinonas y fenoles, los cuales se pueden visualizar, por el número de signos positivos asignados a cada grupo (Cuadro 3).

Dentro de estos grupos de metabolitos podrían encontrarse compuestos que ayuden a explicar el efecto de los lixiviados sobre el crecimiento de vitroplantas de plátano, tales como los fenoles y flavonoides.

En este sentido, Hegab y Ghareib (2010) reportan que el ácido vanílico, un compuesto fenólico extraído de *Chenopodium murale*, estimuló la germinación, el crecimiento y la actividad de algunas enzimas antioxidantes en plantas de tomate (*Solanum esculentum*).

De igual manera, los fenoles parecen estar asociados a la absorción de nutrimentos, síntesis de proteínas, actividad enzimática, fotosíntesis, componentes estructurales y efectos aleloquímicos.

Cuadro 3. Grupos de metabolitos secundarios presentes en lixiviados de pseudotallos (PS) y láminas foliares (LH) provenientes de dos localidades (1 y 2) durante dos ciclos de producción determinados por cromatografía de papel.

Muestra	Saponinas	Fenoles	Flavonoides	Alcaloides	Ácidos carboxílicos	Antraquinonas	Terpenos y esteroides
Ciclo I							
PS/1	-	+	++	+	+	++	+
PS/2	-	+	++	++	+	++	+
LH/1	+	++	++++	++++	+++	+++	++
LH/2	+	++	++++	++++	+++	+++	++
Ciclo II							
PS/1	-	+	++++	+++	+	+	+
PS/2	-	+	++++	++	++	+	+
LH/1	++	+++	++++	+++	++++	+++	++
LH/2	++	+++	++++	+++	++++	+++	++

—= Ausencia de metabolitos; += Presencia de metabolitos. **Corresponde a cantidad, indicando mayor o menor intensidad observada para cada grupo.

En el caso de los flavonoides, actúan como catalizadores en la fase fotoquímica de la fotosíntesis y como reguladores de los canales de iones envueltos en la fosforilación (Stalikas, 2007).

Al grupo de los ácido carboxílicos se le ha asociado al crecimiento de las plantas, pero mayormente a su efecto sobre el crecimiento del fruto y su calidad (Román-Moreno y Gutiérrez-Coronado, 1998; Sandoval-Rangel *et al.*, 2011).

En el caso de los alcaloides, se les ha asociado dentro de sus funciones: ser un producto final del metabolismo o producto de desecho; un importante reservorio de N; actuar como agente protector de la planta contra el ataque de los depredadores; útil para regular el crecimiento, sustituto de minerales en plantas y en la respuesta al estrés biótico y abiótico (Waller y Nevacki, 1978; War *et al.*, 2012; Amirjani, 2013).

Las antraquinonas se conocen por su utilidad en la industria farmacéutica y de cosméticos, dada sus características antioxidantes, obteniéndose tintes naturales (Dave y Ledwani, 2012). También se le asocia con el control de enfermedades fúngicas y virales (Bezerra *et al.*, 2011), lo que pudiera contribuir a explicar la capacidad antifúngica reportada en la literatura para los extractos de plátano (Ortiz, 2009; Garcés, 2010).

Es importante señalar que estos metabolitos presentes en los lixiviados, son el producto no solo de los liberados por la materia vegetal utilizada para la obtención de los mismos (PS y LH), sino de la actividad de los microorganismos presentes durante el proceso.

Estos grupos de metabolitos secundarios encontrados en los lixiviados analizados, corrobora que los espectros de absorción para cada extracto, mostraron picos de máxima absorción entre los 220 y 250 nm, similar a los picos de absorción de un gran número de metabolitos secundarios.

Contenido de ácidos húmicos y fúlvicos

Con respecto a la concentración de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos (Cuadro 4), solo se detectó en el lixiviado proveniente de LH, encontrándose en concentraciones de 0,06 y 0,35%, respectivamente.

En el caso de los lixiviados de PS, las cantidades de estos compuestos fue muy baja para detectarlo por el método de análisis utilizado.

Cuadro 4. Concentración de ácidos húmicos y fúlvicos en lixiviados obtenidos por descomposición de láminas foliares (LH) y pseudotallos (PS) de plátano 'Hartón'.

Análisis	Lixiviado de LH	Lixiviado de PS
Ácidos húmicos	0,06%	0,00%
Ácidos fúlvicos	0,35%	0,00%

Estos resultados demuestran que a las sustancias húmicas se les ha atribuido características bioestimulantes, además de actuar en el desbloqueo de los minerales (nutrimentos) en estado insoluble, aumentar la actividad microbiana en el suelo y mejorar la sanidad de las plantas.

Cabe destacar que los ácidos húmicos, además de su influencia química, física y biológica sobre las propiedades del suelo, también poseen auxinas y precursores de su síntesis o actividad, por lo que en términos globales, su efecto en el metabolismo de las plantas se nota en una mayor asimilación de dióxido de carbono, mayor síntesis de ATP, mayor respiración mitocondrial y actividad fotosintética.

CONCLUSIONES

Los lixiviados provenientes de PS y LH de plátano Hartón están químicamente constituidos por proteínas, nutrimentos (macro y microelementos), metabolitos secundarios, ácidos húmicos y fúlvicos, como posibles reguladores del crecimiento que podrían contribuir al efecto positivo que tienen estos extractos en el control de enfermedades y en la promoción del crecimiento en plantas de plátano.

Aunque el proceso de descomposición de las LH inició de manera más tardía (seis semanas después comparado con el de PS), este lixiviado en general, resultó tener mayores contenidos de proteínas, N, K, Ca y Mg, metabolitos secundarios, ácidos húmicos y fúlvicos, comparado con el lixiviado de PS.

Los máximos obtenidos al realizar el espectro de absorción para los lixiviados analizados, soportan la hipótesis de que estos extractos podrían tener en su contenido auxinas y citocininas, las cuales regulan el crecimiento en las plantas.

Se recomienda continuar las investigaciones para detectar los microorganismos que participan en la descomposición de la biomasa durante la obtención de los lixiviados y evaluar su posible uso como microorganismos eficientes que acortan la duración del ciclo para la producción de los extractos.

Además, profundizar en la identificación de los compuestos específicos que componen estos lixiviados que determinan su efecto sobre el crecimiento de la planta y el control de enfermedades.

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Socialista de Agricultura Tropical (ESAT) del INIA, y al Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT) por el financiamiento de esta investigación. A los señores Sabino Morales y Walter Williams, así como a los productores de plátano José Garranchán y Moisés Piñero por la ayuda prestada en la realización de este trabajo.

LITERATURA CITADA

- Albuja Y. R.F., P.A. Araujo G. y A.C. López K. 2011. Obtención de un biofertilizante a partir del residuo ultra fino de *Spirulina platensis*, mediante degradación anaerobia. Boletín Técnico del Departamento de Ciencias de la Vida, Ing. en Biotecnología, Sangolquí, Ecuador. 20 p. Disponible en línea: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5015/2/T-ESPE-033046-A.pdf> [Mar. 20, 2011].
- Alonso-Calderón A., J. Pérez-Curiel, C. Montiel-Salinas, G. Geissler, M. T. Zayas-Pérez y M. L. O. Villegas-Rosas. 2008. Eliminación de fenol, 2-clorofenol y colorantes en aguas artificialmente contaminadas y aguas residuales textiles utilizando a la peroxidasa de chayote. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4(2):278-284.
- Amirjani M.R. 2013. Effects of drought stress on the alkaloid contents and growth parameters of *Catharanthus roseus*. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 8(11):745-750.
- Arango-Acosta G. J. 2008. Alcaloides y compuestos nitrogenados. Universidad de Antioquia, Colombia. 84 p. Disponible en línea: <http://farmacia.udea.edu.co/~ff/alcaloides.pdf> [Ago. 19, 2014].
- Ariza E. 2012. Determinación del perfil de compuestos fenólicos en arazá (*Eugenia stipitata*), Universidad Nacional de Colombia. 18 p. Disponible en línea: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6226/1/Ednaalejandraarizacubillos.2012.pdf> [Ago. 19, 2014].
- Babatunde G.M. 1991. Availability of banana and plantain products for animal feeding. In *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding* (David Machin and Solveig Nyvold Editores), ISBN 92-5-103138-X. FAO Animal Production and Health Paper 95. pp. 251-276.
- Bezerra de Barros I., J.F. de Souza-Daniel, J. Pereira-Pinto, M.I. Rezende, R. Braz-Filho and D. Trevisan-Ferreira. 2011. Phytochemical and antifungal activity of anthraquinones and root and leaf extracts of *Coccolobamollis* on phytopathogens. *Braz. arch. biol. technol.* 54(3):535-541.
- Belalcázar C., J. Valencia y J. Lozada. 1991 La planta y el fruto. En: Belalcázar, S (ed) *Manual de Asistencia Técnica No. 50 ICA, El cultivo del plátano en el trópico*. Armenia, Quindío, INIBAP. Feriva, Cali. pp. 45-89.
- Blanco G. 2010. Evaluación participativa de extractos vegetales promotores del crecimiento en plátano (*Musa AAB*) en condiciones de vivero, en el asentamiento Campesino Macagua-Jurimiquire, municipio Veroes, estado Yaracuy. Informe de Proyecto del Doctorado de Biotecnología Agrícola de la Escuela Socialista de Agricultura Tropical (ESAT). 31 p.
- Bradford M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry* 72:248-254.

- Dave H. and L. Ledwani. 2012. A review on anthraquinones isolated from *Cassia* species and their applications. *Indian Journal of Natural Products and Resources* 3(3):291-319.
- Espinosa J. y F. Mite. 2012. Búsqueda de eficiencia en el uso de nutrientes en banano. *International Plant Nutrition Institute*. Disponible en línea: [http://nla.ipni.net/articles/NLA0081-EN/\\$FILE/Eficiencianutrientes.pdf](http://nla.ipni.net/articles/NLA0081-EN/$FILE/Eficiencianutrientes.pdf). [Jun. 22, 2012].
- Flórez V.J. y M. de F. D. Aleixo P. 2008. Concentraciones opuestas de AIA-ABA aceleran el desarrollo floral de *Solidago x luteus*. *Agronomía Colombiana* 26(2), 237-245.
- Garcés H. H.M. 2010. Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*Musa acuminata*) y plátano (*Musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero. Trabajo de Grado para la obtención del título de Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 133 p.
- Hegab M.M. and H.R. Ghareib. 2010. Antioxidative effects of acetona fraction and vanillic acid from *Chenopodium murale* L. on tomato plant. *Weed Biology and Management* 10(1):64-72.
- Hernández J. y S. Zamora. 2001. Desarrollo rural sostenible para las zonas productoras de plátano del estado Yaracuy. INIA-Secretaría de Desarrollo Agrícola de la Gobernación del estado Yaracuy. 158 p.
- Hernández F. J.B., A.E. Cañizares CH., G. Blanco, I. Arrieche, A. Pérez, C. Salazar y M. González. 2009. Contenido de nitrógeno, fósforo y potasio en harinas de clones de musáceas comestibles (*Musa* spp.). *Revista UDO Agrícola* 9(2):499-457.
- Ibañez J. J. 2007. Biodisponibilidad de los nutrientes por las plantas, pH del suelo y el complejo de cambio o absorbente. Disponible en línea: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/05/09/65262>. [Jun. 22, 2012].
- InfoStat, 2013e. InfoStat profesional. Software versión 2.0. Estadística y diseño. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Linares B. 2009. Informe de seguimiento técnico anual del proyecto "Fortalecimiento de cadenas de valor de plátano: Innovaciones tecnológicas para reducir agroquímicos", caso Venezuela. FONTAGRO-INIA Yaracuy, Venezuela. 10 p.
- López A., J. Vargas, J. Espinoza y R. Vargas. 2001. Síntomas de deficiencias nutricionales y otros desórdenes fisiológicos en el cultivo del banano (*Musa* AAA). Guía de campo. *International Plant Nutrition Institute*, Quito, Ecuador. 53 p.
- Marcano D. y M. Hasegawa. 2002. Fotoquímica orgánica. Segunda edición. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Universidad Central de Venezuela. Editorial Torino, Caracas, Venezuela. 588 p.
- Mazzeo M.M., L. León A., L.F. Mejía G., L.E. Guerrero M. y J.D. Botero L. 2010. Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el Departamento de Caldas. *Revista Educación e Ingeniería* (9):128-139.
- Ortiz B. M.F. 2009. Evaluación de la actividad de los lixiviados de raquis de banano (*Musa* AAA), plátano (*Musa* AAB) y banano Orito (*Musa* AA) sobre el agente causal de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en condiciones *in vitro*. Trabajo de Grado para la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria. Escuela Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Guayaquil, Ecuador. 110 p.
- Román-Moreno L.F. y M.A. Gutiérrez-Coronado. 1998. Evaluación de ácidos carboxílicos y nitrato de calcio para incrementar calidad, cantidad y vida de anaquel en tres tipos de melón. *Terra Latinoamericana* 16(1):49-54.
- Sandoval-Rangel A., A. Benavides-Mendoza, M.A. Alvarado-Vázquez, R. Foroughbakhch-Pournavab, M.A. Núñez-González and V. Robledo-Torres. 2011. Influencia de ácidos orgánicos sobre el crecimiento, perfil bromatológico y metabolitos secundarios en chile piquín. *Terra Latinoamericana* 29(4):395-401.
- Stalikas C.D. 2007. Extraction, separation and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *V. Sep. Sci.* 30:3.268-3.295.

- Urdaneta G. L.M., A.E. Delgado A., L. Sosa and A. Piñeiro. 2002. Micobiota del filoplano en plátano Hartón (*Musa AAB*), en el municipio Francisco Javier Pulgar del estado Zulia, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)* 19:95-108.
- Waller G.R. and E.K. Newacki. 1978. *Alkaloid Biology and Metabolism in Plants*. Plenum Press, New York, ISBN-13: 1468407724, 9781468407723. 294 p.
- Walkley A. and I.A. Black. 1934. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci.* 37:29-37.
- War A.R., M.G. Paulraj, T. Ahmad, A.A. Buhroo, B. Hussain, S. Ignacimuthu and H. Sharma. 2012. Mechanisms of Plant Defense against Insect Herbivores. *Plant Signaling & Behavior* 7(10):1.306-1.320.

Primer reporte de *Fusarium thapsinum* Klittick y sus efectos en las inflorescencias del pasto aguja en Yaracuy, Venezuela

First report of *Fusarium thapsinum* Klittick affecting switchgrass inflorescences in state of Yaracuy, Venezuela

Jorge A. Borges Durán

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA Yaracuy), San Felipe, Venezuela.
Correo electrónico: jborges@inia.gob.ve

RESUMEN

En el presente trabajo, se señala por primera vez en Venezuela, el efecto de *Fusarium thapsinum* en las inflorescencias del pasto *Brachiaria humidicola*, en el municipio Manuel Monge, estado Yaracuy. Los síntomas caracterizados por espiguillas rojizas cubiertas con un moho polvoriento, impiden la viabilidad de la semilla debido a la malformación de sus estructuras internas. Observaciones realizadas a partir del micelio esporulado de las colonias aisladas, permitieron evidenciar la presencia de un micelio hialino septado y algunos macroconidios hialinos con el característico pie basal, generalmente con cinco septos bien definidos, entre 31-50 μm de longitud y 2,5-3,5 μm de ancho. Microconidios en cadenas, abundantes, hialinos y de forma ovalada sin septación. Ausencia total de clamidosporas y formación de colonias con pigmentación amarilla concéntrica en el fondo del medio papa-dextrosa-agar (PDA). Además, se evaluó el diámetro del pedúnculo floral, longitud de la inflorescencia, longitud de la espiguilla y el número de espiguillas/inflorescencia como indicadores diferenciales de la patología entre plantas sanas y afectadas, encontrándose diferencias significativas entre los grupos de plantas para las tres primeras variables, lo cual corrobora la naturaleza sistémica del patógeno en cuestión. Se concluyó que la presencia de este hongo en inflorescencias del pasto aguja, impide la formación de semillas para la renovación natural de la pastura, y la posible producción de micotoxinas, que puede representar una amenaza para la salud de los animales.

Palabras clave: *Brachiaria humidicola* (Rendle), patógeno de semillas, gramíneas, espiguilla.

ABSTRACT

Fusarium thapsinum is reported for the first time affecting *Brachiaria humidicola* inflorescences at Manuel Monge municipality, Yaracuy state, Venezuela. The disease is characterized by the presence of a grayish powdery mildew covering spikelets, which turn reddish and fail to produce seeds due to malformation of their internal structures. On PDA, the isolates presented characteristic concentric dark yellow pigmentation. Observations of sporulated mycelium from isolated colonies allowed to evidence the presence of hyaline septate mycelium and some hyaline macroconidia with characteristic basal foot, generally with five well-defined septa, between 31-50 μm in length and 2,5-3,5 μm width. Microconidia in chains, in abundance, hyaline and oval-shaped without septation. Total absence of chlamydospores and formation of yellow pigmented concentric colonies in the potato-dextrose-agar medium (PDA). It was also evaluated flower stem diameter, inflorescence length, spikelet length and number of spikelets/inflorescence, finding significant differences among groups of plants for the first three variables, which supports the systemic nature of the pathogen detected. It was concluded that the presence of this fungus in inflorescences of switchgrass prevents the formation of seeds for natural regeneration of pasture and possible mycotoxin production could represent a threat to animal health.

Key words: *Brachiaria humidicola* (Rendle), pathogen seeds, grasses, spikelets.

INTRODUCCIÓN

El género *Brachiaria* incluye cerca de 100 especies distribuidas en regiones tropicales del mundo, con diferencias morfológicas y fenológicas. En Venezuela, este género y sus diversas especies se encuentran ampliamente distribuidas en los sistemas de producción pecuarios (Vergara-López y Araujo-Febres, 2006).

Actualmente, Brasil es considerado como el mayor productor, consumidor y exportador de semillas de pastos, donde una importante parte de las semillas forrajeras comercializadas, tanto en sus mercados internos como externos, pertenecen al género *Brachiaria*. En este sentido, la sustentabilidad de los sistemas de producción de semillas de estas gramíneas se encuentran amenazadas por la incidencia de patógenos, los cuales pueden reducir la productividad y la calidad del producto (Marchi *et al.*, 2008).

En brachiarias, las enfermedades y plagas presentan pocos problemas concretos en cultivos para semilla; sin embargo, existen reportes que confirman la presencia de patógenos llevados en las semillas. En Brasil, el cornezuelo (*Claviceps sulcata*) reduce el rendimiento y con su exudado pegajoso, reduce la eficiencia de recuperación de la semilla de *B. decumbens*, especialmente si el cultivo es tardío (Fernandes *et al.*, 1992).

Se ha reportado en el país la presencia de *Drechslera* spp., *F. moniliforme*, *Curvularia* sp. y *Phoma* sp. como microorganismos saprófitos de la semilla de *B. decumbens* (Caruso y Subero, 2001).

Durante los meses de floración de este pasto (junio – agosto), se presentó en forma epifitótica, una patología en inflorescencias del pasto aguja, caracterizada por la presencia de un moho grisáceo que cubre las espiguillas que la conforman, lo cual impide la formación y desarrollo de las semillas. En función de esto, se realizó un análisis fitopatológico para identificar el hongo asociado a esta sintomatología y establecer su patogenicidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones fueron realizadas en las unidades de producción ubicadas en el municipio

Manuel Monge del estado Yaracuy, zona caracterizada como bosque seco tropical (Bs-T) de acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1967), con potreros establecidos con el pasto *B. humidicola*, destinados al pastoreo, durante el periodo de floración y maduración de las semillas.

En el campo se realizó la descripción de los síntomas en las inflorescencias y se midieron al azar, en 50 plantas, las siguientes variables morfológicas: diámetro del pedúnculo floral (DPF), longitud total de la inflorescencia (LTI), longitud de la espiguilla (LE) y el número de espiguillas/ inflorescencia (NE/I), tanto en inflorescencias afectadas como sanas. Se colectaron muestras de las inflorescencias, con presencia de moho gris y coloración rojiza en las espiguillas, que fueron debidamente trasladadas al laboratorio para su posterior análisis.

En el laboratorio se observaron con lupa algunas de las inflorescencias colectadas con el fin de detectar la presencia de signos del patógeno. Se tomaron al azar algunas inflorescencias, las cuales se colocaron en una cápsula petri con agua destilada y se mantuvieron en agitación durante 3 min para desprender las estructuras fúngicas presentes. A partir de la solución resultante se realizaron diluciones seriadas (1:10) de donde posteriormente, se tomó una alícuota (100 µl), se prepararon láminas portaobjetos para ser observadas con el microscopio óptico y se utilizó un objetivo micrométrico para la medición de los conidios.

Simultáneamente se tomó otra muestra de inflorescencias afectadas, las cuales fueron desinfectadas en una solución de hipoclorito de sodio al 3% (concentración comercial) durante 5 min en agitación y posteriormente enjuagadas en agua destilada estéril; se sometieron a condiciones de cámara húmeda para promover la formación de nuevas estructuras fúngicas. Transcurridas 72 h, se realizaron impresiones en cinta adhesiva transparente y se prepararon láminas empleando lactofenol y azul de eosina como tinciones contrastantes para ser observadas con el microscopio óptico. Otra muestra de espiguillas afectadas fue desinfectada y sembrada en cajas de petri contentivas del medio papa dextrosa agar (PDA Merck), las cuales fueron colocadas en incubación bajo fotoperiodo 12 horas luz -12 horas oscuridad y con temperatura ambiente de 25±2 °C durante 7 días; posteriormente,

se realizaron observaciones para evaluar las características morfológicas de la colonia.

Para la caracterización de las estructuras e identificación de la especie, se emplearon las descripciones señaladas por Seifert (2000), Summerell *et al.* (2003) y Carrillo (2003).

El registro de las variables morfológicas fue tabulado y sometido a un análisis de varianza, empleando la prueba de rango estudentizado de Tukey para la separación de medias, con el uso del programa estadístico InfoStat/Profesional v2.0 (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sintomatología observada en campo

La principal característica observada en campo fue la presencia de un moho compacto de color gris cubriendo la inflorescencia. Las espiguillas se tornaban entre rojizas y purpúreas, limitándose el desarrollo normal de la inflorescencia por falta de elongación de las mismas (Figura 1).

Se observó malformación del tejido en el interior de las espiguillas, por lo que no existe formación de semilla. Tanto el pedúnculo floral como el

raquis se tornaron de color rojizo. En el resto de la morfología de las plantas no se observaron cambios, ni daños. Sin embargo, se pudo comprobar el estado sistémico de esta afección al evidenciarse los síntomas en inflorescencias que aún no habían emergido de la vaina floral, así como en varias inflorescencias provenientes de una misma planta.

En observaciones con la lupa estereoscópica se evidenció la aglomeración de las espiguillas que conforman el racimo, incluyendo en algunos casos, la aglomeración de dos o más racimos debido a la alta proliferación de estructuras fúngicas (Figura 2).

Al realizar cortes transversales a las espiguillas, se observó la completa malformación del tejido interno sin poder diferenciarse sus estructuras reproductivas.

En los resultados comparativos entre variables morfológicas evaluadas en las plantas (ver Cuadro), se encontraron diferencias significativas para DPF y altamente significativas para LTI y LE, lo que permite inferir un posible efecto negativo en la emisión de la inflorescencia, y durante la diferenciación de las estructuras reproductivas de la espiguilla, con la consecuente inhabilitación del flósculo para la formación de semillas viables.



Figura 1. Sintomatología observada en inflorescencias de *Brachiaria humidicola* en campo.



Figura 2. Espiguillas sanas (izquierda) y afectadas (derecha) por *Fusarium thapsinum*, vistas en lupa estereoscópica (10X).

Cuadro. Variables morfológicas observadas entre plantas de *Brachiaria humidicola* con inflorescencias sanas y afectadas, en el estado Yaracuy, Venezuela.

Inflorescencias	Variables			
	DPF* (cm)	LTI** (cm)	LE** (mm)	NE/I
Sanas	1,2 a ± 0,2	4,8 a ± 0,6	4,3 a ± 0,6	17,3 ± 2,1
Afectadas	0,8 b ± 0,2	2,7 b ± 0,7	2,3 b ± 0,3	16,1 ± 2,7
CV (%)				
Sanas	20,2	12,1	13,1	12,2
Afectadas	31,9	24,9	14,4	16,7

DPF: Diámetro del pedúnculo floral; LTI: Longitud total de la inflorescencia; LE: Longitud de las espiguillas; NE/I: Número de espiguillas/inflorescencia; CV: Coeficiente de variación.

Valores en una misma columna con letras distintas difieren estadísticamente ($P \leq 0,05$)* y ($P < 0,0001$)**, según prueba de Tukey.

Al respecto, Fernandes *et al.* (1992) hallaron reducciones importantes tanto en la productividad de las plantas en los campos afectados, como en la calidad de la semilla de *Brachiaria* sp., con alta incidencia de *C. sulcata*; tal comportamiento también podría esperarse en este caso.

Observaciones del patógeno

En observaciones directas a láminas preparadas con la suspensión de esporas, se señalaron

abundantes macroconidios, característicos del género *Fusarium*. En las impresiones realizadas a las espiguillas sometidas a condiciones de cámara húmeda, se pudo mostrar la presencia de monofialides, de las cuales se originaban microconidios en cadenas.

En el cultivo PDA se detectó la formación de una colonia blanca algodonosa superficialmente, mientras que en el fondo se observó una pigmentación amarilla-naranja de forma concéntrica (Figura 3).

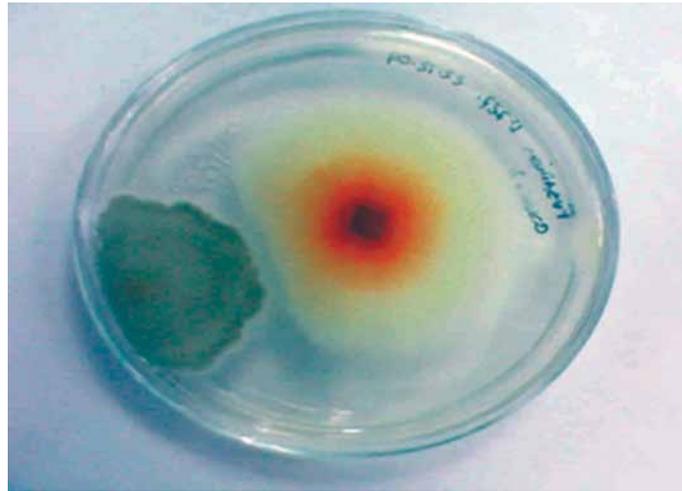


Figura 3. Pigmentación amarilla-naranja concéntrica de colonia de *Fusarium thapsinum* formada en fondo de medio PDA.

En las láminas preparadas a partir del micelio esporulado de las colonias y revisadas bajo el microscopio óptico, se evidenció la presencia de micelio hialino septado y macroconidios hialinos, con el característico pie basal, generalmente, con cinco septos bien definidos, entre 31-50 μm de longitud y 2,5-3,5 μm de ancho (Figura 4). Microconidios en cadenas o dispersos, abundantes, de forma ovalada e hialinos, sin septación. Ausencia total de clamidosporas tanto en el cultivo PDA como en el material sometido a cámara húmeda.

Todas estas características morfológicas coinciden con las señaladas para la especie *F. thapsinum* Klittich en la literatura (Klittich *et al.*, 1997).

F. thapsinum se encuentra establecido dentro de la sección Liseola, la cual agrupa y caracteriza aquellas especies de *Fusarium* que producen microconidias en cadenas y en falsas cabezas, así como macroconidias, pero que no producen clamidosporas (Wollenweber y Reinking, 1935).

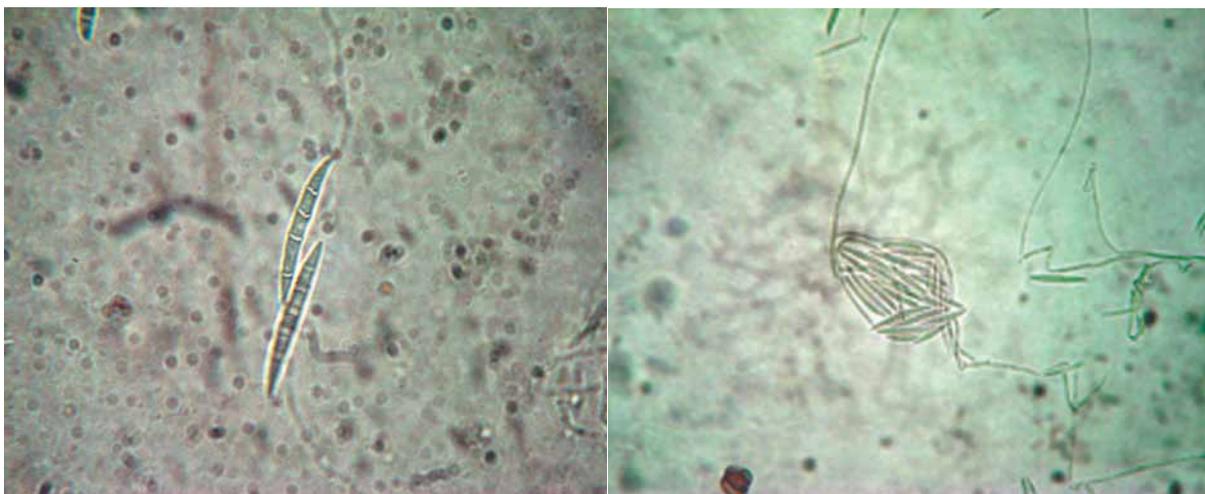


Figura 4. Macroconidios de *Fusarium thapsinum* (40X).

Esta especie es morfológicamente similar a *F. moniliforme* (= *F. verticillioides*), pero difiere en cuanto a morfología de las colonias (esta especie produce, en medio agarificado, una pigmentación amarillo oscuro), rangos de patogenicidad en plantas y perfil de producción de toxinas (Leslie *et al.*, 2005).

F. thapsinum ha sido reportada ampliamente como patógeno de la semilla del sorgo en Egipto, África del Sur, Filipinas, Tailandia y en nueve de los estados que conforman los EE. UU. (Klittich *et al.*, 1997). En Venezuela, *F. thapsinum* fue aislado y caracterizado a partir de semillas de sorgo (González *et al.*, 2003).

El efecto de *Fusarium* sobre la germinación de la semilla ha sido estudiado ampliamente por Prom *et al.* (2003) y Prom (2004), encontrando en ambos trabajos una reducción significativa en la tasa de germinación en ocho cultivares de sorgo y una correlación negativa importante, entre la germinación de la semilla y el patógeno en cuestión.

Aunque en el presente trabajo no se evaluó directamente el efecto de *F. thapsinum* sobre la germinación de la semilla de *B. humidicola*, se presume un efecto similar al reportado en sorgo, debido al daño causado en el tejido interno que conforma la espícula, donde se debería llevar a cabo la fecundación y formación de la semilla.

Otro aspecto importante a considerar con lo estudiado en este trabajo, es que se ha reportado a *F. thapsinum* como una especie productora de micotoxinas. Leslie *et al.* (2005), encontraron que cinco de las especies de *Fusarium* que conforman la sección *Liseola* son productoras de micotoxinas, y particularmente *F. thapsinum* produce altos niveles de moniliformina y bajas cantidades de fumonisinas.

En este sentido, la fumonisina ha sido comprobada como causante de daño hepático severo en becerros (Osweiler *et al.*, 1993) y vacas en producción, acompañado también de disminución en la producción láctea por bajo consumo de alimentos (Díaz *et al.*, 2000). Se hace hincapié en este tema debido a que el hongo fue encontrado en pasturas de *B. humidicola* destinadas al pastoreo de becerros y vacas en producción, lo cual representa una amenaza silente a la salud del rebaño.

CONCLUSIONES

En Venezuela, se registra por primera vez el *F. thapsinum* como agente causal del moho gris en inflorescencias del pasto *B. humidicola*, con un consecuente efecto negativo en la formación de semillas viables que permitan la renovación natural de la pastura, así como la posibilidad de ser una amenaza latente a la salud animal debido a su capacidad para producir micotoxinas.

AGRADECIMIENTO

A la MSc. Thamara Rojas, curadora del Herbario Micológico "Albert S. Muller" (VIA) del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-CENIAP), por las orientaciones dadas para la identificación de la especie.

LITERATURA CITADA

- Carrillo L. 2003. Los hongos de los alimentos y forrajes. Ediciones Universidad Nacional de Salta, Argentina. ISBN 987-9381-19-X. 128 p.
- Caruso D. y L.J. Subero. 2001. Micoflora presente en semilla de pasto barrera (*Brachiaria decumbens* S.). Fitopatol. Venez. 14(2):68 (Resumen).
- Díaz D.E., B.A. Hopkins, L.M. Leonard, W.M. Hagler Jr. and L.W. Whitlow. 2000. Effect of fumonisin on lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83 (Abstr.):1.171.
- Fernandes C.D., A.T.F. Fernandes y J.L. Bezerra. 1992. "Mela" das sementes de *Brachiaria*: uma nova doença para o Brasil. Fitopatol. Bras. 17(2):218 (Resumo).
- González M.S., D. Carusso, L. Da Silva y R. Navas. 2003. Caracterización de *Fusarium nygamai* de semillas y plántulas de maíz y *Fusarium thapsinum* de semillas de sorgo. XVIII Congreso Venezolano de Fitopatología. Maracay.12-14/11/03 (Resumen).
- Holdridge L.R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica.
- InfoStat, 2002. InfoStat profesional. Software versión 2.0. Estadística y diseño. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina Klittick C.J., J.F. Leslie, P.E. Nelson and W.F.O. Marasas. 1997. *Fusarium thapsinum* (*Gibberella thapsina*): a new species in section *Liseola* from sorghum. *Mycologia* 89(4):643-652.
- Leslie J.F., K.A. Zeller, S.C. Lamprecht, J.P. Rheeder and W.F.O. Marasas. 2005. Toxicity, pathogenicity and genetic differentiation of five species of *Fusarium* from sorghum and millet. *Phytopathology* 95:275-283.
- Marchi C.E., C.D. Fernandes, F. Anache y L. Rodríguez F. 2008. Progreso e controle da mela-das-sementes (*Claviceps maximensis*) de *Brachiaria brizantha*. *Summa Phytopathol., Botucatu* 34(3):241-247.
- Oswiler G.D., M.E. Kehrli, J.R. Stabel, J.R. Thurston, P.F. Ross and T.M. Wilson. 1993. Effects of fumonisin-contaminated corn screenings on growth and health of feeder calves. *J. Anim. Sci.* 71:459-466.
- Prom L.K. 2004. The effects of *Fusarium thapsinum*, *Curvularia lunata* and their combination on sorghum germination and seed mycoflora. *Journal of New Seeds* 6(1):39-49.
- Prom L.K., R.D. Waniska, A.I. Kollo and W.L. Rooney. 2003. Response of eight sorghum cultivars inoculated with *Fusarium thapsinum*, *Curvularia lunata*, and a mixture of the two fungi. *Crop Protection* 22(4):623-628.
- Seifert K. 2000. *Fusarium* Interactive Key. Agriculture and Agri-Food Canada. Disponible en: <http://res.agr.ca/brd/fusarium/>
- Summerell B.A., B. Salleh and J.F. Leslie. 2003. A utilitarian approach to *Fusarium* identification. *Plant Dis.* 87(2):117-128.
- Vergara-López J. y O. Araujo-Febres. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal *in situ* de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. *Revista Científica, FCV-LUZ / Vol. XVI, N° 3*, pp. 239-248.
- Wollenweber H. W. and O.A. Reinking. 1935. Die fusarien, ihre beschreibung, schadwirkung und bekämpfung. Citado por Leslie *et al.* (7).

Efecto de varios factores sobre características químicas de harinas de frutopán y harinas compuestas trigo-frutopán

Effect of various factors on chemicals characteristics of breadfruit flour and composed wheat – breadfruit flour

Lucía Graziani de Fariña*, Ligia Ortiz de Bertorelli, Alejandra Ramírez, Jhailu Herrera, José Rico y Rosana Figueroa

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Química y Tecnología. Apdo. 4579. Maracay 2101, estado Aragua. Venezuela.

*Correo electrónico: lgx2albert@gmail.com

RESUMEN

La semilla de frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco) ha sido recomendada por su valor nutricional, sin embargo, en Venezuela es poco utilizada como alimento. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del mes de cosecha y tiempo de cocción de las semillas de frutopán sobre características químicas de las harinas (HF), así como la proporción de harina usada y tiempo de cocción de las semillas, para la elaboración de harinas compuestas de trigo-frutopán (HTF). Los frutos fueron cosechados en dos meses distintos en la localidad de Cumboto, estado Aragua, Venezuela. Las HF fueron obtenidas por molienda de semillas tratadas sin y con cocción durante 20 y 40 min y secadas a 45 °C. Las HTF fueron preparadas incorporando 15, 25 y 35% de HF a la harina de trigo (HT). A las harinas se les determinó humedad, materia seca, cenizas, grasa, proteínas, fibra cruda y carbohidratos. A los resultados se les aplicó un análisis de varianza con factorial 3x2, siendo los factores evaluados el tiempo de cocción (tres niveles), mes de cosecha (dos niveles) y proporción de las harinas (tres niveles). Las características de las HF variaron con el tiempo de cocción y mes de cosecha, mientras que las HTF no fueron afectadas por la cocción, ni por la relación de las harinas. Los factores evaluados solo influyeron sobre la HF. Además, los resultados revelaron que en la preparación de las HTF es factible la incorporación de 35% de HF y la cocción por 20 min de las semillas.

Palabras clave: *Artocarpus camansi* White, Moraceae, fruta tropical, fuente proteica, subproducto.

ABSTRACT

Breadfruit seed (*Artocarpus camansi* White) has been recommended for its nutritional value; however, it is rarely used in Venezuela as food. The aim of this study was to evaluate the effect of the month of harvest and cooking time of breadfruit seeds on chemical characteristics of flour (HF) as well as the proportion of flour used and cooking times of seeds in the preparation of wheat and breadfruit composed flour (HTF). Fruits were harvested in two different months in the locality of Cumboto, Aragua state, Venezuela. The HF was obtained by grinding seeds treated with and without cooking for 20 and 40 min and dried at 45 °C. The HTF was prepared by incorporating 15, 25 and 35% HF to wheat flour (HT). Moisture, dry matter, ash, fat, protein, crude fiber and carbohydrates contents were determined. A factorial variance analysis 3x2 was applied to data obtained. Factors evaluated were cooking time (three levels), harvest month (two levels) and proportion of flour (three levels). The characteristics of the HF vary with cooking time and month of harvest, while HTF was unaffected by cooking or by HF proportion. Factors evaluated only influenced HF. In addition, the results revealed that in the preparation of the HTF the incorporation of 35% HF from seeds cooked for 20 min is feasible.

Keys word: *Artocarpus camansi* White, Moraceae, tropical fruit, protein source, byproduct.

INTRODUCCIÓN

El frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco) es un rubro con un valor alimenticio apreciable. Estudios sobre el frutopán del estado Aragua, Venezuela, han revelado que la semilla contiene 7,58% de proteínas; 5,32% de grasa; 1,32% de fibra; 2,22% de cenizas (Núñez *et al.*, 2011) y 62,49% de carbohidratos (Herrera y Rico, 2008).

En este sentido, Ramírez *et al.* (2012a) detectaron valores bajos de factores antinutricionales, como actividad de inhibidores de tripsina (5,50-8,07 mg g⁻¹) y fósforo fítico (0,09-0,17%); además de propiedades funcionales adecuadas, como absorción de agua (341,64-362,75%) y de aceite (189,45-208,19%), que establecen la capacidad de las proteínas para absorber y retener dichos compuestos, influyendo sobre la textura y sensación al paladar de los alimentos (Fasasi *et al.*, 2007).

Según los valores encontrados por Adeleke y Abiodun (2010) en frutos de Nigeria, África, las semillas también poseen minerales como potasio (325 mg kg⁻¹), calcio (185 mg kg⁻¹), fósforo (363 mg kg⁻¹), hierro (0,05 mg kg⁻¹), cobre (0,12 mg kg⁻¹), manganeso (1,20 mg kg⁻¹), sodio (248 mg kg⁻¹) y magnesio (1,48 mg kg⁻¹), además, las proteínas presentaron ocho aminoácidos esenciales (293 mg g⁻¹ N de arginina, 167 mg g⁻¹ N de histidina, 245 mg g⁻¹ N de isoleucina, 392 mg g⁻¹ N de leucina, 275 mg g⁻¹ N de lisina, 312 mg g⁻¹ N de fenilalanina, 24 mg g⁻¹ N de triptófano y 95 mg g⁻¹ N de metionina) y dos no esenciales (185 mg g⁻¹ N de tirosina, 112 mg g⁻¹ N de cistina), siendo alto su contenido de leucina y fenilalanina y bajo el de triptófano y metionina, deficiencia que puede ser suplementada con otras harinas.

De acuerdo con las características señaladas, el uso de las semillas de frutopán es promisorio para la elaboración de diversos alimentos, entre ellos, productos de panadería, tortas, galletas, pastas y otros (Akubor y Badifu, 2004; Herrera y Rico, 2008; Ramírez *et al.*, 2012b).

Por lo tanto, su aplicación en la industria de alimentos significaría un aporte importante, debido a que representa una alternativa para disminuir la dependencia de materias primas importadas como el trigo y un consecuente

ahorro en la economía nacional. De allí la importancia de continuar las investigaciones sobre el rubro, ya que en Venezuela este cultivo es subutilizado (Núñez *et al.*, 2011), puesto que se usa principalmente para darle sombra a las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.).

Por las razones expuestas, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar el efecto del mes de cosecha y del tiempo de cocción sobre las características químicas de las harinas elaboradas a partir de las semillas de frutopán y en harinas compuestas de trigo y frutopán, al igual que las proporciones de las harinas usadas en la preparación.

Además, con los productos elaborados se aspira incentivar su incorporación en la alimentación humana, a fines de motivar el cultivo de este rubro. El aprovechamiento artesanal e industrial del frutopán como materia prima o ingrediente en la confección de productos alimenticios comercializable, incidiría en el mejoramiento del ingreso económico y en las condiciones nutricionales de la población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y muestreo del material

La recolección de los frutos en plantas de frutopán se realizó en Cumboto, estado Aragua, en un área delimitada de 1 ha. La primera cosecha (L1) se efectuó en agosto del 2007, fecha que coincidió con un período de sequía prolongado, con poca disponibilidad de agua y escasez de frutos, excepto en la zona cercana al río Cumboto, lugar en donde se realizó la colecta. La segunda cosecha (L2) se practicó en el mes de noviembre del mismo año, donde se evidenció abundancia de frutos y suelos más húmedos, debido a las precipitaciones ocurridas días antes. La recolección se hizo, tanto en plantas cercanas como en las alejadas del río.

En cada cosecha se recolectaron al azar entre 50 y 55 frutos (≈70 kg) sanos y maduros, con una coloración de verde intenso a verde amarillento y una textura de firme a semi-blanda (Núñez *et al.*, 2011). En el ensayo se empleó un diseño estadístico completamente aleatorizado.

Preparación de harinas de semillas de frutopán

Las semillas fueron extraídas manualmente, lavadas tres veces con una solución clorada al 0,005% y secadas por ventilación mecánica con un ventilador marca Taurus de 110 voltios y tres velocidades.

Las muestras secas fueron pasadas térmicamente por cocción en agua hirviendo (0, 20 y 40 min), secadas a 45 ± 2 °C en una estufa sin circulación de aire marca Memmert, hasta alcanzar aproximadamente 10 y 14% de humedad (COVENIN, 2001). Luego las muestras fueron pasadas por un molino de martillo, marca Hammermills, tamizadas con malla de 590 μ (malla 30), envasadas al vacío en bolsas plásticas y conservadas bajo refrigeración a 5 ± 2 °C. Las harinas de las semillas crudas fueron identificadas como HF1, las cocidas por 20 min HF2 y las cocidas por 40 min HF3.

Preparación de harinas compuestas de trigo y frutopán

Para la elaboración de las harinas compuestas (HTF), se homogeneizaron por separado las harinas de frutopán (HF), provenientes de las dos cosechas y se definieron tres niveles de sustitución (15, 25 y 35%) de la harina de trigo (HT) por HF. Se mezcló la HT con la HF1, HF2 y HF3, obteniéndose tres tipos: HTF1, HTF2 y HTF3. La HT fue adquirida en el mercado local. Todas las harinas fueron almacenadas en refrigeración a 5 ± 2 °C.

Análisis químicos

A las harinas se les realizó análisis por triplicado de humedad (método N° 925.10), ceniza (método N° 923.03), grasa (método N° 920.39), proteína (método N° 954.01) y fibra cruda (método N° 962.09), usando la metodología de la AOAC (1997). También, se les determinó materia seca (MS), la cual fue calculada restando la humedad y carbohidratos por diferencia del resto de los demás componentes.

Análisis estadísticos

A los resultados de los análisis químicos de las HF se les aplicó un análisis de varianza (vía paramétrica) con factorial 3x2, donde los factores evaluados fueron: tiempo de cocción de las

semillas a tres niveles y mes de cosecha a dos niveles, seguido de una prueba de comparación de medias de Duncan. Asimismo, se comparó las HF con la HT usada como control, mediante una prueba de medias de Dunnett, utilizando el programa estadístico SAS (1998).

A los valores de las características químicas de HTF, se les realizó un análisis de varianza con un arreglo factorial 3x3 (tres proporciones de harinas por tres tiempos de cocción), luego una prueba de comparación de medias de Duncan. De igual forma, se comparó las HTF con HT, aplicando una prueba de medias de Dunnett, ambos análisis se efectuaron por vía paramétrica (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características químicas de las harinas de semillas de frutopán

En los resultados de las características químicas de las HF la interacción entre las variables evaluadas no fue significativa, variando solamente para los efectos simples tiempo de cocción y mes de cosecha (Cuadros 1 y 2).

Al analizar los valores obtenidos en las harinas con distintos tiempos de cocción, el análisis de varianza indicó diferencias significativas al 5% de probabilidad en la composición química de las muestras, con excepción de las proteínas y la fibra cruda cuyos valores no variaron entre las muestras cocidas.

Todas las harinas presentaron entre 11 y 14% de humedad, correspondiendo el menor porcentaje a la HF3 y el mayor a la HF2 (Cuadro 1). Estos valores concordaron con los recomendados por COVENIN (2001) en la norma 217, lo que indicó un adecuado control del proceso de secado.

Dicha norma establece un máximo de 15% de humedad para HT, pues, se ha determinado que contenidos de humedad mayores al 14% favorecen el desarrollo de insectos, lo que acelera su deterioro, mientras que valores inferiores al 10% pueden afectar la composición proximal, en parte debido a la cristalización de carbohidratos (Acuña, 2007).

Cuadro 1. Características químicas de las harinas de semillas de frutopán con diferentes tiempos de cocción.

Características químicas (%)	Harinas de semillas de frutopán		
	HF1 Crudas	HF2 Cocidas 20 min	HF3 Cocidas 40 min
Humedad	12,62 b	13,31 a	11,37 c
Materia seca	87,38 a	86,69 b	88,63 a
Cenizas•	2,70 b	2,92 a	2,57 b
Grasa•	6,73 b	6,61 b	7,22 a
Proteínas•	15,47 a	15,03 b	15,15 b
Fibra cruda•	2,39 a	2,21 b	2,32 ab
Carbohidratos•	60,10 b	59,91 b	61,38 a

•Base seca. Letras distintas horizontalmente, indican diferencias significativas al 5%.

Cuadro 2. Características químicas de las harinas de semillas de frutopán en dos meses de cosecha.

Características químicas (%)	Harinas de semillas de frutopán	
	Cosecha L1	Cosecha L2
Humedad	13,13 a	11,74 b
Materia seca	86,87 b	88,26 a
Cenizas•	2,81 a	2,64 b
Grasa•	6,53 b	7,18 a
Proteínas•	15,38 a	15,06 b
Fibra cruda•	2,34 a	2,26 a
Carbohidratos•	59,81 b	61,12 a

•Base seca. Letras distintas horizontalmente, indican diferencias significativas al 5%.

El control de la humedad influyó sobre la MS, la cual difirió entre las muestras, siendo menor su valor en HF2, harina que presentó la mayor humedad.

Respecto al resto de los componentes, se observó que HF1 presentaron mayor cantidad de proteínas, HF2 de humedad y cenizas, mientras que HF3 de grasa y carbohidratos. Estos resultados revelaron que la cocción por 40 min incidió sobre el porcentaje de cenizas, posiblemente por disolución de algunas de las sales que la componen. La proporción de grasa también fue afectada por el mayor tiempo de exposición a la temperatura de ebullición, quizás por la disminución de los componentes de la muestra solubles en agua.

En las proteínas se notó un descenso en relación con la muestra cruda, lo que pudiera deberse a que una parte de estos compuestos hidrosolubles interactúan con el agua durante el calentamiento y se pierden como consecuencia de la lixiviación (Badui, 2006). Por su parte, la fibra cruda al estar formada por compuestos químicos de enlaces muy fuertes, no es hidrolizada ni por la acción del agua, ni por las altas temperaturas (Rodríguez-Palenzuela *et al.*, 1998).

Kirk y Badrie (2005), en estudios sobre el frutopán en Trinidad, observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en la composición química de las semillas crudas (SC) y hervidas (SH) por 20-25 min en agua con 0,07% de sal, en las cuales variaron los contenidos de grasa (3,65% en SC y 4,20% en SH) y carbohidratos totales (25,67% en SC y 23,90% en SH), en tanto que no difirieron en proteínas (6,92% en SC y 6,89% en SH) ni en cenizas (3,62% en SC y 3,42% en SH).

La composición química de HF fue distinta a la obtenida por Nuñez *et al.* (2011) en muestras procedentes de la zona norte costera del estado Aragua, cuyos valores de proteínas (7,26-7,58%), grasa (4,65-5,94%), cenizas (1,45-2,22%) y fibra (1,32-1,44%) fueron más bajos.

Asimismo, difiere de las características del *Artocarpus camansi* de Nigeria (Adeleke y Abiodun, 2010), el cual posee menos proteína (4,87%), grasa (3,48%), fibra cruda (1,20%) y

carbohidratos (26,1%), en cambio tiene más ceniza (3,43%) que el frutopán analizado en este estudio. En cuanto a la fibra cruda, los valores de HF analizadas, guardan semejanza con los porcentajes (2,5%) de semillas de *Treculia africana* cocidas a 95-100 °C durante 15 min (Akubor, 2005; Akubor y Badifu, 2004).

La variabilidad de las características químicas detectadas durante el tratamiento térmico fue relativamente baja, a pesar de las diferencias significativas entre las muestras, lo que podría atribuirse a que la cocción de las semillas se realizó sin retirar el epicarpio, el cual pudo haber actuado como una barrera protectora preservando los componentes.

En relación con el mes de cosecha de los frutos (Cuadro 2), el análisis estadístico reveló la existencia de diferencias significativas ($P \leq 0,05$) para todas las características evaluadas, exceptuando el contenido de fibra cruda, cuyos valores fueron similares.

La humedad difirió a un nivel de significancia del 5%, consecuentemente la MS varió, presentando la muestra de la cosecha L1 el valor más alto de humedad y el más bajo de MS, lo que puede atribuirse a la misma razón señalada para las muestras con distintos tratamientos de cocción, es decir, a la manipulación inducida del secado para ajustar la humedad y garantizar la estabilidad del producto.

Los valores de cenizas y proteínas fueron ligeramente mayores en la cosecha L1 y los de grasa y carbohidratos en la L2. Las variaciones entre las muestras, además del mes de cosecha, también pudieran estar asociadas con las zonas de recolección de los frutos, ya que las colectas se hicieron en dos sectores de la parcela con condiciones agroecológicas algo diferentes.

Casanova (1996) señala que las plantas cercanas a los ríos pudieran presentar mayor disponibilidad de nutrientes debido al arrastre y depósito de minerales y materia orgánica. Esto hace que se mantenga la producción de frutos, al contar la planta con un suministro permanente de agua que permite la translocación de nutrientes desde las raíces hasta los frutos en la planta.

Otra razón pudiera ser la variabilidad de la textura del suelo en la localidad de Cumboto y otras zonas aledañas, la cual ha sido caracterizada como franco-arcillo-arenosa (Monagas, 1995; Trujillo *et al.*, 1999); empero esta caracterización varía dentro de la misma parcela, lo que influye sobre los procesos de drenaje y disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo.

Asimismo, la tasa de absorción de agua y nutrientes por las raíces y la distancia con respecto a las raíces de otras plantas, puede crear un ambiente de competencia por los elementos orgánicos e inorgánicos disponibles en el suelo, ya que estas plantas compiten con el cultivo de cacao al cual están asociados (Casanova, 1996; Rangel, 2001).

Al comparar la composición química de HF con HT (Cuadro 3), se observaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en las variables estudiadas, excepto en los contenidos de cenizas de HF1 y HF2 de la cosecha L1.

En líneas generales las HF, independientemente de los tratamientos de cocción, mostraron con

respecto a la HT, mayores contenidos de humedad, grasa, proteína y fibra cruda, así como menores de cenizas y carbohidratos, variaciones atribuibles a las características propias de cada especie y al proceso de control de humedad en el secado.

Akubor y Badifu (2004) asignaron un mayor valor nutricional a la harina de *Treculia africana* que a la HT, por presentar mayores contenidos de cenizas (3,50%), grasa (11,00%), proteína (17,06%) y fibra cruda (2,50%). De igual manera, mostraron menor valor de carbohidratos (60,24%) que la HT.

Cabe resaltar los valores menores de carbohidratos de la HF con respecto a la HT, lo que está asociado a un bajo índice glucémico (IG).

Algunos estudios indican que el frutopán presenta un IG de 47, menor que los rubros como la HT (IG=67), el ñame blanco (IG=75), el ñame dulce (IG=79) y la harina de arroz (IG=124), por lo que podría ser considerado como una alternativa de consumo saludable para las personas que padecen de diabetes mellitus (Bahado-Singh *et al.*, 2006; Mansilla, 2006).

Cuadro 3. Características químicas de las harinas de semillas de frutopán con diferentes tiempos de cocción y composición química de la harina de trigo.

Características químicas %	Harinas de semillas de frutopán (HF)						Harina de trigo (HT)
	Cosecha L1			Cosecha L2			
	HF1	HF2	HF3	HF1	HF2	HF3	
Humedad	14,38*	14,50*	10,50*	10,86*	12,13*	12,23*	9,74
Materia seca	85,62*	85,50*	89,50*	89,14*	87,87*	87,77*	90,26
Cenizas•	2,78	3,17	2,49*	2,61*	2,67*	2,65*	3,04
Grasa•	6,14*	6,25*	7,20*	7,32*	6,98*	7,25*	1,38
Proteínas•	15,18*	15,34*	15,61*	15,75*	14,73*	14,69*	12,79
Fibra cruda•	2,27*	2,47*	2,29*	2,50*	1,95*	2,34*	0,23
Carbohidratos•	59,24*	58,27*	61,91*	60,96*	61,55*	60,83*	72,82

HF1: Harinas de semillas crudas; HF2: Harinas de semillas cocidas 20 min; HF3: Harinas de semillas cocidas 40 min.

•Base seca; *Diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con el control.

Al comparar la composición química de HF con los valores obtenidos (3,11% cenizas; 1,27% grasa; 6,88% proteína; 7,41% fibra; 81,33% carbohidratos) por Mendoza (1992) en ñame de palo (*Artocarpus altilis*) y (2,52% cenizas; 0,53% grasa; 11,97% proteína; 0,80% fibra; 75,69% carbohidratos) por Benítez *et al.* (2008) en trigo (*Triticum aestivum*) y (2,58% cenizas; 0,61% grasa; 2,00% proteína; 1,20% fibra; 85,64% carbohidratos) en yuca (*Manihot esculenta* Crantz), se observa que en el frutopán los niveles de grasa y proteína son mayores, lo que pudiera incidir en una mejor calidad nutritiva.

A pesar de ser estadísticamente significativas las diferencias de las muestras recolectadas en meses distintos, en la elaboración de HTF se usó la mezcla de las HF provenientes de las dos cosechas, debido a que en la industria no se hace selección de muestras por época.

Sin embargo, en este estudio se evaluó el efecto del mes de cosecha por motivos científicos,

considerando que esta información pudiese ser de interés en investigaciones futuras sobre este rubro.

Características químicas de las harinas compuestas trigo y frutopán

En las características químicas de HTF, al igual que en HF, no se encontraron diferencias significativas para la interacción doble, por lo que se consideraron solamente los efectos simples proporción de harina (Cuadro 4) y tiempo de cocción (Cuadro 5).

El análisis estadístico indicó que no hay diferencias en la composición de HTF (Cuadro 4) elaboradas con distintas proporciones de harinas (HT:HF), lo que revela que las variaciones halladas con anterioridad entre HT y HF (Cuadro 3), no son detectables al mezclarlas en las proporciones señaladas, requiriéndose probablemente otros análisis para poder verificar los posibles beneficios nutricionales de la incorporación de HF.

Cuadro 4. Características químicas de harinas compuestas de trigo y frutopán elaboradas con distintas proporciones.

Características químicas (%)	Harinas compuestas (HTF)		
	HT:HF		
	85:15	75:25	65:35
Humedad	9,92 a	9,90 a	9,73 a
Materia seca	90,08 a	90,10 a	90,27 a
Cenizas•	2,47 a	2,53 a	2,62 a
Grasa•	2,38 a	3,01 a	2,86 a
Proteínas•	12,82 a	12,97 a	13,19 a
Fibra cruda•	1,21 a	1,23 a	1,46 a
Carbohidratos•	71,21 a	70,36 a	70,14 a

•Base seca. Letras iguales horizontalmente, indican que no existen diferencias significativas.

Cuadro 5. Características químicas de harinas compuestas de trigo y frutopán, con diferentes tiempos de cocción de la semilla de frutopán.

Características químicas %	Harinas compuestas (HTF)		
	HTF1	HTF2	HTF3
Humedad	10,37 a	9,64 b	9,53 b
Materia seca	89,63 b	90,36 a	90,47 a
Cenizas*	2,52 a	2,51 a	2,59 a
Grasa*	2,42 a	2,97 a	2,85 a
Proteínas*	12,98 a	13,00 a	13,01 a
Fibra cruda*	1,32 a	1,31 a	1,27 a
Carbohidratos*	70,38 a	70,57 a	70,75 a

HTF1: Harina compuesta trigo y semillas de frutopán crudas; HTF2: Harina compuesta trigo y semillas de frutopán cocidas 20 min; HTF3: Harina compuesta trigo y semillas de frutopán cocidas 40 min. *Base seca. Letras distintas horizontalmente, indican diferencias significativas al 5%.

Canett *et al.* (2004) observaron que la incorporación de harina de cascarilla de orujo de uva a la HT, cuyos contenidos de fibra y proteínas son menores, no afectó significativamente la composición proximal de las mezclas, la ganancia de peso y el consumo del alimento, pero sí la excreción fecal de proteína, disminuyendo la digestibilidad proteica.

En cuanto al efecto del tiempo de cocción de las semillas sobre las características químicas de HTF (Cuadro 5), no se encontraron diferencias significativas entre los componentes de las muestras evaluadas, independientemente de las proporciones usadas en las HTF, exceptuando la humedad, la cual sí mostró variaciones, atribuibles al secado y no al tratamiento térmico.

Al comparar HTF con HT, la prueba de medias de Dunnett (Cuadro 6) indicó que solo hubo variaciones significativas entre los contenidos de fibra cruda, los cuales superaron a la HT. Estos resultados confirman que, con las proporciones usadas en este estudio para la elaboración de HTF, no se observan diferencias relativas a las características de las harinas (Cuadro 3).

Akubor y Badifu (2004) trabajando con harinas de semillas de *Treculia africana* cocidas (15 min a 95-100 °C) y mezclándolas con diferentes proporciones (5, 10, 15, 20, 25%) de HT, tampoco encontraron diferencias con respecto a la HT.

El enriquecimiento en fibra, producto de la incorporación de HF, es de relevancia en la dieta, ya que su función principal es la capacidad de hincharse, absorber agua y por ende, aumentar el volumen de la materia fecal; esto provoca un incremento en los movimientos peristálticos del intestino y facilita el tránsito, la distensión intestinal y consecuentemente la defecación; por ello, la acción primaria de HT se lleva a cabo precisamente en el colon del hombre, facilitando la absorción de los nutrientes y desechando aquellas sustancia irritantes, dañinas y tóxicas (Badui, 2006).

La presencia de altos contenidos de fibra en los alimentos, representa un potencial en la prevención de problemas de salud tales como la constipación, diverticulosis, colitis, hemorroides, cáncer de colon y recto, diabetes mellitus y arteroesclerosis, entre otros (Rodríguez-Palenzuela *et al.*, 1998).

Cuadro 6. Características químicas de harinas compuestas trigo y frutopán con diferentes tiempos de cocción, proporciones de las harinas y composición química de la harina de trigo.

Características químicas (%)	Harinas compuestas (HTF)									Harina de trigo (HT)
	HTF1			HTF2			HTF3			
	HT:HF			HT:HF			HT:HF			
	85:15	75:25	65:35	85:15	75:25	65:35	85:15	75:25	65:35	
Humedad	9,93	10,54	10,65	10,07	9,58	9,28	9,75	9,58	9,27	9,74
Materia seca	90,07	89,46	89,35	89,93	90,42	90,72	90,25	90,42	90,73	90,26
Cenizas•	2,40	2,45	2,70	2,41	2,59	2,54	2,60	2,56	2,62	3,04
Grasa•	1,67	2,79	2,81	2,81	3,32	2,79	2,65	2,91	2,98	1,38
Proteínas•	12,70	12,94	13,30	13,05	12,84	13,10	12,72	13,14	13,16	12,79
Fibra cruda•	1,38*	1,07*	1,52*	1,41*	1,31*	1,20*	0,84	1,31*	1,66*	0,23
Carbohidratos•	71,92	70,21	69,02	70,26	70,35	71,09	71,45	70,49	70,31	72,82

HTF1: Harina compuesta trigo y semillas de frutopán crudas; HTF2: Harina compuesta trigo y semillas de frutopán cocidas 20 min HTF3: Harina compuesta trigo y semillas de frutopán cocidas 40 min.

•Base seca; *Diferencias significativas ($P \leq 0,05$) con el testigo según la prueba de Dunnett.

CONCLUSIONES

El mes de cosecha y el tiempo de cocción de la semilla, influyeron significativamente sobre la composición química de HF, presentando mayores cantidades de grasa, proteína y fibra cruda que HT, constituyentes de interés en la alimentación humana que inciden en su calidad nutricional.

Por su parte, el tiempo de cocción de la semilla de frutopán y la proporción de las harinas usadas, no afectaron las características químicas de HTF, cuya composición fue semejante a la HT, excepto en la fracción de fibra cruda, cuyo contenido fue superior en las HTF, lo cual es beneficioso a la salud.

Sobre la base de estos resultados se puede señalar que en la preparación artesanal o industrial

de HTF con fines alimenticios, es opcional la utilización de semillas cocidas por 20 min, a una proporción de 35% de HF, para la obtención de una harina compuesta con un adecuado nivel nutritivo; motivando a los productores de la zona a diversificar su uso e incrementar el cultivo de este rubro.

LITERATURA CITADA

- Acuña S. 2007. Harina para proceso de panificación. Disponible en línea: http://www.proyectoalimentos.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=138&Itemid=38 [Jun. 03, 2008].
- Adeleke R. and O. Abiodun. 2010. Nutritional composition of breadnut seeds (*Artocarpus camansi*). African J. Agric. Research. 5(11):1.273-1.276.

- Akubor P. 2005. Evaluation of physic-chemical and sensory qualities of African breadfruit and sewed potato based supplementary foods. *J. Food Sci. Technol.* 42(4):292-296.
- Akubor P. and G. Badifu. 2004. Chemical composition, functional properties and baking potential of African breadfruit kernel and wheat flour blends. *J. Food Sci. Technol.* 39:223-229.
- Association of the Analytical Chemists (AOAC). 1997. *Official Methods of Analysis*. 16th Edition. Gaithersburg, Maryland. USA. 1995 p.
- Badui S. 2006. *Química de Alimentos*. Cuarta Edición. Pearson Educación. México. 715 p.
- Bahado-Singh P., A. Wheatley, M. Ahmad, E. Morri-son and H. Asemota. 2006. Food processing methods influence the glycaemic indexes of some commonly eaten West Indian carbohydrate-rich foods. *British J. Nutr.* 96:476-481.
- Benítez B., A. Archile, L. Rangel, K. Ferrer, Y. Barboza y E. Márquez. 2008. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 33(1):111-116.
- Canett R., A. Ledesma, I. Robles, M. Sánchez, R. Morales, L. León y R. León-Gálvez. 2004. Caracterización de galletas elaboradas con cascarilla de orujo de uva. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 54(1):93-99.
- Casanova E. 1996. *Introducción a la ciencia del suelo*. Universidad Central de Venezuela. Caracas, Venezuela. LITOPAR. 379 p.
- Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). 2001. Norma Venezolana N° 217-2001. Harina de trigo. Ministerio de Fomento. 9 p.
- Fasasi O., A. Eleyinmi and M. Oyarekua. 2007. Effect of some traditional processing operations on the functional properties of African breadfruit seed (*Treculia africana*) flour. *LWT. J. Food Sci. Technol.* 40:513-519.
- Herrera J. y J. Rico. 2008. Aprovechamiento artesanal de las semillas de frutopán (*Artocarpus altilis*) Park. Fosb., en la elaboración de tortas y galletas. Trabajo de Grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 52 p.
- Kirk W. and N. Badrie. 2005. Nutritional composition and sensory acceptance of boiled breadnut (*Artocarpus camansi* Blanco) seeds. *J. Food Technol.* 3(4):546-551.
- Mansilla G. 2006. Índice glucémico de los alimentos. Disponible en línea: <http://www.muscularmente.com/cuerpo/nutricion/indiceglucemico.html>. [Jul. 02, 2008].
- Mendoza J. 1992. Caracterización física y química de la harina del fruto "Ñane de palo" (*Artocarpus altilis*) en dos grados de madurez y su uso en la elaboración de galletas. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía.
- Monagas O. 1995. Estudio socio-económico y agronómico de los productores y las parcelas agrícolas de la población de Cumboto. Estado Aragua. Trabajo de grado. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 64 p.
- Nuñez J., L. Ortiz de Bertorelli, L. Graziani de Fariñas, A. Ramírez y A. Trujillo. 2011. Caracterización del fruto y semilla de frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). *Bioagro.* 23(1):51-56.
- Ramírez A., L. Ortiz de Bertorelli, S. Irigoyen, Y. Caraballo y L. Graziani de Fariñas. 2012a. Factores antinutricionales y propiedades funcionales de la harina de la semilla de frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). *Rev. Fac. Agron. (UCV)*. 38(1):25-31.
- Ramírez A., L. Ortiz de Bertorelli, L. Hidalgo y L. Graziani de Fariñas. 2012b. Elaboración de una pasta alimenticia usando harina compuesta trigo y frutopán (*Artocarpus camansi* Blanco). *Rev. Fac. Agron. (UCV)* 38(1):18-24.
- Rangel R. 2001. Fisiología del desarrollo de las plantas monocárpicas y sus mecanismos de regulación. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. Librería Fagro 128 p.

Rodríguez-Palenzuela P., J. García y C. Blas. 1998. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. Dialnet pp. 227-240. Disponible en línea: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2378253>. [Jun. 07, 2008].

Statistical Analysis Systems (SAS). 1998. SAS/STAT User's Guide. Release 6.132 edition. SAS Institute Inc. Cary, NC., USA. 1028 p.

Trujillo L. A. Izquierdo y A. Bolívar. 1999. Sostenibilidad y pobreza rural. Una interpretación de las potencialidades y limitaciones de los sistemas de riego de producción cacaotera del estado Aragua. Revista Agroalimentaria. 8:93-100.

Uso de herramientas participativas en el acompañamiento comunitario: Caso “Red de caprinos del estado Trujillo”

Use of participatory tools in the community support. Case: Caprines network of Trujillo state

José Paradas B.^{1*}, Nancy Montilla², María Elena Morros³, Ramón D’Aubeterre³ y María Becerra⁴

^{1 y 3}Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Trujillo y Lara, respectivamente.

²Universidad de Los Andes (UCLA). Núcleo Universitario Rafael Rangel. Estado Trujillo.

⁴Coordinadora de Proyectos Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología (Fundacite Trujillo). Venezuela. Correos electrónicos: paradasmanuel@gmail.com*, memorros@inia.gob.ve,

RESUMEN

Numerosos son los factores que condicionan el funcionamiento de la Red Socialista de Innovación Productiva de Caprinos (RSIPC), destacándose la débil integración de instituciones del Estado y el poco compromiso entre los productores de la RSIPC que la integran, para fomentar una base común de desempeño. En este sentido, el trabajo tuvo como objetivo evaluar el uso de diversas herramientas participativas en el acompañamiento comunitario, para la mejora de la gestión de la red. El estudio se desarrolló en la comunidad de Mocoy, municipio Trujillo, estado Trujillo; enmarcado en el paradigma cualitativo y el enfoque de investigación acción participativa. Las metodologías utilizadas fueron: a) sondeo rural participativo; b) observación del participante; c) entrevista semiestructurada y d) levantamiento de indicadores de sustentabilidad. Estas permitieron caracterizar la zona; identificar y reflexionar sobre los puntos críticos que afectaban la gestión de la RSIPC y tomar las acciones pertinentes del caso. Se determinó la necesidad de aumentar la producción de leche a través del uso de nuevas tecnologías; incorporar la leche de cabra en la alimentación de los niños y fortalecer los conocimientos para obtener subproductos de la actividad caprina. Esta última acción presentó un avance lento pero importante de acuerdo a la opinión de los productores, mientras que las otras dependen de los trabajos de mejoramiento genético y contar con un banco de proteínas, requiriendo un tiempo más largo para observar los cambios. La actuación interinstitucional y el acompañamiento permanente a los grupos comunitarios, registraron un avance importante, presentando una situación medianamente deseada.

Palabras clave: Redes socialistas de innovación productiva, indicadores de sustentabilidad, cabras.

ABSTRACT

There are numerous factors that influence the functioning of the Caprines Socialist Productive Innovation Network (RSIPC, acronym in Spanish), highlighting weak integration of state institutions and lack of commitment among the producers members, to promote a common basis of performance. In this sense, the objective of this work was to evaluate the use of different participatory tools in the communitarian support to improve network management. The study was conducted in Mocoy community, Trujillo township, Trujillo state; framed under the qualitative paradigm and the participatory action research approach. The tools used were: a) participatory rural survey; b) participant observation; c) and semistructured interviews; d) survey of sustainability indicators. These allowed a participatory characterization of the area; identify and reflect on the critical issues affecting the management of RSIPC and take appropriate action in this case. The study found the need to increase milk production through the use of new technologies, incorporate goat's milk to feed children and strengthen knowledge for sub products of goat activity. This last action showed a slow but significant progress according to the last workshop held with producers, while the other two depend on factors such as breeding, availability of protein bank (fodder of high nutritional value), requiring more time to observe changes. Equally relevant was the teamwork of the institutions for the continuous support to members of the network, allowing an important progress and presenting a moderately desired situation.

Key words: Socialist network of productive innovation, sustainability indicators, goats.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela hacia finales del siglo XX, el acompañamiento comunitario se desarrollaba bajo un enfoque intervencionista, en el que los profesionales buscaban solucionar los problemas de las comunidades abordadas, muchas veces descontextualizados y sin tomar en cuenta los saberes y vivencias.

En la actualidad los modelos de organización económicos y sociales, a nivel mundial, generan cambios y transformaciones que les permiten adaptarse a las nuevas exigencias y demandas de la población, que progresivamente ha ido asumiendo un rol protagónico en la toma de decisiones en todos los ámbitos (De Sousa *et al.*, 2001; Salazar y Rosabal, 2007).

Partiendo de este escenario, surge un modelo organizacional en forma de redes, como una alternativa de trabajo que permite el diálogo y la coordinación, a través del cual se vinculan organizaciones sociales, instituciones públicas y privadas en función de un objetivo común, sobre la base de normas y valores compartidos (Montes y Catacora, 2004). En el país, la organización en redes sociales es incipiente, aún cuando existe demanda de una cultura organizacional de este tipo.

En tal sentido, el Estado venezolano a través del Ministerio del Poder Popular para Ciencia Tecnología e Innovación (MPPCTI), durante el año 2005, creó el programa denominado "Municipio Innovador" a nivel nacional, dentro del cual se suscriben las Redes Socialistas de Innovación Productiva (RSIP), con la finalidad de promocionar el desarrollo integral o territorial y el cambio estructural de las bases socioeconómicas de las diferentes regiones que conforman el territorio nacional (MPPCTI, 2005).

En el contexto de este programa, para el año 2006 se habían organizado en el estado Trujillo 24 RSIP, distribuidas en los 17 municipios del estado (Trujillo, Carvajal, Boconó, Juan Vicente Campo Elías, Sucre, La Ceiba, Miranda, Andrés Bello, Rafael Rangel, Monte Carmelo, Escuque, Carache, Urdaneta, Pampanito, Pampán, Motatán y Candelaria), de acuerdo a las potencialidades intrínsecas de cada uno de ellos.

En el sector pecuario se creó la RSIP de caprinos (RSIPC), ubicada en el sector Moco, parroquia Cruz Carrillo, municipio Trujillo, estado Trujillo, que en su actividad económica dependía principalmente de la explotación de cabras (*Capra hircus*) de doble propósito, producción de leche y carne, con fines mayormente de autoconsumo.

Esta red se inicia por el componente socioproductivo que representa y la obligatoriedad del Estado en garantizar la soberanía y seguridad agroalimentaria en comunidades de escasos recursos del territorio nacional, donde la ganadería caprina produce leche, carne, cuero y sus derivados, que pueden ser utilizados para el uso inmediato local (D'Aubeterre, 2008.) o como instrumento de comercialización a través de todos sus productos o subproductos (D'Aubeterre *et al.*, 2009; Armas *et al.*, 2010).

La RSIPC en sus comienzos estaba conformada por cinco cooperativas, que agrupaban a 25 personas de distintas familias. Se diseñó un proyecto que abarcaba las áreas de producción y formación, con la finalidad de contribuir en la mejora de la calidad de vida de los habitantes del sector. El proyecto elaborado inicialmente por Becerra (2005), contempla el mejoramiento del rebaño mediante la obtención de nuevas razas de alta productividad; el desarrollo de pastos de alto valor nutritivo; la adecuación de la infraestructura existente; y la construcción de nuevos corrales; así como la incorporación de las mujeres y otros miembros de la familia a la economía productiva, a través de la elaboración de quesos madurados, dulces de leche y elaboración de artesanía a base de cuero.

Para el mes de agosto del año 2008 no se habían registrado resultados favorables, expresados en las mejoras socioeconómicas de sus integrantes, a pesar de que al momento de iniciarse este trabajo, la RSIPC llevaba 14 meses conformada y disponía de los recursos financieros desde el año 2007. Es por esta razón que el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), atendiendo al llamado de los productores y con la participación de la Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología (Fundacite) en el estado Trujillo, realizó un sondeo rural participativo, durante el mismo mes y año.

La investigación realizada evidenció diversos elementos que determinaban el mal funcionamiento de la RSIPC, entre los que cuentan la débil integración de sus miembros y el poco compromiso para fomentar una base común de desempeño; convirtiéndose éstos en limitantes para el fortalecimiento del manejo productivo y para la mejora de la calidad de vida de sus integrantes.

Experiencias similares permitieron detectar de manera acertada las principales limitantes y potencialidades de comunidades de productores en el estado Lara (Armas *et al.*, 2006; Dickson *et al.*, 2007).

Ante esta situación se decidió evaluar el uso de diversas metodologías participativas en el acompañamiento comunitario, para la mejora de la gestión de la RSIPC. Se realizaron acciones con miras a fortalecer el desarrollo organizacional, tecnológico y empresarial de sus integrantes, mediante un proceso de formación e intercambio de saberes que tomó en cuenta las bases éticas, morales y la solidaridad entre los miembros de la red y el resto de la comunidad, posibilitando el mejoramiento de actitudes relacionadas con el manejo y la protección de los recursos naturales, de manera de ir adelantando acciones tendientes al logro de la sustentabilidad del sector Mocoy.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en la comunidad de Mocoy arriba, localizada al suroeste del municipio Trujillo en el estado Trujillo; se sitúa geográficamente entre las coordenadas 9°14'09" y 9°27'23" latitud norte y 70°17'18" y 70°29'53" longitud oeste. Para el momento de la investigación la localidad contaba con 165 habitantes organizados en Consejo Comunal y RSIPC. La economía se sustentaba en la actividad agropecuaria, destacándose la producción de tomate, ají dulce, caña panelera y la cría de cabras.

Las primeras visitas a la comunidad se realizaron a finales del año 2007, asesorando a los productores de la red en el área agrícola a través de un equipo de técnicos del INIA.

Se utilizó el enfoque de investigación–acción participativa, basado en la reflexión y acción

transformadora (Selener *et al.*, 1997; Geilfus, 2002). Las metodologías participativas utilizadas fueron: a) sondeo rural participativo; b) observación participante; c) entrevista semi estructurada y d) levantamiento de indicadores de sustentabilidad. Estas herramientas permitieron caracterizar la zona, identificar y reflexionar sobre los puntos críticos que estaban afectando la gestión de la RSIPC y tomar las correcciones del caso.

El sondeo rural participativo (Selener *et al.*, 1997; Geilfus, 2002), se realizó con el propósito de profundizar el conocimiento de la comunidad en el ámbito: geográfico, histórico, político, social, productivo, organizativo, cultural y ambiental, así como, en el análisis de factores que están incidiendo en la gestión de la RSIPC.

Para este sondeo se convocó por escrito el día 24 de agosto de 2008, a través de invitación personalizada a cada integrante de la RSIPC. El lugar de encuentro fue la escuela de la comunidad y la hora pautada fue las 9:00 a.m.

De igual forma, se aplicaron otras metodologías participativas como la entrevista semiestructurada, la lluvia de ideas y el levantamiento de indicadores de sustentabilidad para el seguimiento y análisis crítico de su gestión, estimulando un proceso de investigación–acción–reflexión permanente.

La metodología de levantamiento de indicadores de sustentabilidad, propuesta por Altieri y Nicholls (2002), se utilizó con el propósito de generar con los participantes de la red (productores y técnicos), los indicadores que a su juicio eran determinantes para evaluar la sostenibilidad de dicha organización.

La actividad se realizó en dos etapas, iniciando el día 5 de octubre de 2008 en la vivienda de un productor de la red, a la misma acudieron miembros de la red, con técnicos de INIA Lara y Trujillo, Instituto Nacional de Tierras (INTI), Escuela Socialista de Agricultura Tropical (ESAT) y Fundacite. Dicha reunión tuvo una duración de 4 horas, se inició con la presentación de los participantes, resaltando los aspectos positivos del compañero que estaba a su lado izquierdo, con la finalidad de observar las relaciones entre los miembros de la red.

Seguidamente, se levantaron las expectativas con relación a la participación de cada productor dentro de la red caprina, para ello se les formularon las siguientes preguntas:

¿Cómo se veían o eran vistos a futuro como productores de caprinos?

¿Cuáles eran sus sueños como productores de caprinos de la red?

¿Qué factores deberían tomarse en cuenta para lograr el cumplimiento de los sueños señalados?

A través de la lluvia de ideas, los participantes fueron describiendo cada indicador y seguidamente se procedió a definir la línea base, a través de su ponderación. Para ello se utilizó una escala de tres valores: 1, 5 y 10; donde 1 hacía referencia a la situación menos deseada; 5 a la situación intermedia y 10 a la situación ideal.

Finalizada la ponderación, se procedió a graficar los valores, utilizando para ello una técnica denominada "ameba" (Altieri y Nicholls, 2002). De esta manera, los participantes pudieron reflexionar sobre los puntos críticos y las acciones que tenían que emprender para su superación.

La segunda parte de la actividad se realizó en el mes de julio de 2009, con los técnicos, cuya finalidad consistió en conocer la visión de los mismos sobre la red.

Posteriormente, se definieron una serie de talleres de formación e intercambios entre productores para hacer frente a los puntos críticos identificados. Durante las acciones de formación e intercambio se favoreció el diálogo de saberes y la metodología de las escuelas de campo que tienen como principio aprender haciendo/aprender descubriendo (Castillo *et al.*, 2006).

Después de transcurridos 15 meses de acompañamiento comunitario, se revisaron y ponderaron nuevamente los indicadores, con la participación de ambos grupos (productores y técnicos); a fin de observar si se logró avances en la mejora de los puntos críticos, como consecuencia de las acciones realizadas durante el tiempo de la investigación.

RESULTADOS Y HALLAZGOS

Sondeo rural participativo

En la comunidad de Mocoy arriba se evidenció la cría de caprinos como una actividad socialmente importante y de tradición para los habitantes del sector; registrándose bajos ingresos en la mayoría de los pobladores. Similares resultados fueron encontrados por Delgado *et al.* (2010 y 2012), en la comunidad de Cauderales, municipio Urdaneta del estado Lara, donde los productores tienen que combinar la producción caprina con otras alternativas de trabajo como el cultivo de sábila y la generación de la mano de obra como medio de subsistencia.

El análisis de tendencia se enfocó en las potencialidades, tradiciones culturales y limitantes de la comunidad en el pasado, presente y la visión colectiva del futuro.

Entre las potencialidades sobre las cuales se desarrolla la comunidad de Mocoy, destacan: el río Mocoy y la disponibilidad de suelos de buena calidad para el establecimiento de todo tipo de cultivos. De igual manera, la comunidad manifestó que en el pasado la actividad económica estaba basada solo en la siembra de caña de azúcar y la cría de chivos y ovejos; actualmente, por razones económicas, se han sustituido los cañaverales por cultivos de ciclo corto.

En forma general, destacaron los problemas de deterioro ambiental que están enfrentando por el cambio del cultivo. En este sentido, la producción de tomate en la región ha conllevado al uso excesivo de plaguicidas de alta toxicidad.

Los productores expresaron que en el futuro, desean tener consolidadas las unidades de producción con potreros y corrales. Similares resultados fueron obtenidos por Delgado *et al.* (2007) a través del uso de indicadores dentro de un sistema de producción caprino en la comunidad de San José de los Ranchos, municipio Torres del estado Lara.

Por su parte, los productores de Mocoy manifestaron el deseo de aumentar el número de viviendas con predominio de bloque como material constructivo y con un huerto alrededor de las

mismas. Finalmente, pero no menos importante, la comunidad espera realizar actividades que permitan la conservación del caudal del río Mocooy.

Indicadores de sustentabilidad

El levantamiento de indicadores de sustentabilidad se realizó, en primer lugar con los productores de la RSIPC del sector Mocooy, y en segundo lugar con los técnicos de las instituciones vinculadas con el sector. La construcción de indicadores para ambos grupos se desarrolló en tres fases: definición, ponderación y representación gráfica.

Es importante destacar que para los productores, la sustentabilidad de la RSIPC se basa en la optimización de las condiciones de producción mediante la mejora de los potreros y corrales; la genética de los animales para aumentar la producción de leche y carne; la capacitación continua; y el fortalecimiento de la organización dentro de la red y en la comunidad. En el Cuadro se muestran los valores asignados por los productores a cada uno de los indicadores

durante la fase inicial y al final del proceso de acompañamiento.

Al inicio de esta investigación, los indicadores que registraron valores críticos fueron los siguientes: mejoramiento de la nutrición de los niños en la escuela; ampliación del conocimiento para la producción de derivados de la actividad caprina (lácteos, dulces, cueros, entre otros); y el incremento de la calidad de la leche a través de la tecnología. Estos presentaron valores muy cercanos a la situación menos deseada.

Al término de los 15 meses de acompañamiento continuo, se observó un cambio moderado pero importante en el indicador de ampliación del conocimiento para la producción de derivados de la actividad caprina, con tendencia a incrementar hacia la situación medianamente deseada. Esto obedece a que existen dos unidades de producción que obtienen a pequeña escala quesos, cuajada y estiércol de caprino. Los otros dos indicadores no presentaron movimiento, de acuerdo al criterio de los productores y a lo observado durante el tiempo de investigación.

Cuadro. Resultado de la valoración de los indicadores según el criterio de los productores durante el tiempo de la investigación.

Indicador	Valores	
	Octubre 2008	Enero 2010
Fortalecimiento del conocimiento en el manejo de los caprinos.	5	8,5
Aumento en la producción de leche.	5	5
Animales con mayor peso para la venta en menos tiempo.	5	5
Ampliación del conocimiento para la producción de derivados de la actividad caprina (lácteos, dulces, cueros, entre otros).	1	3
Incremento en la calidad de la leche a través de la tecnología.	2	2
Mejora en la genética de los animales.	5	7
Acondicionamiento de las instalaciones caprinas.	6	7
Fortalecimiento de la organización en red, logrando el trabajo de todos y la cooperación con los miembros de la comunidad.	5	7
Mejora de la nutrición de los niños en la escuela y miembros de la comunidad..	1	1

1= referente a la situación menos deseada; 5= situación intermedia; 10= situación ideal.

Cabe destacar, que el incremento en la calidad de la leche a través de la tecnología se logra a mediano plazo; ya que está ligado a la obtención de nuevas razas y a la nutrición de los animales; ambos elementos presentes en la zona, pero requieren de un lapso mayor de tiempo para observar los resultados.

En el mismo orden de ideas, Reverón (1996) manifiesta que las razas criollas son animales altamente desmejorados con poca o ninguna selección y algunas veces presentan altos niveles de consanguinidad, al igual que bajas producciones de leche y carne. Además, el indicador que se refiere a la mejora de la nutrición de los niños en la escuela y miembros de la comunidad, requiere de la disponibilidad de leche de cabra para abastecer a la población del sector, y de la autorización mediante convenios institucionales entre el Ministerio del Poder Popular para la Educación, ente rector del Programa de Alimentación Escolar y la RSIPC.

Por otra parte, se observaron avances importantes en los indicadores: fortalecimiento de la organización en red, logrando el trabajo de todos y la cooperación de los miembros de la comunidad; acondicionamiento de las instalaciones caprinas; mejora en la genética de los animales; y el fortalecimiento del conocimiento en el manejo de caprinos.

Al inicio de la investigación, los indicadores se encontraban en la situación medianamente deseada. Después de 15 meses de acompañamiento continuo, éstos registraron un incremento importante, acercándose a la situación ideal. Igualmente, los productores manifestaron que la actividad caprina fue fortalecida a través de cursos de formación y el intercambio de experiencias entre productores. La organización fue fortalecida mediante la inclusión de dos nuevos socios de la red, los cuales participan enérgicamente en las actividades planificadas. En la Figura 1 se representan en forma de "ameba", los cambios obtenidos durante el tiempo de la investigación.

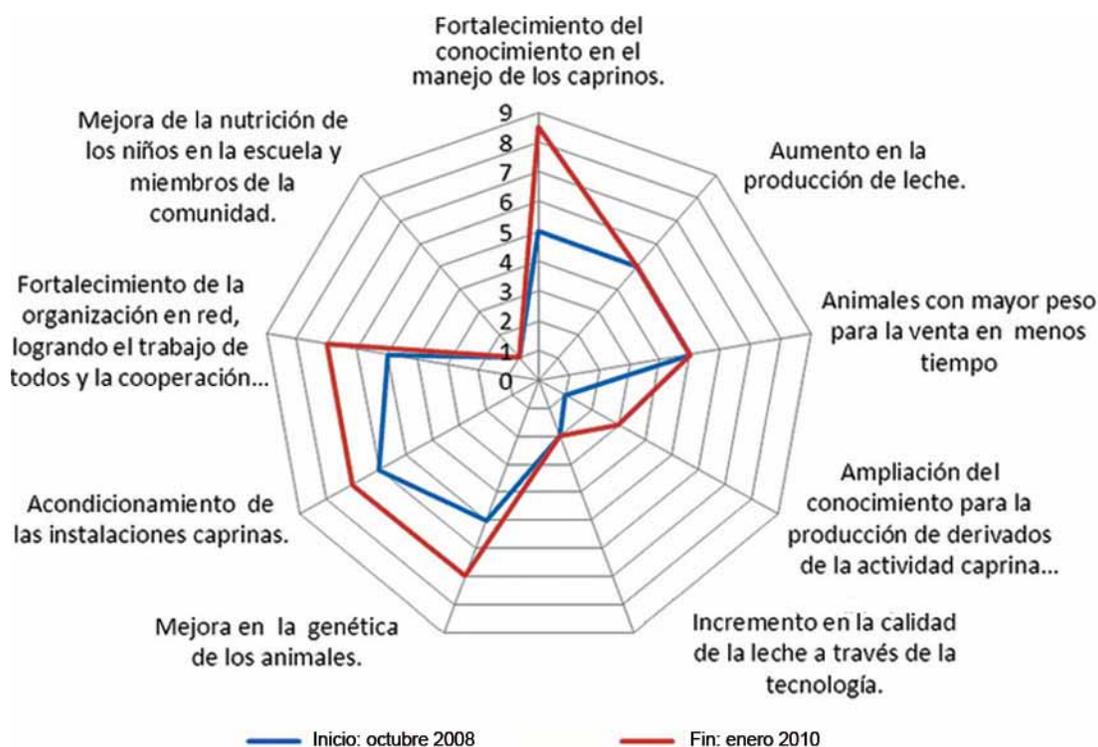


Figura 1. Seguimiento de los indicadores de gestión de la Red Socialista de Innovación Productiva de Caprino, relacionando el año de inicio (octubre 2008) y después de 15 meses de acompañamiento (enero 2010), según el criterio de los productores.

Por su parte, los técnicos manifestaron que la sustentabilidad de la RSIPC estaba basada en la mejora de las condiciones de producción mediante la clasificación y semi estabulación de animales, la fundación de potreros; la instalación de maquinaria para corte de pastos; el establecimiento de un sistema de ordeño; el desarro de un sistema de microempresas para la obtención de subproductos; y a través del fortalecimiento de las bases de la organización, factor fundamental para lograr el éxito en cualquier actividad (Figura 2).

Comparando ambos puntos de vista, la opinión de los técnicos difieren de los criterios de los productores en ciertos indicadores. En el caso de la capacitación, los técnicos manifiestan que esta debe estar dirigida a la adquisición de nuevos conocimientos por parte de los productores, mientras que los miembros de la red expresaron que les hace falta fortalecer el conocimiento aprendido y transmitido de generación en generación (conocimientos ancestrales).

En cuanto al valor agregado de la producción, los técnicos centraron su atención solo en el aprovechamiento del estiércol y el procesamiento de la leche (para obtener derivados) mediante un sistema de microempresa, mientras que los productores tienen una visión integral, ya que desean obtener todos los subproductos de la actividad caprina: carne, leche (derivados) y cuero, entre otros, concatenado siempre al factor social, teniendo presente la nutrición de los niños de la escuela y la comunidad.

Respecto a los animales, los técnicos se inclinaron hacia una situación ideal, al tener las cabras clasificadas por raza y edad, mientras que los productores están claros que para lograrlo, primero deben mejorar la genética y acondicionar las instalaciones caprinas. Esta opinión, coincide con Reveron (1996), el cual señala que se puede lograr el aumento inmediato en la productividad, mediante el mejoramiento de la eficiencia en el manejo caprino.

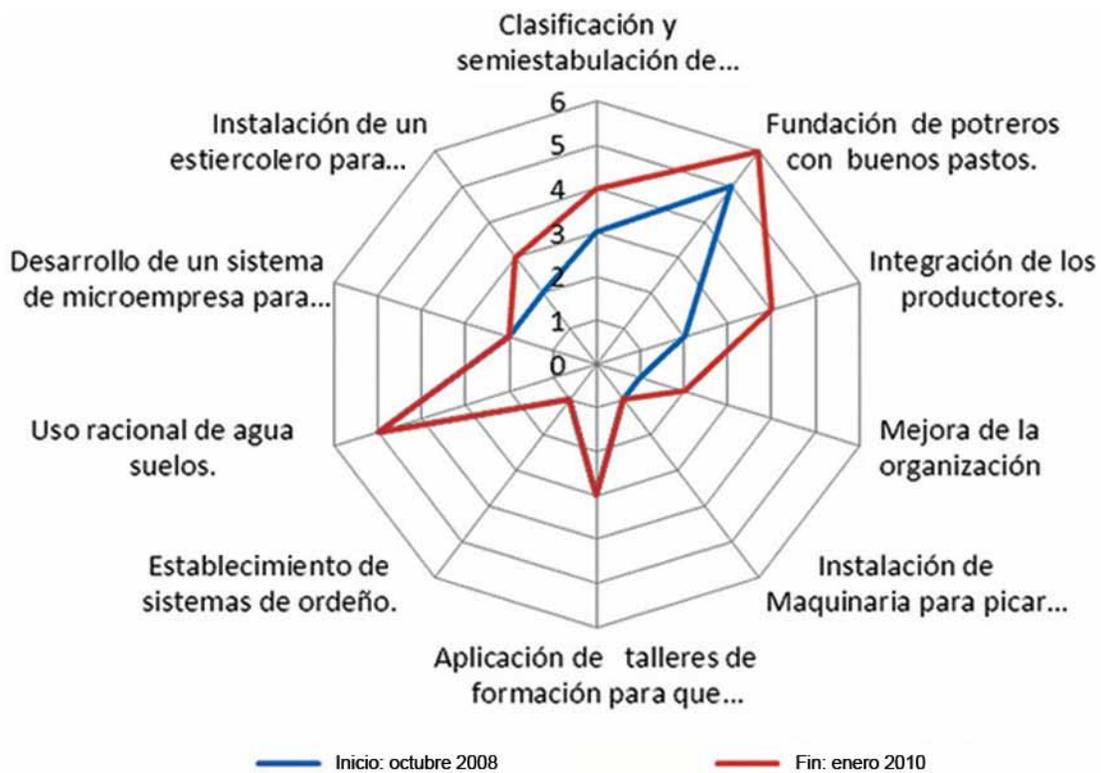


Figura 2. Criterio de los técnicos en el seguimiento de los indicadores de gestión de la red, relacionando el año de inicio enero (octubre 2008) y después de 15 meses de acompañamiento (enero 2010).

CONCLUSIONES

La utilización de herramientas participativas en base al acompañamiento comunitario, facilitó el trabajo con los productores, sin importar su instrucción académica, e incidió en la mejora de la relación técnico – productor. Su aplicación en las diferentes etapas del trabajo permitió conocer las expectativas de los productores, sus potencialidades y limitantes, además de actuar en concordancia, abriendo espacios de encuentro que repercutieron en mejorar la gestión de la RSIPC.

El acompañamiento con enfoque participativo permitió reflexionar sobre los puntos críticos que estaban afectando la gestión de la RSIPC, entre los que destacan la necesidad de lograr el incremento de la calidad y cantidad de la leche a través de la incorporación de nuevas tecnologías: la mejora de la genética de los animales; la ampliación del conocimiento para la producción de derivados de la actividad caprina y el énfasis en el apoyo a la nutrición de niños en la escuela, al poder suministrarles leche de cabra.

La identificación y reflexión conjunta de los puntos críticos, entre técnicos y productores, favoreció el trabajo interinstitucional y la pertinencia de las acciones; tal es el caso de la adquisición de los caprinos, la cual generó alta motivación e importantes avances en la mejora de la gestión de la RSIPC.

Las actividades realizadas en el marco de esta investigación, según el criterio de los productores, alcanzó un aumento del 31% en la ejecución del proyecto productivo, el cual se relaciona con el acompañamiento continuo y participativo, brindado a los integrantes de la RSIPC, durante el tiempo de la investigación.

Las diferencias observadas entre los indicadores de sustentabilidad de la red, propuestos por los técnicos y los productores, indican que las expectativas de ambos grupos de actores y de las acciones a emprender, son diferentes. Los técnicos hacen más énfasis en acciones relacionadas con adquisición de equipos y maquinarias y los productores en el fortalecimiento de capacidades. Ambos consideran la organización vital para la sustentabilidad de la RSIPC.

LITERATURA CITADA

- Altieri M. y C. Nicholls. 2002. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Manejo integrado de plagas y agroecología (Costa Rica). 64:17-24.
- Armas W., R. D'Aubeterre y A. Delgado. 2006. Caracterización de los sistemas de producción caprina de la microregión río Tocuyo del municipio Torres del estado Lara. Gaceta de Ciencias Veterinarias. 2:70-75.
- Armas W., R. D'Aubeterre y A. Delgado. 2010. Comportamiento del mercado de otros productos y subproductos caprino en el estado Lara. Revista Agrosericios 27:52-55.
- Becerra M. 2005. Instalación de 5 lotes demostrativos en la Red Socialista de Innovación Productiva Caprina Moco. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Trujillo – Venezuela. 35 p.
- Castillo J., M. Morros, W. Armas y G. López. 2006. Los diagnósticos participativos experiencias en comunidades rurales del estado Guárico, Venezuela. Revista Desarrollo Rural. Segunda época Año 7, enero – junio. pp. 13-54.
- D'Aubeterre R. 2008. Características de los sistemas de producción caprino en Venezuela. Revista Agrosericios 24:16-21.
- D'Aubeterre R., A. Delgado y W. Armas. 2009. Mercadeo y comercialización de la carne caprina en el estado Lara. Revista Agrosericios 26:54-56.
- Delgado A., W. Armas, R. D'Aubeterre y C. Araque. 2007. Gaceta de Ciencias Veterinarias. 13:45-52.
- Delgado A., W. Armas, R. D'Aubeterre, C. Hernández y C. Araque. 2010. Sostenibilidad del sistema de producción *Capra hircus*-Aloe vera en el semiárido de Cauderales (estado Lara, Venezuela). Agroalimentaria Vol. 16 N° 31.
- Delgado A., W. Armas, R. D'Aubeterre, M. Jiménez y V. Marchan. 2012. Registros técnico-económicos en sistemas de producción

- caprino-sábila (*Capra hircus*-*Aloe vera*) en la comunidad de Cauderales, estado Lara. *Zootecnia Trop.* 30(1):43-51.
- De Sousa J., J. Cheaz, J. Santamaría, M. Mato y A. León. 2001. La dimensión de "estrategia" en la construcción de la sostenibilidad institucional. Serie innovación para la innovación institucional, San José, Costa Rica: Proyecto ISNAR "Nuevo Paradigma". pp. 165-175.
- Dickson L., J. Salas, I. Ortiz, M. Oropeza, G. Nouel, R. D'aubeterre, W. Armas y J. Rincón. 2007. Aplicación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y sustentabilidad en unidades de producción caprinas tradicionales en Venezuela. In: Memorias del III Simposio Latinoamericano sobre Crianza en Forma Sustentable de Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos. Abancay-Perú. Julio. Gómez Urviola, N. C. pp. 55-60.
- Geilfus F. 2002. 80 Herramientas para el desarrollo participativo diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 217 p. Disponible en línea: <http://www.iica.int> [Feb.13, 2013].
- Ministerio del Poder Popular para la Ciencia Tecnología e Innovación (MPPCTI). 2005. Redes Socialistas de Innovación Productiva. Caracas Venezuela.
- Montes A. y J. Catacora. 2004. El papel de las redes sociales en la reproducción y desarrollo de la microempresa rural no agrícola: La experiencia en Arequipa y Moquegua. Lima - Perú. 11 p. Disponible en línea: <http://www.cies.org.pe> [Feb.13, 2013].
- Reverón A. 1996. Temas Ovinos y Caprinos. Espasande S.R.L Editores. Maracay Venezuela. pp. 243-326.
- Salazar L. y Y. Rosabal. 2007. Procesos de innovación rural: Una Mirada al Desarrollo Rural desde la Reflexión y la Experiencia de América Latina. Digesa Lara, S.A. Barquisimeto. 422 p.
- Selener D., N. Endara y J. Carvajal. 1997. Sondeo rural participativo. Instituto de Reconstrucción Rural. Oficina regional de América Latina. Quito Ecuador. pp. 2-85.

Efecto de la aplicación de nitrógeno y herbicida en siembra directa de arroz variedad FONAIAP-1 en Guárico, Venezuela

Effect of nitrogen and herbicide application on zero tillage FONAIAP-1 rice in state of Guarico, Venezuela

Luis Lugo^{1*}, Pedro Monasterio Piñero², Luis Vivas¹ y Carlos Sánchez³

¹y²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Guárico y Yaracuy, respectivamente.

³Instituto de Tecnología de los Llanos (IUTLL). Valle de la Pascua, estado Guárico. Venezuela.

*Correo electrónico: llugo@inia.gob.ve

RESUMEN

Para reducir la aplicación excesiva y determinar los efectos combinados de dosis de nitrógeno (N) y de herbicidas, sobre el desarrollo y producción de la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) FONAIAP 1, bajo condición de siembra directa, se realizó un ensayo para evaluar el efecto de tres dosis de N (40, 80 y 160 kg ha⁻¹) y cuatro tratamientos de control químico de malezas [2 y 4 litros ha⁻¹ de glifosato® (G)] en pre-emergencia e igual dosis de G en pre-emergencia (6 litros de propanil + 2 litros de bentazon) en post-emergencia (CP), sobre el rendimiento en grano (Rg), altura de plantas (AP), número de tallos (NT) y número de panículas (NP) por m², número de granos (NG) por panículas, peso de 1.000 granos (P₁₀₀₀) y la eficiencia en el uso de N (EUN) por el cultivo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. La siembra directa de la variedad fue en un suelo franco-limoso y regado por inundación. Los resultados mostraron que la variedad respondió a la aplicación de N por encima de 80 kg ha⁻¹ y diferencias significativas con 160 kg ha⁻¹ para Rg, AP, NG y P₁₀₀₀. En los tratamientos con control químico pre y CP, no se detectaron diferencias significativas a la aplicación de N por debajo de 80 kg ha⁻¹, pero fue donde hubo mayor EUN. El mejor Rg se obtuvo con 80 y 160 kg N ha⁻¹ y 960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹.

Palabras clave: *Oryza sativa* L., rendimiento, dosis, control químico, cero labranza.

ABSTRACT

To reduce excessive application and determine the combined effects of doses of nitrogen (N) and herbicides on the development and production of the rice (*Oryza sativa* L.) variety FONAIAP 1, on condition of zero tillage, a trial was conducted to evaluate the effect of three doses N (40, 80 and 160 kg N ha⁻¹) and four doses of chemical weed control [2 and 4 liter ha⁻¹ of glyphosate® (G)] in pre-emergence, and 2 and 4 liters of G in pre-emergency + (6 liter of propanil + 2 liter of bentazon) in post emergency (CP) on grain yield (Rg), plant height (AP), number of stems per m² (NT) and panicles per m² (NP), number of grains per panicle (NG), weight of 1.000 grains (P₁₀₀₀) and N use efficiency by the crop (EUN) were evaluated. A randomised blocks design with 12 treatments and four replications was used. The rice variety was FONAIAP 1, direct seeding on a silt loam soil and watered by flood. The results showed that the variety responded to the application of N above 80 kg ha⁻¹ and significant differences in 160 kg ha⁻¹ Rg, AP, NG and P₁₀₀₀. In chemical control treatments pre and CP, no significant differences in the application of N were detected below 80 kg ha⁻¹, but where there was greater EUN. Best Rg was obtained with 80 and 160 kg N ha⁻¹ and 960 and 1.920 g a.i. G ha⁻¹.

Key words: *Oryza sativa* L., yield, dosage, chemical control, zero tillage.

INTRODUCCIÓN

La investigación sobre el manejo agronómico en arroz (*Oryza sativa* L.) en el sistema conocido como siembra directa o cero labranza (CL), ha sido poca en Venezuela. Para su adopción se considera crítico la integración de factores del clima, manejo de las malezas y la fertilización del cultivo (Mejías, 1995).

En su trabajo con nuevos cultivares, Acevedo *et al.* (2012) señalan la cantidad de semilla utilizada, la fertilización con la preparación de suelos, el control de malezas, las plagas y las pérdidas durante la cosecha, como factores que pueden interferir en el rendimiento del cultivo.

Desde 1970, en el sistema de riego del río Guárico (SRRG), estado Guárico, Venezuela, se siembran variedades modernas de arroz liberadas por el FONAIAP, actualmente Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), que se identifican como: Cimarrón, Palmar, FONAIAP 1, FUNDARROZ PN1, FONAIAP-2000 y Venezuela 21, entre otras (Álvarez *et al.*, 2004; Montoya *et al.*, 2007).

El cultivo se realiza bajo condiciones predominantes de riego por inundación continua y labranza convencional conocido como 'batido' o labranza en agua, caracterizado por excesivo uso de la mecanización, agua e insumos como herbicidas en el control de las malezas y fertilizantes que causan deterioro del ambiente y de los suelos (Sánchez, 1993 y 1995; Rengifo y Márquez, 1993; Vivas y Notz, 2009; Ruiz *et al.*, 2005).

La expresión del potencial de rendimiento de los cultivares de arroz en el SRRG son altos, pero no manifiesta el potencial de cada variedad. Se requiere entre otros factores, de un adecuado y eficiente control de las malezas, para evitar la reducción de su productividad por efecto de la competencia con el cultivo (Páez *et al.*, 1992). El uso indiscriminado de herbicidas ciclo tras ciclo puede originar la evolución de la resistencia de malezas a estos xenobióticos, ocasionando la presencia de especies de malezas resistentes (Fischer, 1994).

Igualmente, se requiere de una óptima aplicación de fertilizantes para suplir los requerimientos de la

planta durante sus diferentes etapas de desarrollo (León y Arregocés, 1985).

El uso de cantidades excesivas de nitrógeno (N), produce un incremento en el follaje, volcamiento, incidencia de enfermedades, retardo en la maduración, y en algunos casos, disminución de los rendimientos y de la calidad del grano (Blanco *et al.*, 1992; Rico *et al.*, 1992; FAO, 2003). Las respuestas en desarrollo y productividad son mayores en la época seca que en la época húmeda o de lluvias (Rico *et al.*, 1987; Carrillo *et al.*, 1992).

La variedad de arroz FONAIAP 1 sembrada en época de lluvia en los estados Guárico y Portuguesa, muestra un comportamiento productivo favorable a la aplicación de bajas dosis de N (menor de 150 kg N ha⁻¹), contrario a la respuesta con otras variedades como Cimarrón (Rico *et al.*, 1987; Rodríguez *et al.*, 2002). Sánchez (1993) en el SRRG comparó su comportamiento productivo bajo labranza de batido (LB) y CL, obteniendo rendimientos superiores en LB atribuida, entre otros aspectos, a la mayor eficiencia en el control de malezas. No obstante, resultados contrarios fueron obtenidos por Salazar *et al.* (2003) bajo condiciones edafoclimáticas en el estado Barinas.

El objetivo de la presente investigación consistió en determinar los efectos combinados o individuales de dosis de N y de herbicidas en el control químico presiembra y post-emergencia de las malezas, sobre el desarrollo y comportamiento productivo de la variedad comercial de arroz FONAIAP 1, bajo condición de CL o siembra directa en el periodo de lluvias 2007.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido durante el periodo de lluvias del año 1997, en el potrero 72 del campo experimental del INIA Guárico, ubicado en el SRRG del municipio Francisco de Miranda, Calabozo, estado Guárico, Venezuela; con coordenadas 08°31'00 latitud norte, 67°32'00 longitud oeste y altitud de 72 m.s.n.m. El tamaño de parcelas fue de 100 m² (10x10 m) y subparcelas de 16 m² (4x4 m). Las características del suelo y clima durante el ensayo se muestran en los Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Características del suelo de textura franco limosa en el Campo Experimental del INIA Guárico.

Análisis químico del área experimental	
pH (1:25 suelo agua)	5,90
Materia orgánica (%)	0,62 a
Fósforo (ppm)	8,50 b
Calcio (ppm)	318,00 b
Potasio (ppm)	43,00 b
C.E. (litros 5) mm horas/cm a 25 °C	0,018 c
Arena (%)	28,80 d
Limo (%)	45,20
Arcilla (%)	26,00

a) Método Walkley Black; b) Método Olsen; c) Método Cheng Kurtz; d) Método de Bouyoucos (análisis del Laboratorio de suelos y agua del INIA Guárico, Calabozo, Venezuela).

Cuadro 2. Características climáticas del sitio de evaluación y requerimientos para cultivares de arroz tipo Indico. Estación Agrometeorológica Campo Experimental del INIA. Bancos de San Pedro, Calabozo, estado Guárico, Venezuela. Año 1997.

Parámetro	Durante el Ciclo (d)	Requerimientos (d)
Precipitación acumulada (mm)	756,3	> 600
Evaporación acumulada (mm)	612,6 a	500 - 800
Temperatura máxima (°C)	32,1 b	< 35
Temperatura mínima (°C)	22,8 b	> 15
Humedad relativa (%)	80,0	60 - 90
Brillo solar o insolación (horas)	860,5 c	> 500

a) 4,9 mm evaporación por día promedio; b) bajo sombra; c) 6,9 horas promedio por día; d) ciclo 125 días. Yoshida y Parao (1976). Citado por Vargas J.P. 1985.

Se usó un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y 12 tratamientos, resultantes de las combinaciones de tres dosis de N (40, 80 y 160 kg ha⁻¹), con cuatro tratamientos por repetición de control químico de malezas en presiembr y post-emergente (CP) con los herbicidas: Glifosato® (G) en presiembr y propanil + bentazon en mezcla CP. Las concentraciones de G fueron 960 y 1920 g i.a. ha⁻¹ (N-fosfometilglicina), correspondiente a 2 y 4 litros de producto comercial, respectivamente.

Para la mezcla CP, la combinación se hizo con 6,0 litros de Propanil® (3',4'-dichloropropionanilide) + 2,0 litros Bentazón [3-isopropil-2,1,3-benzotiadiazin-4-(3H)ona-2,2 dióxido], equivalentes a 2.880 y 960 g i.a. ha⁻¹, respectivamente, aplicado a los 15 días después de la siembra (DDS) y 3 días antes de la instalación de la lámina de inundación. Los tratamientos consistieron en: T1= 980 g i.a. G ha⁻¹; T2= 1.920 g i.a. G ha⁻¹; T3= 980 g i.a. G ha⁻¹ + CP y T4= 1.920 g i.a G ha⁻¹ + CP.

La siembra se realizó al voleo, manualmente, tal como la realizan los productores en el SRRG, con la variedad de arroz comercial FONAIAP-1, pregerminada, a una densidad de 140 kg ha⁻¹ de semilla y sembrada bajo condiciones de CL. La fertilización con N se fraccionó, el 50% al inicio y 50% como reabono a los 50 días. Para el fósforo y potasio se aplicó el 100% al inicio, equivalente a 90 y 60 kg ha⁻¹, respectivamente.

La inundación del campo y el mantenimiento de la lámina de agua fija a 10 cm de profundidad se mantuvo a partir de los 18 días.

Se midió la variable altura de plantas (AP) y se contó el número de tallos (NT) por m², correspondiente al establecimiento de plántulas a los 18 DDS. En las fases de macollamiento activo e inicio de maduración, se midieron AP y NT, a los 45 y 90 DDS, respectivamente. El conteo e identificación de malezas presentes fue antes y después de cada control químico. Para la cosecha se evaluó AP y los componentes de rendimiento: número de panículas (NP) por m², número de granos (NG) llenos por panícula y pesos de 1.000 granos (P₁₀₀₀); tomando como muestra 10 panículas maduras y secas.

Para estimar el rendimiento de grano (Rg) en kg ha⁻¹ (ajustados el grano al 12% de humedad);

se cosechó un área de 6 m² en cada sub-parcela. Adicionalmente, se calculó la eficiencia de utilización de N (EUN), relacionando kg de arroz producido por kg de N aplicado.

Los resultados se analizaron, con pruebas de estadística paramétrica; análisis de Varianza de Fisher y diferencias entre medias con la prueba de rango múltiple de Duncan, ambas a probabilidad menor de 5% (Machado, 1996). Los datos se tabularon en hoja de cálculo Excel (Microsoft versión 2003) y se procesaron estadísticamente mediante la utilización del programa estadístico Infostat v. 1.1 (InfoStat, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros biométricos y productivos evaluados y su análisis estadístico, se muestran en los Cuadros 3 y 4. En general, al comparar los valores promedios obtenidos, se observó respuestas diferenciales en el desarrollo y producción de la variedad FONAIAP 1, atribuidas al efecto de las dosis de N aplicadas y al incremento de las dosis de G en el control químico presiembr, con la misma tendencia en las mezcla de herbicidas en post-emergencia.

Establecimiento del cultivo

En la etapa de establecimiento (18 DDS), la densidad promedio de plantas fue de 630 plantas por m² con una altura entre 9 y 10 cm, resultados que demuestran una buena emergencia y establecimiento; similares a los reportados con la misma variedad por Páez y Almeida (1994).

Altura de planta

El análisis de varianza (P<0,05), indica que existen diferencias significativas en la AP a los 45 DDS, por efecto individual entre dosis de N y control químico (Cuadro 3); mientras que la prueba de medias (P<0,05) demuestra que no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos de 40 y 80 kg N ha⁻¹, pero sí con 160 kg N ha⁻¹. A los 45 y 90 DDS, se determinó un incremento en AP (1 cm por cada 10 kg N ha⁻¹) independiente del control químico, siendo mayor al aumentar las dosis de N por encima de 80 kg N ha⁻¹.

Cuadro 3. Efecto de dosis de nitrógeno y herbicidas sobre altura (AP) y números de tallos (NT) en la variedad de arroz FONAIAP 1 en siembra directa y riego por inundación continua. Sistema de riego río Guárico, Venezuela. Período de lluvias, año 1997.

Nitrógeno (kg N ha ⁻¹)	Trat.	Glifosato® (g i.a. ha ⁻¹)	AP (cm)		NT (m ²)	
			45 DDS ¹	90 DDS ²	45 DDS ¹	90 DDS ²
40	T1	960	49	80	449	374
40	T2	1.920	45	87	435	367
40	T3	960 + CP ⁺	45	83	411	359
40	T4	1.920 + CP ⁺	47	88	422	384
80	T1	960	47	83	343	321
80	T2	1.920	45	85	446	306
80	T3	960 + CP ⁺	51	88	428	357
80	T4	1.920 + CP ⁺	51	90	517	429
160	T1	960	57	94	454	297
160	T2	1.92	57	84	409	364
160	T3	960 + CP ⁺	59	89	445	316
160	T4	1.920 + CP ⁺	55	97	634	441
Promedio general			51	87	441	359
CV (%)			8,2	6,1	19,1	29,5
Medias de dosis de nitrógeno (kg N ha⁻¹)						
40			47 b	84 b	404 b	371 a
80			49 b	86 b	433 b	353 a
160			57 a	91 a	485 a	354 a
Medias de dosis de glifosato (g i.a. G ha⁻¹)						
980			51 a	85 b	415 b	331 b
1.960			49 a	85 b	306 b	345 b
980 + CP			51 a	87 b	461 a	344 b
1.960 + CP			51 a	92 a	491 a	418 a
NxC			NS	*	*	NS

*Más aplicación en post-emergente tardía (18 DDS) de Propanil (equivalente a 2.880 g i.a. ha⁻¹) en mezcla con Bentazón (equivalente a 960 g i.a. ha⁻¹); g i.a.= Gramos de ingrediente activo; DDS= días después de la siembra.

¹Etapa de macollamiento activo; ²Etapa de maduración. NxC= Interacción entre las variables independientes (P<0,05), nitrógeno y control químico. CV= Coeficiente de variación. *= Significativo; NS= No significativo.

Nota: Letras iguales no presentan diferencias significativas al 5% (Duncan).

Cuadro 4. Efecto de dosis de nitrógeno y herbicidas sobre el rendimiento en arroz variedad FONAIAP 1, bajo cero labranza y riego por inundación continua. Sistema de riego río Guárico, Venezuela. Período de lluvias, año 1997.

Nitrógeno (kg N ha ⁻¹)	Glifosato® (g i.a. ha ⁻¹)	Componentes y rendimiento				EUN
		NP	NG	P ₁₀₀₀	(kg ha ⁻¹)	
40	960	357	86	27,2	3.750	93,8
40	1.920	356	92	26,2	4.482	110,8
40	960 + CP ⁺	353	84	27,1	4.616	115,4
40	1.920 + CP ⁺	375	89	28,0	4.930	123,5
80	960	310	90	27,9	3.088	38,6
80	1.92	292	92	26,1	4.485	56,1
80	960 + CP ⁺	345	100	27,1	4.674	58,4
80	1.920 + CP ⁺	411	88	27,4	5.619	70,3
160	960	266	99	27,8	4.771	29,8
160	1,92	288	100	27,8	4.020	25,1
160	960 + CP ⁺	309	90	28,9	5.702	35,6
160	1.920 + CP ⁺	408	96	29,6	5.662	35,4
Promedio general		339	92	28	4.650	66
CV (%)		28	12	5	16,3	-
Medias de dosis de nitrógeno (kg ha⁻¹)						
40		360 a	88 b	27,1 b	4.225 b	105,6
80		339 a	93 ab	27,1 b	4.631 ab	57,9
160		317 a	96 a	28,5 a	5.039 a	31,5
Medias de dosis de glifosato (g i.a. ha⁻¹)						
960		311 b	92 a	27,6 b	3.870 c	54,1
1.920		312 b	95 a	26,7 b	4.256 bc	69,8
960 + CP		335 b	91 a	27,7 ab	4.997 ab	64,4
1.920 + CP		398 a	91 a	28,3 a	5.403 a	76,3
NxC		NS	NS	NS	*	NS

*Más aplicación en post-emergente tardía (18 DDS) de Propanil (equivalente a 2.880 g.i.a. ha⁻¹) en mezcla con Bentazón (equivalente a 960 g i.a ha⁻¹); g i.a= gramos de ingrediente activo. NP= Número de panícula/m²; NG= Número de granos llenos/panícula; P1000= peso d 1.000 granos seco al 12%; EUN= Eficiencia en utilización de nitrógeno (kg arroz/kg nitrógeno aplicado) x 100. NxC= Interacción entre las variables independientes (P<0,05), nitrógeno y control químico; CV= coeficiente de variación; *= Significativo;

NS= No significativo. Nota: Letras iguales no presentan diferencias significativas al 5% (Duncan).

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Rico *et al.* (1992) en otras variedades, demostrando que existe una respuesta positiva del cultivo en el incremento de la altura de planta a medida que se incrementó las dosis de N por encima de 80 kg N ha⁻¹.

Se determinó una menor AP, cuando se aplicó 960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹ en presiembra, con respecto a los otros tratamientos (960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹ + CP), donde hubo mejor control; lo cual coincide con Castrillo (2000), cuando determinó que con la presencia de malezas durante el periodo comprendido entre 18 a 45 DDS se produjo una reducción en la altura de esta variedad en el SRRG.

Número de tallos

En el Cuadro 3, se observa que el NT fue mayor cuando se combinó el G con CP en comparación con las aplicaciones individuales en presiembra. Hubo interacción entre la fertilización y el control químico en la respuesta durante la etapa de macollamiento activo (45 DDS). Mientras que en el inicio de la maduración (90 DDS) solo hubo un efecto individual del control químico. No se observaron diferencias significativas entre las dosis aplicadas de N equivalentes a 40 y 80 kg N ha⁻¹.

A pesar de que ocurrió un incremento de NT a los 45 DDS (>80 kg N ha⁻¹), no se manifestó una producción significativa de macollos en maduración como respuesta a la aplicación de la dosis de N. Esto corrobora los resultados obtenidos por (Montoya *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2002), quienes indicaron que la variedad FONAIAP-1 presenta una capacidad de macollamiento intermedia, aún aplicando altas dosis (>150 N ha⁻¹), en comparación con otras variedades que presentaron mejor capacidad de macollamiento.

Castrillo (2000), registra una reducción del NT en tratamientos por efecto de la presencia de malezas, siendo mayor a medida que se incrementó el tiempo de interferencia por competencia entre estas y el cultivo, durante la etapa de macollamiento activo (18 a 45 DDS). Esto explicaría la menor producción de tallos en la variedad a los 45 DDS en aquellos tratamientos donde hubo menor eficiencia de control (960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹), y la interacción con la dosis

de N (> 80 kg N ha⁻¹). León y Arregocés (1985) y González *et al.* (1985), indicaron que algunas malezas responden positivamente a la aplicación de N tanto como el cultivo, y en muchos casos muestran mayor eficiencia.

Otro factor determinante fue el incremento de la lámina de agua durante el riego por inundación continua por encima de 10 cm la cual produce una reducción en la formación de macollos. Esto fue evaluado por Monasterio (1999) y Monasterio *et al.* (2012) como resultado de un ensayo realizado con esta variedad en la misma localidad durante el año 1996. Su incremento por la alta ocurrencia de precipitaciones (Cuadro 3), característico por el período de lluvias de la zona o por exceso en el manejo del agua de riego e irregularidad del microrelieve, produjeron profundidades de láminas diferentes, superiores a la indicada durante el ensayo.

Componentes del rendimiento

El efecto individual y algunas interacciones entre las variables estudiadas sobre la respuesta en componentes del rendimiento de la variedad FONAIAP 1, NP, NG y P₁₀₀₀, se muestran en el Cuadro 4.

Número de panículas

No se observaron diferencias significativas en el NP de arroz por m² de cosecha por efecto de la dosis de N, pero sí como respuesta a los tratamientos de control químico. En los tratamientos donde se combinó el control presiembra con el CP se obtuvo el mayor NP, siendo estadísticamente superiores a los obtenidos en los demás tratamientos para las diferentes dosis de N aplicadas.

Existe una correspondencia entre el NP a la cosecha (Cuadro 4) con el NT o macollas totales, determinadas a los 90 DDS (Cuadro 3). Como era de esperarse, a mayor cantidad de NT a los 90 DDS, mayor fue el NP a cosecha en los diferentes tratamientos, destacando alta emergencia y desarrollo de panículas entre 98,5 a 92,7% del total de macollas, o viceversa.

Esto se relaciona más a la efectividad del control químico y al efecto en la presencia de malezas que escaparon al control químico, cuya competencia con la variedad, afectó la producción de la

panícula, lo cual es corroborado por los resultados obtenidos por Castrillo (2000) y Torrealba (2000).

El bajo efecto de la aplicación de dosis crecientes de N en NP, se explica por la característica varietal de macollamiento intermedio, determinadas por Montoya *et al.* (2007) y Rodríguez *et al.* (2002), incluso en aplicación de altas dosis de N ($>190 \text{ kg N ha}^{-1}$). Álvarez (2000) indica que esta variedad y Cimarrón, en el estado Portuguesa, presentaron la mayor capacidad de producción de NP en época de lluvias. Sin embargo, FONAIAP 1 respondió con mayor NP en dosis bajas de N ($> 60 \text{ kg N ha}^{-1}$), similar a lo obtenido en el presente experimento a 40 y 80 kg N ha^{-1} .

Número de granos llenos por panícula

Se encontraron diferencias significativas solo como respuesta a dosis de N. La prueba de comparación de medias de Duncan ($P<0,05$), indica que no existen diferencias significativas entre las medias de NG, donde se aplicó 40 y 80 kg N ha^{-1} , así como entre 80 y 160 kg N ha^{-1} , pero sí entre la menor y la mayor dosis aplicada. Álvarez (2000) obtiene resultados similares en el periodo de lluvias durante el año 1997 en el estado Portuguesa, donde encontró una alta correlación de este componente en esta variedad con los rendimientos finales. Rodríguez *et al.* (2002) indican que esto se debe a que la variedad responde positivamente con mayor NG a la aplicación creciente de N.

Peso de 1.000 granos

En el P_{1000} , se determinó diferencia por efecto individual debido a dosis de N y control químico de malezas. No se determinó interacción entre las variables en la respuesta de la variedad, ya que resultó con menos peso de grano a baja dosis de N ($<80 \text{ kg N ha}^{-1}$), y no manifestó incremento a la aplicación de mayor dosis ($>80 \text{ kg N ha}^{-1}$) en los tratamientos con la menor eficiencia en el control de la malezas (solo 960 g i.a. G), en comparación con los otros tratamientos.

La combinación de bajas dosis de N y la presencia e interferencia de las malezas con el cultivo están relacionadas a las diferencias observadas sobre la reducción en el peso del grano. Comparativamente, fue mayor en los tratamientos

donde el control químico fue más eficiente (960 y 1.920 g i.a. G ha^{-1} + CP), que en aquellos donde hubo una menor eficiencia (solo G en presiembra), cuando la disponibilidad y aportación de la fertilización con N fue alta (160 kg ha^{-1}). Estos resultados coinciden con los reportados por Ortiz (1997); Torrealba (2000); Rodríguez *et al.* (2002); Montoya *et al.* (2007).

El incremento de NG y el P_{1000} por efecto individual de las dosis de N y por la efectividad del control químico de malezas, tienen una contribución importante en la definición de los rendimientos de la variedad bajo estas condiciones experimentales. El P_{1000} seguido del NG, son los que muestran menos variabilidad y mayor estabilidad dentro de los componentes de rendimientos, corroborado por los bajos coeficientes de variación obtenidos de 5 y 12%, respectivamente, comparado con 28% del NP.

Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Montoya *et al.* (2007); Rodríguez *et al.* (2002); Álvarez (2000); Torrealba (2000); Ortiz (1997), quienes indican diferencias estadísticas en el comportamiento de la variedad, tanto en el NG como en P_{1000} , por efecto positivo al incremento de la dosis de N. Ocurrendo algo similar con la efectividad en el control químico (Arregocés, 1986).

Rendimientos en arroz Paddy

La prueba de comparación múltiple de medias de Duncan ($P<0,05$) indicó que no existen diferencias significativas entre las medias de Rg en arroz Paddy (12% de humedad) en los tratamientos donde se aplicaron las dosis de 40 y 80 kg N ha^{-1} , así como, donde se aplicó 80 y 160 kg N ha^{-1} , pero sí entre 160 kg N ha^{-1} y la menor dosis (Cuadro 4) indicando que las dosis óptimas bajo estas condiciones están entre 80 y 160 kg N ha^{-1} .

El Rg promedio aumentó de 4.020 a 5.700 kg N ha^{-1} al incrementar el nivel de N de 80 a 160 kg N ha^{-1} , en los tratamientos donde hubo control químico de malezas pre y CP. A excepción de los tratamientos 40 y 80 kg N ha^{-1} con 960 g i.a. G ha^{-1} sin CP, en los cuales se produjeron los menores Rg promedios, 3.750 y 3.088 kg ha^{-1} , respectivamente (ver Figura).

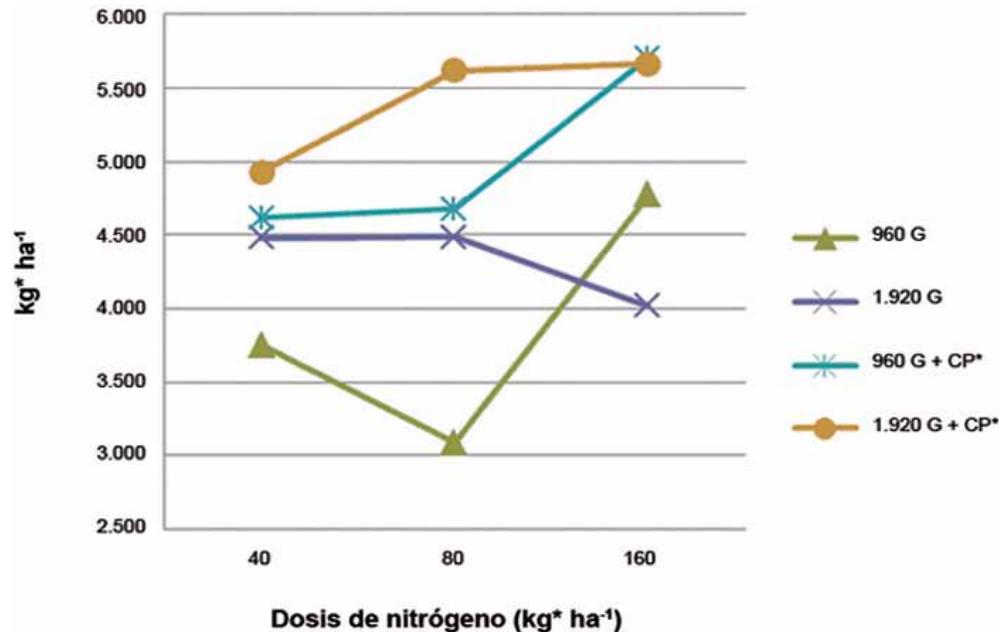


Figura. Efecto de bajas dosis de N y control químico glifosato a dosis de 960 y 1.920 g i.a. ha con y sin control post-emergente sobre el rendimiento (kg ha⁻¹) de la variedad de arroz FONAIAP 1 (ensayo de siembra directa y riego de inundación continua en arroz, SRRG, periodo de lluvias. Año 1997).

Los mayores Rg se obtuvieron por interacción de los tratamientos 80 y 160 kg N ha⁻¹ con 960 y 1.920 g i.a. G ha⁻¹ + CP. La variedad mostró una tendencia a incrementar los Rg a dosis superiores de 80 kg N ha⁻¹, lo cual indica mayor aptitud o eficiencia de la variedad para convertir N en grano, cuando se reduce la competencia con las malezas. Esto coincide con los resultados obtenidos por Rico *et al.* (1992) para esta variedad en ensayos realizados en el SRRG, y corroborado por Rodríguez *et al.* (2002), en el estado Portuguesa, y Salazar *et al.* (2003) en el estado Barinas, en época de lluvia.

Del mismo modo, en la Figura se observa la influencia de las dosis de G en los Rg, relacionado más a la efectividad en el control de las malezas por efecto reforzado de la combinación con el CP, y su interacción con dosis media y alta de N (mayor a 80 kg N ha⁻¹). Solo en las parcelas con fertilización baja y media de N (40 y 80 kg N ha⁻¹) se observó respuesta por efecto aditivo del CP, indistintamente de la dosis de G aplicado en presiembra (960 y 1.960 g i.a ha⁻¹).

La baja efectividad en el control químico de malezas, produce una reducción de los Rg en 29, 45 y 24%, a 160, 80 y 40 kg N ha⁻¹, respectivamente, comparando con la media del mejor control de malezas (Cuadro 4). González *et al.* (1985) indican que la interferencia por competencia es la principal causa de pérdidas en Rg.

Eficiencia de utilización de nitrógeno

Los Rg aumentaron de 3.080 a 5.700 kg ha⁻¹ al incrementar las dosis de N de 40 a 160 kg N ha⁻¹, sin embargo, la EUN tiende a disminuir a la aplicación de dosis crecientes, siendo la más baja en los tratamientos de 160 kg N ha⁻¹ (Cuadro 4). En las subparcelas, en cada tratamiento de control químico, la EUN aumentó a medida que el control de las malezas fue más efectivo para igual dosis de N aplicado.

La mayor y menor EUN fueron obtenidas en 40 kg N ha⁻¹ y 960 G y 160 N + 1.920 G + CP, respectivamente. Álvarez (2000) en un suelo del estado Portuguesa y durante el periodo de

lluvias de 1997, establece una alta EUN en esta variedad respondiendo con mayor producción en granos de arroz paddy por kg de N aplicado en dosis bajas (60 kg N ha^{-1}), en comparación con otras variedades. Sin embargo, los resultados obtenidos indican que la variedad respondió con mayor EUN aún a la dosis más baja (40 kg N ha^{-1}).

Rodríguez *et al.* (2002) y Rico *et al.* (1992), señalan que existe una correlación lineal positiva en el aumento de rendimientos de la variedad por incremento de dosis de N, acompañado de una correlación negativa en EUN, menor al incremento de kg de arroz paddy producido por kg de N aplicado por encima de 150 kg N ha^{-1} , reportando valores entre 38 y 32 kg por kg N, similares a los obtenidos en el presente estudio.

CONCLUSIONES

La variedad FONAIAP-1 responde al aumento de dosis de fertilizantes, incrementando el rendimiento, con el mismo comportamiento estadístico entre las dosis de 40 a 80 y 80 a 160 kg ha^{-1} de N y distinto patrón con diferencia significativa entre 40 y 160 kg ha^{-1} de N, con una diferencia en rendimiento de 814 kg ha^{-1} , que representa el 16,2% a favor de la dosis de 160 kg ha^{-1} .

La variedad FONAIAP-1, responde al aumento de las dosis de herbicidas incrementando el rendimiento, con el mismo comportamiento estadístico entre las dosis de 960 a $1.920 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, pero significativamente diferentes a medida que disminuye el control de malezas y el rendimiento; con una diferencia de 1.533 kg ha^{-1} que representa el 28,4% a favor de la aplicación CP.

La interacción de los tratamientos 80 y 160 kg N ha^{-1} con 960 y $1.920 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, alcanzaron los mayores rendimientos con 4.997 y 5.403 kg ha^{-1} , respectivamente.

Los componentes del Rg: NP, NG y P_{1000} , fueron estadísticamente iguales para ambos tratamientos.

Se recomienda utilizar la dosis de 960 $\text{g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, porque el Rg es estadísticamente igual a la dosis de $1.920 \text{ g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$, aunque 7,5% menor en Rg por hectárea, pero se ahorran 960

$\text{g i.a. G ha}^{-1} + \text{CP}$ que representan el 100% de la dosis; además de que contribuye en lo económico con la sustentabilidad del ambiente.

Tomando en cuenta la existencia de la interacción determinada en este experimento, sobre el comportamiento de los parámetros de producción de la variedad, debe considerarse su estudio en las nuevas variedades para adecuar las dosis de herbicidas, porque los resultados indican que se pueden disminuir, al igual que la preparación de suelo y obtener altos rendimientos con sustentabilidad en el cultivo de arroz.

AGRADECIMIENTO

Al INIA, en especial al INIA-Guárico y/a su personal por el apoyo en la realización de este estudio. Igualmente, al Técnico Asociado a la Investigación Arnaldo Chávez por su colaboración en el manejo agronómico y evaluaciones de campo durante el ensayo.

LITERATURA CITADA

- Acevedo B. M. A., M. Salazar, W.A. Castrillo, O. Torres, E. Reyes, M. Navas, R. Álvarez, O. Moreno y E. Torres Toro. 2012. Efectos de la densidad de siembra y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de granos de arroz del cultivar centauro en Venezuela. *Agronomía Trop.* 61(1):15-26.
- Álvarez L. 2000. Rendimiento y rentabilidad de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) durante la época lluviosa, estado Portuguesa, Venezuela. *Revista UNELLEZ de Ciencia y tecnología* 18(1):97-118.
- Álvarez R., O. Moreno, N. Delgado, E. Reyes, M. Acevedo y G. Torrealba. 2004. El Cultivo de arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. (Serie anuales de Cultivo INIA N° 1). Maracay. 202 p.
- Arregocés O. 1986. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Componentes del rendimiento en arroz; Guía de Estudio. Cali, Colombia. 19 p.
- Blanco F., G. Rico y A. Amaya, 1992. Nutrición mineral, suelos y manejo de la fertilización de

- arroz en Venezuela. CIAT-FANAIAP. Unidad de aprendizaje para la capacitación de tecnología de producción de arroz. N° 4. Cali, Colombia. 153 p.
- Carrillo de C. C.E., E. Casanova y G. Rico, 1992. Balance de nitrógeno en arroz de riego en un vertisol del estado Guárico. *Agronomía Trop.* 42(1-2):67-84.
- Castrillo W. 2000. Efecto de la interferencia de *Ecchinocloa colona* (L.) Link en el rendimiento de arroz *Oryza sativa* (L.) Link en Calabozo. Tesis de MSc en Agronomía. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 47 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2003. Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Compilado de R.C. Chaudhary, J.S. Nanda y D.V. Tran. Comisión Internacional del arroz. Roma.
- Fisher A. 1994. Resistencia a herbicidas y umbrales de acción para el manejo integral de malezas. *Revista Arroz (Col.)*. pp. 28-34.
- González Franco J., O. Arregocés y E. Escobar Manrique. 1985. Principales malezas en el cultivo del arroz en América Latina. In: E. Tascón y E. García D.(Ed). *Arroz: Investigación y Producción* (Compilación). Centro de Internacional de Agricultura tropical (CIAT)-Naciones Unidas (PNUD). Cali, Colombia. pp. 419-444.
- InfoStat. 2004. InfoStat software Estadístico. Versión 1.1. Universidad de Córdoba, Argentina.
- León J. y O. Arregocés. 1985. Factores que afectan la respuesta a la fertilización nitrogenada del arroz. In: E. Tascón y E. García D. (Ed). *Arroz: Investigación y Producción*. Centro de Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Naciones Unidas (PNUD). Cali, Colombia. pp. 307-340.
- Mejias J., 1995. El sistema de siembra sin labranza desde el punto de vista de la conservación del suelo y de las malezas. In: Memoria del II Taller Nacional de Labranza, Sistema de Labranza y Conservación de Suelos. Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". Guárico, Venezuela. pp. 21-33.
- Machado T.,W.S. 1996. Análisis e interpretación de resultados de ensayos de campo con herbicidas. (Conferencia). Memoria SOVECOM. Maracay, Venezuela. pp. 59-66.
- Monasterio Piñero P. 1999. Efecto de la lámina de inundación sobre la producción del cultivo arroz (*Oryza sativa* L.) en SRRG. Tesis de Magister Scientiarum en Agronomía. Guanare, Venezuela. Vice-Rectorado de Agronomía y Conservación. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. 80 p.
- Monasterio Piñero P., L. Lugo, L. Álvarez y H. López. 2012. Desarrollo y producción de arroz (*Oryza sativa* L.) con diferentes profundidades de láminas de agua en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola* 12 (1). pp. 117-126. Disponible en: <http://udoagricola.udo.edu.ve/V12N1UDOAg/V12N1Monasterio117.pdf> [Consultado: 15 de diciembre de 2012]
- Montoya M., N. Rodríguez, I. Pérez-Almeida, J. Cova y L. Alemán. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolana. *Agronomía Trop.* 57(4):299-311.
- Ortiz Domínguez, A. 1997. Caracterización morfofisiológica y quimiotaxonómica de ecotipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Tesis de MSc. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 117 p.
- Páez N. O.E. y N. C. Almeida P. 1994. Control Integrado de malezas en arroz bajo riego en el estado Portuguesa. *Agronomía Trop.* 44(2):245-262.
- Páez N. O.E., D. Medina, L. Guerra y W. Martínez. 1992. Las malezas y su manejo en el cultivo del arroz en Venezuela. Unidad de aprendizaje N° 3. Serie de capacitación en tecnología de producción de arroz. CIAT-BID. Cali, Colombia.
- Rengifo A. y J. Márquez. 1993. Efecto del batido y la cero labranza sobre la densidad aparente del

- suelo y su incidencia sobre el crecimiento del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Calabozo, estado Guárico. En situación del cultivo de arroz en Venezuela. Martínez, P. 1998. Fundación Polar. Primera Edición. Caracas, Venezuela. 127 p.
- Rico G., A. Rodríguez, O. Torres, O. Páez, D. Pérez y S. Rico. 1987. Consideraciones necesarias para la obtención de óptimos rendimientos utilizando las variedades de arroz Araure 1, Araure 3 y Araure 4. Informe técnico. FONAIAP. Estación Experimental Guárico. Calabozo. 32 p.
- Rico G., D. Pérez, C. Ledezma, J. Parra y H. Agrinzones. 1992. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno y fósforo en variedades modernas de arroz bajo condiciones de inundación en suelos pesados. *Agronomía Trop.* 42(1-2):41-52.
- Ruiz M., G.S. Díaz y R. Polón. 2005. Influencia de las tecnologías de preparación de suelo cuando se cultiva arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Cultivos Trop.* 26(2):45-52.
- Rodríguez H. A., L. Arteaga de R., R. Cardona, M. Ramón y L. Alemán. 2002. Respuesta de las variedades de arroz FONAIAP 1 y Cimarrón a dos densidades de siembra y dos dosis de nitrógeno. *Bioagro.* 14(2):105-112.
- Salazar M., C. Marín, M. Navas, O. Torres, R. Gutiérrez y J. Crespo. 2003. Efectos del sistema de labranza en el comportamiento de cuatro variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) en el estado Barinas, Venezuela. *Rev. Fac. Agron.,* 19(3):194-200.
- Sánchez C.E. 1993. Efecto del batido y la cero labranza sobre las propiedades físicas y químicas de un vertisol bajo condiciones de inundación y su incidencia sobre el desarrollo del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) en Calabozo. Tesis de Maestría. Maracay, Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 79 p.
- Sánchez C.E. 1995. El Arroz: Estrategia agrícola y alimentaria en Venezuela. (Compilación). Instituto Universitario de Tecnología de los Llanos. Calabozo, Venezuela. pp. 137-172.
- Torrealba D. 2000. Efecto de la duración de la interferencia del arroz rojo (*Oryza sativa* L.) en el cultivo de las variedades Cimarrón y FONAIAP 1. Trabajo de grado. Maracay. Ven. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 84 p.
- Vivas L.E y A. Notz. 2009. Plan de muestreo secuencial de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo, estado Guárico, Venezuela. *Rev. UDO Agrícola.* 9(4):857-872.

NOTA TÉCNICA

Crecimiento y producción de variedades de papa en Cuencas, municipio Urdaneta del estado Trujillo, Venezuela

Growth and yield of potato varieties in Cuencas, Urdaneta township of Trujillo state, Venezuela

Norkys Meza^{1*}, Beatriz Daboín², Pedro Moratinos², Raizza Riveros² y Fernando Sequera²

¹⁻²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Lara y Trujillo, respectivamente. Venezuela.

*Correo electrónico: nmeza@inia.gob.ve, norkysmeza@gmail.com

RESUMEN

La producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) forma parte de la cultura y modo de vida de los horticultores andinos. Es un cultivo estratégico por ser fuente de carbohidratos, proteínas y vitaminas; versátil en su forma de consumo y adaptable a diversas condiciones agroecológicas. Con el propósito de evaluar las variedades locales Montañita y Sin nombre, provenientes de Táchira, y las variedades comerciales Tibisay, María Bonita, Única peruana, María Reiche y Granola, se estableció un ensayo en la localidad de Cuencas, municipio Urdaneta, estado Trujillo, Venezuela; a 1.627 m.s.n.m., humedad relativa de 80-90% y temperatura 14-16 °C, con un diseño experimental en bloques al azar y 4 repeticiones; 4 hilos por parcelas de 3 m de longitud y 10 tubérculos por hilos, sembrados a 0,80 x 0,30 m. La evaluación se realizó siguiendo la metodología propuesta por el Centro Internacional de la Papa (CIP). Los mayores porcentajes de emergencia se encontraron en Única Peruana (97,50%), María Reiche (91%) y Tibisay (90%). Sin nombre, María Reiche y Tibisay lograron las mayores alturas; mientras que Sin nombre presentó mayor número de tallos y tubérculos. Los mejores rendimientos se lograron en Montañita (19.246,43 kg h⁻¹) y Única Peruana (17.413,32 kg h⁻¹), y el menor rendimiento lo obtuvo María Bonita (10.276,19 kg h⁻¹). Única peruana y María Reiche produjeron mayor porcentaje de papa para el consumo y resultaron aptas para el procesamiento industrial en la producción de bastones. El resto de las variedades pueden ser utilizadas para la producción de hojuelas.

Palabras clave: *Solanum tuberosum* L., tubérculo, variedades, rendimiento.

ABSTRACT

Potato production (*Solanum tuberosum* L.) is part of culture and way of life of Andean horticulturists. It is a strategic crop for being a source of carbohydrates, proteins and vitamins. Potato has versatile forms of consumption and wide adaptability to different agro-ecological conditions. To evaluate local varieties Montañita and Sin nombre from Táchira state, and commercial varieties Tibisay, Maria Bonita, Única peruana, Granola and Maria Reiche, a trial was conducted in Cuencas, Urdaneta township, Trujillo state, Venezuela; 1,627 meters above sea level, relative humidity 80-90% and temperature 14-16 °C, with an experimental design in random blocks with 4 replications; 4 rows per 3 m length plots and 10 tubers per row, planted at 0.80 x 0.30 m. The evaluation was performed by methodology proposed by International Potato Center (CIP). Highest percentages of emergency were found in Única peruana (97.50%), María Reiche (91%) and Tibisay (90%). Sin nombre, María Reiche and Tibisay achieved the greatest heights; while Sin nombre the highest number of stems and tubers. Best yields were achieved in Montañita (19,246.43 kg h⁻¹) and Única peruana; (17,413.32 kg h⁻¹) and the lowest yield was obtained by María Bonita variety (10,276.19 kg h⁻¹). Única peruana and María Reiche produced highest percentage of potatoes for consumption and were suitable for industrial processing in the production of sticks. Other varieties can be used for flakes production.

Key words: *Solanum tuberosum* L., tuber, varieties, yield.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela, la papa (*Solanum tuberosum* L.) constituye un alimento fundamental en la dieta diaria de la población por la cantidad de proteínas que posee. El uso de semillas certificadas garantiza un tubérculo sano y de alta calidad; pero su alto precio limita su adquisición por parte de los pequeños productores, prefiriendo comprar como semilla aquellos que no se pueden vender o consumir por ser pequeños y estar afectados por plagas y enfermedades.

La producción de papa en el país se destina tanto para consumo fresco como para la agroindustria. Según estadísticas de la FAO (2012), la producción del rubro en el 2007 sobre un área cosechada de 24.552 ha, obtuvo 456.661 t. con un rendimiento promedio de 18,67 t ha⁻¹.

La duración del ciclo de crecimiento y desarrollo que determinan el rendimiento final en el cultivo de papa, es el resultado de su amplia conformación genética y el ambiente (Streck *et al.*, 2006). En el estado Trujillo se produce este tubérculo en zonas que se caracterizan por ser pequeños valles, con condiciones muy variadas de clima, suelo y cultura; especialmente infiriéndose que no todos los cultivares se comportan de igual manera en las diferentes zonas agroecológicas, debido al efecto de interacción genotipo x ambiente, afectando el rendimiento y la productividad.

En este orden de ideas, en la localidad de Cuencas del municipio Urdaneta, la producción de tubérculos es importante, las variedades de papa que mayormente se producen son Andinita, Granola y Única, con rendimientos promedios entre 12.000 y 13.000 kg ha⁻¹. Sin embargo, en esta zona se han realizado ensayos para evaluar el comportamiento agronómico de clones promisorios provenientes del Centro Internacional de la Papa (CIP) y la variedad Granola como testigo, donde se pudo evidenciar que los clones 393194-1 y 393194-37 produjeron mayores rendimientos en comparación con la variedad comercial Granola (Meza *et al.*, 2009).

Con la finalidad de evaluar características agronómicas relevantes de las variedades locales: Montañita y Sin nombre provenientes de Táchira, así como las variedades comerciales: Tibisay,

María Bonita, Única Peruana, María Reiche y Granola, se realizó la presente investigación en la localidad de Cuencas, estado Trujillo, zona importante en la producción de este rubro.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en la localidad de Cuencas, parroquia Santiago, municipio Urdaneta del estado Trujillo (9°12'LN y 70°30'W), a una altitud de 1.627 m.s.n.m., con humedad relativa de 80 a 90% y temperatura promedio de 14 a 16 °C. Los materiales de papa evaluados fueron las variedades locales Montañita y Sin nombre provenientes de Táchira y las variedades comerciales Tibisay, María Bonita, Única Peruana, María Reiche y Granola.

El ensayo se condujo bajo un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos correspondientes a cada uno de los materiales. Se establecieron cuatro surcos por bloque de 3 m de longitud y 10 plantas cada uno, a una distancia de 0,80 m entre surco y 0,30 m entre plantas para un total de 160 tubérculos por tratamiento. La evaluación de los materiales de papa para todas las variables se realizó siguiendo la metodología propuesta por el CIP (Zosimo, 1994).

El crecimiento y producción de los materiales se evidenció a través de la determinación del porcentaje de emergencia, altura de planta, número de tallos por planta, longitud de estolones (cm), número de tubérculos por planta y rendimiento (kg ha⁻¹).

A los 45 días se cuantificó el porcentaje de emergencia y se midió con una cinta métrica la altura de la planta desde la distancia vertical entre el suelo y la rama terminal de la planta. El número de tallos por planta se realizó contando los tallos en las plantas de las dos hileras centrales de cada material a los 60 días. A los 110 días después de la siembra se extrajeron cinco plantas de cada tratamiento y se midió con una cinta métrica la longitud de los estolones.

En la cosecha se determinó el número y peso de tubérculos por planta para cada tratamiento, con el fin de determinar el rendimiento y se expresó en kg ha⁻¹. En postcosecha se determinaron las

características físicas: forma del tubérculo, tipo de piel, color de piel, color de pulpa y profundidad de ojos.

Para el procesamiento de los datos experimentales se realizó un análisis de la varianza y la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan, mediante el programa INFOSTAT versión 2004 (INFOSTAT, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento y desarrollo de los diferentes materiales de papa

La evaluación de los genotipos de papa en diferentes localidades y a través del tiempo, es importante para estimar las respuestas genotípicas diferenciales bajo diversas condiciones ambientales.

En el Cuadro 1 se muestran las características observadas en cada uno de los materiales evaluados. Con respecto a la emergencia de plantas, se destacaron las variedades: Única Peruana, María Reiche y Tibusay con 97,50; 91,25 y 90,00%, respectivamente, valores aceptables, ya que se encuentran por encima del 80%, mientras que el resto de las variedades presentaron valores entre 77,50 y 48,75%.

Las variedades Sin nombre, Tibusay y María Reiche desarrollaron las mayores alturas. El mayor número de tallos y tubérculos por planta lo produjo la variedad Sin nombre, demostrando que estas características afectan el rendimiento. En relación a los estolones se observa que María Reiche y Tibusay produjeron estolones entre 10,30 y 10,00 cm, respectivamente, considerados según la metodología del CIP como medianos (valores entre 10 a 20 cm), el resto presentó estolones cortos (valores entre 1 a 10).

Los resultados anteriores muestran la gran adaptabilidad que tienen estas variedades de papa a una altitud de 1.627 m.s.n.m. y bajo las condiciones climáticas en las que se desarrolló el ensayo, poca precipitación y temperaturas entre 18 y 22 °C. Resultados similares fueron encontrados por Porras y Gallardo (2011) en la variedad Granola y Tibusay, evaluados a una

altitud de 1.658 m.s.n.m.; y por Meza y Valera (2008) al evaluar Granola bajo condiciones climáticas similares.

En las variedades Montañita y Única Peruana se obtuvo mayores rendimientos, posiblemente, debido a que el ciclo de vida del cultivo se desarrolló bajo factores ambientales y edafoclimáticos que se combinaron favorablemente. Única Peruana presentó el mayor porcentaje de tubérculos para el consumo, es decir, papas mayores de 80 g; las variedades Tibusay, María Reiche y María Bonita lograron porcentajes similares. Sin Nombre obtuvo el más alto porcentaje de tubérculos para semillas, mientras que el mayor porcentaje de semilla descarte lo produjo la variedad Granola (Cuadro 2).

En general, las variedades arrojaron rendimientos por encima de 10.000 kg ha⁻¹, aunque no se llevaron registros climáticos, esto se puede atribuir a las condiciones imperantes en la zona, como días soleados y escasas precipitaciones.

Características físicas de los tubérculos

En el Cuadro 3 se observan las características físicas de los tubérculos. De acuerdo a las formas alargada y redonda alargada de las variedades Única Peruana y María Reiche, estos podrían ser destinados a obtener diferentes productos procesados, como “bastones”; mientras que el resto pueden ser utilizadas para “hojuelas”, aunque se necesita conocer otros parámetros químicos como gravedad específica, sólidos solubles totales, azúcares reductores y el contenido de almidón.

La Figura demuestra las formas, el color y tipo de la piel en las variedades evaluadas. Meza y Valera (2008) reportan características físicas muy parecidas en las variedades María Bonita, María Reiche, Tibusay y Única Peruana, evaluadas a pisos altitudinales similares a los realizados en esta investigación. Todos los materiales mostraron piel lisa, color amarillo y ojos superficiales, a excepción de Única Peruana y Sin nombre, características de gran importancia para el consumo fresco.

Cuadro 1. Evaluación de caracteres de crecimiento y desarrollo de las variedades evaluadas.

Material	Emergencia de plantas (%)	Altura (cm)	Número de tallos/planta	Longitud estolones (cm)	Nº de tubérculos/planta
Única Peruana	97,50a ± 2,89	50,96c ± 9,76	2,94bc ± 0,61	6,10c ± 2,05	4,55d ± 2,65
María Reiche	91ab ± 6,29	55,53b ± 9,63	3,08ab ± 0,68	10,30a ± 2,17	4,90cd ± 2,96
Tibisay	90ab ± 9,13	55,06b ± 8,42	2,64d ± 0,51	10,00a ± 3,14	5,50cd ± 3,71
Granola	77,5bc ± 8,66	29,21e ± 4,04	2,30e ± 0,66	2,00d ± 1,87	4,55d ± 3,24
María bonita	71,25c ± 7,50	42,99d ± 12,95	2,46de ± 0,66	8,60b ± 3,66	5,03cd ± 3,20
Sin nombre	68,75c ± 9,46	61,63a ± 9,70	3,35a ± 0,62	7,40bc ± 3,08	9,08ab ± 6,16
Montañita	48,75d ± 4,79	41,69d ± 9,17	2,70cd ± 0,73	7,00c ± 3,65	7,08ab ± 7,13
Significancia	**	**	**	**	**
Coefficiente de Variación (%)	9,18	17,58	22,09	39,43	40,42

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según pruebas de media por Duncan. **Altamente significativo. Promedios ± Desviación estándar.

Cuadro 2. Rendimiento y porcentaje de tubérculos de papa para consumo, semilla y pasilla en las variedades evaluadas.

Material	Porcentaje de consumo >80g	Porcentaje de semilla 25 a 79 g	Porcentaje de descarte <24 g	Rendimiento kg ha ⁻¹
Única Peruana	79,40a ± 3,29	15,55c ± 3,06	5,05b ± 1,56	17.567,77a
Tibisay	66,42ab ± 4,25	25,69bc ± 5,08	7,89ab ± 0,92	13.791,67ab
María Reiche	65,84ab ± 10,18	27,56b ± 7,51	6,61ab ± 3,73	13.337,65ab
María Bonita	64,43bc ± 8,61	24,80bc ± 6,30	10,77ab ± 2,45	10.276,19b
Montañita	61,24bc ± 15,26	28,51b ± 8,80	10,26ab ± 6,78	19.246,43a
Granola	58,45bc ± 11,07	29,48b ± 9,44	12,08a ± 4,65	10.859,09b
Sin Nombre	50,28c ± 5,37	39,77a ± 4,82	9,96ab ± 1,08	15.654,06ab
Significancia	**	**	*	**
Coefficiente de variación (%)	14,42	24,77	40,54	28,13

Letras distintas indican diferencias significativas ($P \leq 0,05$) según pruebas de media por Duncan.

*Significativo; **Altamente significativo. Promedios ± Desviación estándar.

Cuadro 3. Características físicas de forma, profundidad de ojos, color de piel y pulpa de tubérculos de variedades de papa evaluadas.

Material	Forma del tubérculo	Tipo de piel	Color de piel	Color de pulpa	Profundidad de ojos
Única Peruana	Redonda alargada	Lisa	Roja	Amarillo claro	Superficiales
María Reiche	Alargada	Lisa	Amarilla	Amarilla	Superficiales
Tibisay	Redondeada	Lisa	Amarilla	Amarilla	Superficiales
Granola	Redondeada	Lisa	Amarilla	Amarilla	Superficiales
María Bonita	Redondeada	Lisa	Amarilla	Amarilla	Superficiales
Sin Nombre	Redondeada	Lisa	Blanca	Blanca	Superficiales
Montañita	Redondeada	Lisa	Amarilla	Amarilla	Medios

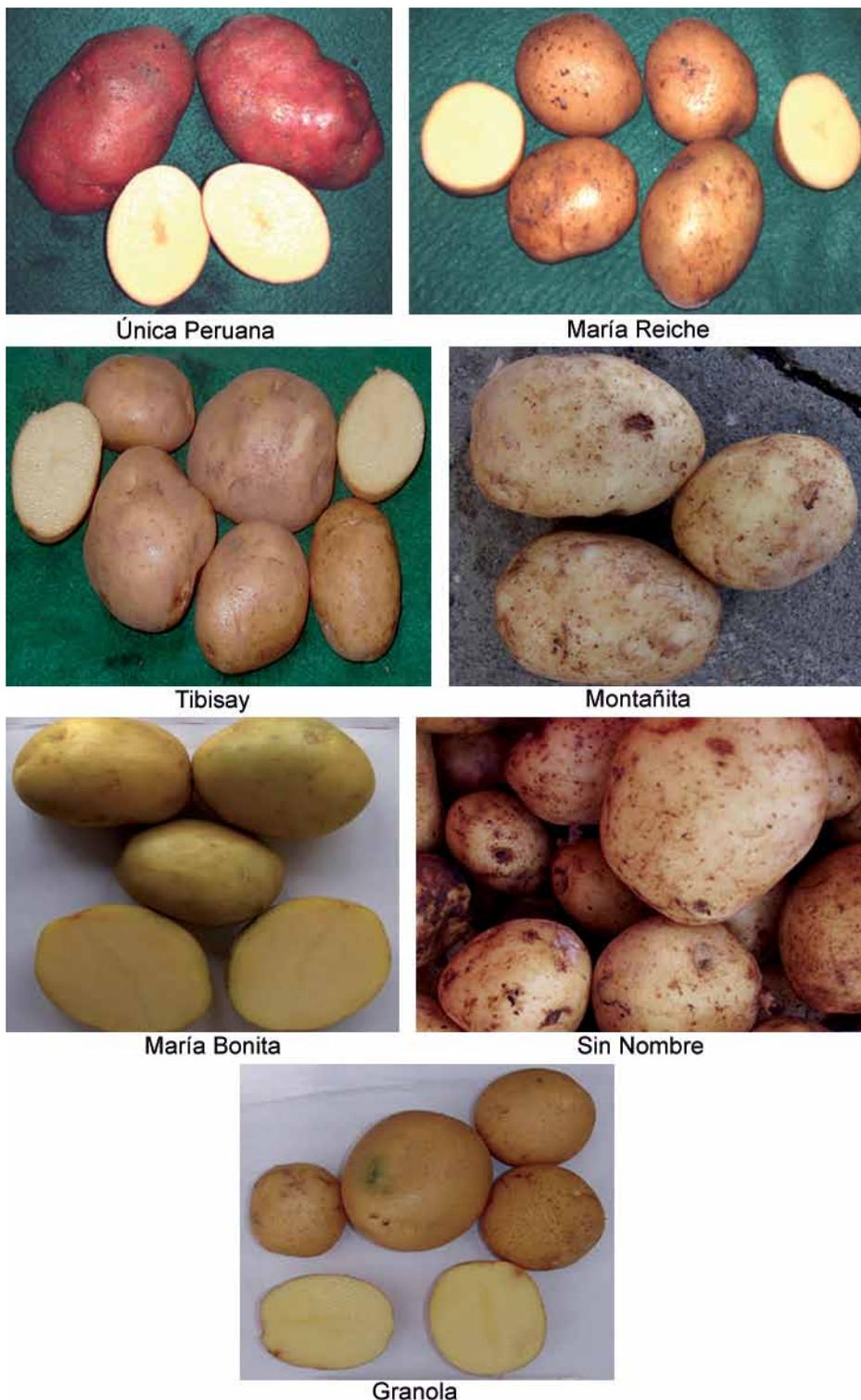


Figura. Características físicas de las variedades de papa Única Peruana, María Reiche, Tibisay, Montañita, María Bonita, Sin nombre y Granola.

En general, las características de calidad externa evaluadas en estas variedades son muy similares y preferidas por los productores del país; a excepción de Única Peruana, la cual posee piel roja. Tubérculos con ojos superficiales facilitan el pelado mecánico con mínima pérdida de materia prima, siendo este un requerimiento cualitativo para la industrialización de la papa (Bonierbale *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

El comportamiento hortícola reflejó la adaptación de las variedades en la zona de Cuencas.

Todas las variedades presentaron rendimientos estimados superiores al promedio reportado para el estado Trujillo, la variedad Sin nombre mostró la mayor proporción de tubérculos semilla.

Estos resultados indican el potencial de uso de las variedades y su capacidad de competir comercialmente con los cultivares actuales.

En cuanto a las características físicas de calidad evaluadas, todas son aptas para el consumo fresco.

LITERATURA CITADA

Bonierbale M., W. Amorós y J. Espinoza. 2000. Estrategias y desafíos para el mejoramiento de papa para procesamiento. Simposio Internacional Avances en la Agroindustria de la papa. 12 p.

FAO. 2012. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Estadísticas de producción. FAOSTAT. Disponible en línea: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> [Jul. 20, 2012].

Infostat 2004. Versión 1,1 Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Editorial Brujas. Argentina. 318 p.

Meza N. y A. Valera. 2008. Caracterización de parámetros poscosechas de nueve materiales de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivados en la localidad de Cuencas, Trujillo, Venezuela. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 52:55-57.

Meza N., J. Herrera y S. Gudiño. 2009. Comportamiento de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de cuencas estado Trujillo, Venezuela. Bioagro. 21(2):149-151.

Pérez de Camacaro M., M. Ojeda y D. Rodríguez. 2006. Evaluación de la calidad de nuevas papas (*Solanum tuberosum*) cosechadas en la localidad de Sanare, estado Lara, Venezuela. Proc Interamer. Soc. Trop. Hort. 50:46-53.

Porras E. y M. Gallardo 2011. Caracterización agronómica de materiales genéticos de papa (*Solanum tuberosum* L.), en la localidad la loma de Cubiro en el estado Lara, Venezuela. Agronomía Trop. 61(2):105-111.

Streck N. A., F. L. Matiello de Paula, D. A. Bisognin, A. B. Heldwein and J. Dellai. 2006. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). Agricultural and Forest Meteorology. 142:1-11.

Zosimo H. 1994. Potato descriptor for a minimum characterization of potato collection. Publicación del Centro Internacional de la papa (CIP). Lima. pp. 40-48.

NOTA TÉCNICA

Calibración de pluviómetro y termohigrómetros de estaciones meteorológicas automáticas

Calibration of rain gauge and thermohygrometers in automated weather stations

Alberto Chassaing*, Manuel Ávila y Jesús Madriz

Trabajo presentado en el III Congreso Venezolano de Agrometeorología, San Felipe, Yaracuy, Julio 2012.

Fundación para la Investigación Agrícola (Danac). San Felipe, estado Yaracuy, Venezuela.

Correo electrónico: alberto.chassaing@danac.org.ve*, manuel.avila@danac.org.ve, jesus.madriz@danac.org.ve

RESUMEN

En Venezuela diferentes unidades de producción e instituciones de investigación han incorporado estaciones meteorológicas automáticas (EMA) dentro de sus sistemas, por ello se hace necesario verificar su calibración periódicamente y así asegurar la confiabilidad de sus resultados. El objetivo del presente trabajo fue verificar la calibración de un pluviómetro PCR800 (Marca Oregon) y termohigrómetros de tres estaciones meteorológicas modelo WMR200A (Marca Oregon) antes de su instalación. En el pluviómetro se aplicaron pruebas estáticas y dinámicas y en los termohigrómetros THGN801 se aplicaron pruebas por ajuste de temperatura en estufa cuyos resultados fueron comparados con un termohigrómetro calibrado. En el pluviómetro la prueba estática indicó que las diferencias encontradas entre la lámina añadida y la lámina registrada para todos los niveles no fueron significativas ($P < 0,025$); mientras que la prueba dinámica indicó una diferencia máxima de lámina de 3 mm de la estación inalámbrica con respecto al pluviómetro convencional usado como referencia. En los termohigrómetros las diferencias de temperatura y humedad relativa con respecto al estándar no superaron las tolerancias del equipo y tampoco se encontraron variaciones significativas ($P < 0,025$). Se verificó que las calibraciones del pluviómetro y de los termohigrómetros estaban conformes a las tolerancias indicadas por los fabricantes para un amplio rango de niveles de precipitación, temperatura y humedad relativa.

Palabras clave: metrología, instrumentos climatológicos, sensores remotos.

ABSTRACT

In Venezuela farms and research institutes have incorporated Automatic Weather Stations (EMA, acronym in spanish) in their systems, which require calibration periodically to ensure reliability of results. The aim of this work was to verify the calibration of a rain gauge PCR800 (Brand Oregon) and three thermohygrometers WMR200A (Brand Oregon) before installation. Static and dynamic tests were applied in the rain gauge. The thermohygrometers THGN801 were calibrated by adjusting temperature in oven and the results were compared with a calibrated thermohygrometer. The rain gauge static test indicated that the differences between the added water and water recorded for all levels were not significant ($P < 0.025$); while the dynamic test indicated a maximum difference of 3 mm between wireless rain gauge and conventional one, used as reference. Thermohygrometers differences in temperature and relative humidity with respect to standard did not exceed tolerances of the equipment and showed no significant variations ($P < 0.025$). It was verified that the calibration of the gauge and the thermohygrometers were conformed to the tolerances stated by manufacturers for a wide range of levels of precipitation, temperature and relative humidity.

Key words: metrology, weather instruments, wireless.

INTRODUCCIÓN

En Venezuela a partir de 1960 iniciaron estudios asociados a los efectos de la variabilidad espacial del clima sobre la producción agrícola, más particularmente en maíz y sus principales zonas de producción (Cabrera, 2000). Como el maíz se produce mayormente en secano, la distribución de las lluvias (precipitación) y su efecto sobre temperatura, insolación, radiación, humedad relativa, es considerada uno de los factores más importantes (Rodríguez, 2000).

Las prácticas agronómicas que integran el estudio de los registros de las condiciones ambientales, durante el ciclo de cultivo de este rubro, contribuyen a la reducción de riesgos y pérdidas económicas generadas por eventos climáticos con lo que se asegura el incremento de la producción y especialmente de la productividad (Azkue *et al.*, 2004).

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), en los últimos años, ha trabajado en diferentes proyectos con el fin de actualizar la plataforma tecnológica para la recolección y gestión de datos meteorológicos mediante la sustitución de estaciones meteorológicas convencionales, ubicadas en diferentes zonas del país, por estaciones meteorológicas automáticas (EMA; AVN, 2013).

Las EMA facilitan obtener datos de parámetros meteorológicos por medio de sensores electrónicos (UNA, 2012), que disminuyen el requerimiento de mano de obra y generan nuevas aplicaciones que apoyan los procesos productivos (Franco, 2006). Las EMA ocupan poco espacio, almacenan y transfieren los datos del clima, lo cual permite valorar su comportamiento y posible impacto.

En la actualidad diferentes unidades de producción e instituciones de investigación han incorporado las EMA dentro de sus actividades, sin embargo, una vez instaladas es necesario verificar que están calibradas, para asegurar la confiabilidad de los resultados generados, sobre todo cuando provienen de países de otras latitudes, donde su traslado y manejo pudieran ocasionar desajustes.

El objetivo del trabajo fue verificar la calibración de un pluviómetro y termohigrómetros de tres estaciones meteorológicas modelo WMR200A (Oregon Scientific, 2009) antes de su instalación, adaptando una metodología sencilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un pluviómetro y tres termohigrómetros de tres estaciones meteorológicas WMR200A (Oregon Scientific, 2009).

El pluviómetro PCR800 (Oregon Scientific, 2009) presenta las siguientes características: dimensiones 114 x 114 x 145 mm, peso 241 g, resolución 1 mm/h. Tolerancias: para valores inferiores a 15 mm/h una variación máxima de ± 1 mm; y para valores comprendidos entre 15 y 9.999 mm una variación máxima de ± 7 mm (Oregon Scientific, 2009). El diámetro de la boca del pluviómetro es de 100 mm y el área de captación de 78,54 cm².

El funcionamiento del pluviómetro se basa en la recolección del agua en un receptor de captación que luego la dirige a un colector tipo balancín que consta de dos cavidades. El agua se va acumulando en una de las cavidades y al alcanzar cierto peso realiza un movimiento de descarga que permite exponer la siguiente cavidad a la colección de agua y activar un pulso eléctrico que envía una señal de registro, cada pulso eléctrico equivale a una lámina de agua de 1 mm.

Para verificar el pluviómetro se realizó una adaptación de los métodos de calibración estática y dinámica descritos por Campbell Scientific (2010).

Verificación de la calibración

Prueba estática

Con un cilindro graduado de 100 cm³ se agregó lentamente agua sobre el área de captación del pluviómetro, al escucharse cada cinco choques del balancín (5 pulsos), se dejó de aplicar el agua y se tomaron las láminas de agua (L) registradas por el equipo desde 5 mm hasta 100 mm y se

compararon con las láminas de agua estimadas a partir de la siguiente fórmula:

$$L = (V / A) \times (10 \text{ mm}/1 \text{ cm})$$

Donde:

L= lámina de agua, expresada en mm.

V= volumen de agua restante en el cilindro, expresada en cm³.

A= área del círculo de captación, expresada en cm².

Prueba dinámica con lluvia natural y pluviómetro convencional

Se utilizó como estándar un pluviómetro Hellmann, que Monasterio *et al.* (2008) lo describen como un cilindro cuya "boca" receptora mide 200 cm². Posee además un anillo de bronce con borde biselado en la parte superior, unido a este, cuyo fondo tiene forma de embudo y ocupa aproximadamente la mitad del cilindro. El agua recogida pasa por el embudo a una vasija de "boca" estrecha llamada colector, aislada del cilindro exterior para evitar la evaporación por calentamiento.

Sobre una misma base se ubicaron el pluviómetro inalámbrico PCR800 y un pluviómetro convencional. Las "bocas" de ambos equipos se nivelaron para estar a 1,5 m sobre la superficie del suelo y distanciadas entre sí 10 cm. La base se instaló a plena exposición en las coordenadas 10,36235° latitud norte y 68,65572° longitud oeste, correspondiente a la sede de Fundación Danac en el estado Yaracuy.

El registro de la precipitación captada por el pluviómetro inalámbrico (L en mm) fue copiado

del receptor vía cable USB, por medio de un computador y el software Virtual Weather Station base edition versión 14.1. Mientras que con el pluviómetro convencional, la lámina se calculó diariamente con un cilindro graduado. El volumen (V) del agua captada en el depósito, se midió en cm³, y el diámetro de la boca en cm. Se calculó el área del círculo de captura (A) en cm² y la lámina (L) en mm, con la siguiente fórmula:

$$L \text{ (mm)} = V \text{ (cm}^3\text{)} / A \text{ (cm}^2\text{)} \times (10 \text{ mm} / 1 \text{ cm})$$

Temperatura y humedad

Se utilizaron tres termohigrómetros modelo THGN801 (Oregon Scientific, 2009) con las siguientes características: dimensiones: 115 x 87 x 118 mm, peso 130 g y tolerancias descritas en el Cuadro 1.

Verificación de la calibración

Se utilizó como referencia un termohigrómetro digital inalámbrico RTR-53A (TANDD, Japón), calibrado con un patrón termohigrómetro digital PCT-50 certificado 4087-3691767 con trazabilidad del NIST, USA.

Conforme a las especificaciones del fabricante, el rango de temperatura es de 0 a 55 °C con una tolerancia de +/-0,3 °C, mientras que la humedad relativa (HR) presenta un rango de medición de 10 a 95%, con una tolerancia de ±5%.

Se ubicaron tres unidades del THGN801 y una del estándar RTR-53A en una estufa eléctrica FX14-2 (Shell-lab, USA). Cada 15 min se registró la temperatura y humedad que mostraron los cuatro indicadores remotos correspondientes a cada termohigrómetro.

Cuadro 1. Tolerancias por rangos operacionales del termohigrómetro modelo THGN801.

Variable	Alcance funcional	Rango	Tolerancia
Temperatura (°C)	30 a 60	0-40	+/- 1
		40-50	+/- 2
Humedad relativa (%)	25 a 90	25 a 40	+/- 7
		40 a 80	+/- 5

Fuente: Oregon Scientific, 2009.

La captura de datos se inició cuando la estufa indicó los 30 °C y se elevó dos grados cada media hora hasta 38 °C, por lo que se obtuvieron dos lecturas para cada uno de los cinco valores de temperatura que indicó el sensor del panel de control de la estufa (30, 32, 34, 36 y 38 °C).

Análisis de resultados

Se estimaron las diferencias significativas entre los dispositivos y los valores indicados por los instrumentos de referencia. Para los pluviómetros se empleó la prueba de rango estudentizado de Tukey y para los termohigrómetros se utilizó el estadístico de t de Student (Miles, 1963).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Precipitación prueba estática

En el Cuadro 2 se muestran los valores calculados para cada cinco pulsos (equivalentes a 5 mm de lámina). Se encontró que los valores de lámina añadida, con respecto a la registrada, difieren entre 0,08 mm y 0,59 mm en las 20 mediciones. Los cálculos estimaron que con cada 39,27 cm³ que se aplicara, el balancín bajaría para efectuar un pulso (datos no mostrados).

Las diferencias encontradas entre la lámina aplicada y la lámina registrada para todos los niveles no fueron significativas ($P < 0,025$) y por ello no se encontraron datos discrepantes (Cuadro 2), sin embargo las variaciones presentes podrían ser atribuidas a errores propios del analista al manipular el instrumento durante las mediciones y a la precisión del cilindro graduado utilizado.

Prueba dinámica con lluvia natural y pluviómetro convencional

En el Cuadro 3 se observa que la lámina registrada por la estación inalámbrica (b) difiere entre -1 a 3 mm en el mes de marzo, y entre -1 y 2,6 mm en el mes de abril, con respecto a la lámina calculada a partir del pluviómetro convencional (a).

Monasterio *et al.* (2008), validando un pluviómetro artesanal con uno convencional, encontraron que

las diferencias del volumen de agua medido en ambos fueron mínimas tal como fue encontrado en el presente estudio.

Temperatura y humedad

En el Cuadro 4 se observa que para los tres termohigrómetros modelo THGN801, las diferencias de temperatura con respecto al estándar no superan las tolerancias del equipo (0 a 40 °C: +/- 1 °C), exceptuando el primer registro de temperatura.

Mientras que para la humedad relativa, los termohigrómetros 1 y 3 mostraron las menores diferencias con respecto al estándar, no superando en ningún caso las tolerancias máximas del equipo (25 a 49%: +/- 7%).

La diferencia promedio del termohigrómetro 2 con el estándar fue inferior a su precisión, sin embargo mostró ser menos consistente que los otros dos sensores.

Al comparar los valores de los termohigrómetros con los valores de referencia del RTR-53A, se encontraron variaciones que no resultaron significativas, por ello no se identificaron datos discrepantes para el rango de trabajo considerado en el estudio.

CONCLUSIONES

Se verificó que las calibraciones del pluviómetro PCR800 y de los tres termohigrómetros THGN801, están conformes con las tolerancias indicadas por los fabricantes, sus resultados fueron comparables con los equipos de referencia para un amplio rango de niveles de precipitación, temperatura y humedad relativa. En este sentido, las variaciones encontradas fueron atribuidas a errores propios de la medición.

Se recomienda incorporar la metodología empleada en el presente estudio, dentro de un plan de verificación periódico, para asegurar la confiabilidad de los resultados emitidos por estos equipos, con el fin de interpretar de manera más asertiva algunos eventos climáticos y sus posibles efectos sobre el manejo y la productividad de los cultivos.

Cuadro 2. Número de pulsos, volumen de agua aplicado, lámina de agua aplicada y calculada y su diferencia, en la prueba estática de un pluviómetro PCR800.

N° pulsos	Volumen de agua aplicado (cm ³)	Lámina de agua registrada (mm) a	Lámina de agua aplicada (mm) b	Diferencias (mm) a-b	Datos discrepantes*
5	42	5	5,35	-0,35	0
10	80	10	10,19	-0,19	0
15	120	15	15,28	-0,28	0
20	160	20	20,37	-0,37	0
25	195	25	24,83	0,17	0
30	235	30	29,92	0,08	0
35	277	35	35,27	-0,27	0
40	312	40	39,72	0,28	0
45	350	45	44,56	0,44	0
50	394	50	50,17	-0,17	0
N° pulsos	Volumen de agua aplicado (cm ³)	Lámina de agua registrada (mm) c	Lámina de agua aplicada (mm) d	Diferencias (mm) c-d	Datos discrepantes*
55	429	55	54,62	0,38	0
60	474	60	60,35	-0,35	0
65	508	65	64,68	0,32	0
70	550	70	70,03	-0,03	0
75	590	75	75,12	-0,12	0
80	630	80	80,21	-0,21	0
85	670	85	85,31	-0,31	0
90	705	90	89,76	0,24	0
95	745	95	94,86	0,14	0
100	790	100	100,59	-0,59	0

*Diferencias que no exceden el valor crítico studentizado de Tukey a nivel de $P < 0,025$ se consideran no discrepantes.

Cuadro 3. Volumen captado en pluviómetro convencional y su lámina calculada, lámina registrada en pluviómetro PCR800 de estación WMR200A y diferencias entre láminas, en Fundación Danac, San Javier, estado Yaracuy, durante los meses de marzo y abril del 2012.

Marzo					
Día	Pluviómetro convencional		PCR800	a-b	Datos discrepantes*
	Volumen (cm ³)	Lámina calculada (mm) a	Lámina registrada (mm) b		
2	80	4	5	-1	0
4	28	1,4	0	1,4	0
6	22	1,1	2	-1	0
12	60	3	0	3	0
18	148	7,4	8	-1	0
20	490	24,5	25	-1	0
22	750	37,5	38	-1	0
23	800	40	41	-1	0
24	677	33,9	35	-1	0
Abril					
Día	Pluviómetro convencional		PCR800	c-d	Datos discrepantes*
	Volumen (cm ³)	Lámina calculada (mm) c	Lámina registrada (mm) d		
7	400	20	21	-1	0
8	28	1,4	2	-1	0
13	478	23,9	24	-0	0
14	40	2	0	2	0
20	732	36,6	34	2,6	0
21	25	1,3	2	-1	0
22	86	4,3	4	0,3	0
23	6	0,3	0	0,3	0
24	628	31,4	32	-1	0
25	878	43,9	45	-1	0
26	314	15,7	14	1,7	0

Nota: Solo se muestran los días con precipitación.

*Diferencias que no exceden el valor crítico studentizado de Tukey a nivel de $P < 0,025$ se consideran no discrepantes.

Cuadro 4. Valores de temperatura y humedad de tres termohigrómetros THGN801 y sus diferencias con un estándar RTR-53 A.

Estufa °C	Temperatura °C							Datos discrepantes*
	RTR53A a	TH1 b	a-b	TH2 c	a-c	TH3 d	a-d	
30	34,3	33,2	1,1	33,8	0,5	33,4	0,9	0
30	34,3	33,8	0,5	33,9	0,4	33,8	0,5	0
32	37,6	37,2	0,4	37,2	0,4	37,1	0,5	0
32	37,5	37,3	0,2	37,2	0,3	37,1	0,4	0
34	39,5	39,9	-0	38,9	0,6	38,8	0,7	0
34	39,5	39,1	0,4	39	0,5	38,9	0,6	0
36	41,4	41,1	0,3	41	0,4	40,8	0,6	0
36	41,4	nr		41	0,4	40,8	0,6	0
38	43,3	nr		42,8	0,5	42,6	0,7	0
38	43,4	42,8	0,6	42,9	0,5	42,7	0,7	0

Estufa °C	Humedad %							Datos discrepantes*
	RTR53A e	TH1 f	e-f	TH2 g	e-g	TH3 h	e-h	
30	49	53	-4	41	8	51	-2	0
30	50	50	0	41	9	49	1	0
32	26	26	0	23	3	24	2	0
32	22	21	1	18	4	19	3	0
34	19	18	1	16	3	17	2	0
34	23	21	2	17	6	19	4	0
36	28	24	4	20	8	25	3	0
36	29	nr		22	7	26	3	0
38	28	nr		23	5	25	3	0
38	29	25	4	23	6	25	4	0

Nota: TH 1, 2 y 3 se corresponden con cada uno de los termohigrómetros THGN801.

nr: Datos no registrados debido a la pérdida de comunicación entre el sensor y el receptor.

*Diferencias que no exceden el valor crítico de t de Student a nivel de $P < 0,05$ se consideran no discrepantes.

LITERATURA CITADA

- Agencia Venezolana de Noticias (AVN). 2013. Durante 2012 INAMEH instaló 49 estaciones hidrometeorológicas en 18 estados. Disponible en línea: <http://www.avn.info.ve/contenido/durante-2012-inameh-instal%C3%B3-49-estaciones-hidrometeorol%C3%B3gicas-18-estados> [Ene. 23, 2013].
- Azkue M. de, A. Cortez e I. Oliveros. 2004. Conozca la Red de estaciones agroclimáticas del INIA, Venezuela. CENIAP HOY N° 4, enero-abril 2004. Maracay, Aragua. Disponible en línea: URL: www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n4/texto/mazkue.htm [Oct. 15, 2012].
- Cabrera S. 2000. Agronomía del Cultivo: Épocas de siembra y densidades óptimas en maíz. **In:** Fontana, H. y González, C. (Comps.) El maíz en Venezuela. Fundación Polar (Ed). Caracas. Venezuela. 530 p.
- Campbell Scientific. 2010. Guía del usuario ARG100 Tipping Bucket Raingauge, pag. 6. Disponible en línea: URL: <ftp://ftp.campbellsci.com/pub/csl/outgoing/uk/manuals/arg100.pdf> [Sep.15, 2012].
- Franco A. 2006. Descripción de sensores y componentes asociados a una estación meteorológica automática en Maldonado, I, Aravena, R. (Eds) Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus aplicaciones productivas. Boletín INIA N° 145. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Chile. pp. 61-80.
- Miles S.R. 1963. Handbook of tolerances and of measures of precision for seed testing. Proceedings of the International Seed Testing Association 28(3):525-686.
- Monasterio P., F. Pierre, T. Barreto, G. Alejos, W. Maturet y J. Tablante. 2008. El pluviómetro artesanal: una manera práctica de medir la precipitación. INIA Divulga 11:45-48. Disponible en línea: URL: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2011/11monasterio_p.pdf [Oct. 15, 2012].
- Oregon Scientific. 2009. Manual del usuario Centro meteorológico profesional modelo WMR200A. Disponible en línea: <http://www.weatherconnection.com/manuals/WMR200.pdf> [Abr.12,2012].
- Rodríguez P. 2000. Aspectos climatológicos relacionados con la producción comercial de maíz. **In:** Fontana, H. y González, C. (Comps.) El maíz en Venezuela. Fundación Polar (Ed). Caracas. Venezuela. 530 p.
- Universidad de Asunción (UNA) Facultad Politécnica. 2012. Disponible en línea: URL: <http://www.pol.una.py/?q=node/165> [Feb.15, 2013].