



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

---

En abril del año 1951, a propósito de la necesidad de disponer de un espacio de difusión para los trabajos de investigación realizados en el país, nace Agronomía Tropical como la revista científica del Instituto Nacional de Agricultura (INA) y que por razones de adscripción se convierte, en el año de 1975, en el órgano de divulgación del para entonces FONAIAP, con el Investigador Luis J. Medina como director-fundador, acompañado por Francisco Fernández Yépez y Salomón Horowitz. Con 68 años de trayectoria continúa presente en su formato digital. Es editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), en Venezuela.

Agronomía Tropical publica trabajos las siguientes áreas temáticas: recursos fitogenéticos, fitomejoramiento, protección vegetal, bioecología, botánica, edafología, fertilidad de suelos, nutrición, recursos naturales, ambiente, agroecología, biotecnología agrícola vegetal, tecnología de alimentos, ingeniería agrícola, postcosecha, agroindustria, cadenas agroalimentarias, sistemas de producción agrícola vegetal, economía agrícola, desarrollo rural, agroforestería, investigaciones básicas y aplicadas en agroecosistemas de cultivos y demás temas que tengan que ver con el desarrollo agrícola.

Contacto: [agronomia.tropical.iniai@gmail.com](mailto:agronomia.tropical.iniai@gmail.com); [agronomia.tropical.inia@gmail.com](mailto:agronomia.tropical.inia@gmail.com). Teléfono: +58 243 2404766

### **COMITÉ EDITORIAL**

Ligia Carolina Rosales A. -Editora Jefe  
Andreína Muñoz - Editor Asistente  
Oralys León-Brito - Editor-Técnico  
Nick Crespo - Editor Técnico  
Eva Candelo - Administración  
Carlos Ramos - Diagramación

### **EDITORES ASOCIADOS**

Ezequiel Rangel Sección Tecnologías Agrícolas y Bioinformática  
Mercedes Pérez Macías Sección Ecofisiología y Bioclimatología  
Oralys León-Brito – Sección Semillas  
Rafael Montilla – Sección Biodiversidad y Protección Vegetal  
Renny Barrios- Sección Fertilidad y Manejo de Suelos

### **MIEMBROS FUNDADORES**

Bruno Mazzani  
Dora Micheletti de Zerpa  
Francisco Fernández Yépez  
Gino Malagutti  
Jesús Silva Calvo  
Luis A. Salas F.  
Luis Medina  
Pedro Obregón  
Rafael Pontis Videla  
Salomón Horovitz  
Wasily S. Iljin

# AGRONOMÍA TROPICAL

Agronomía Trop.

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

# INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS

## AUTORIDADES

Giomar Blanco - **Presidente**

Daniel Martins - **Gerente General**

Nohelia Rodríguez - **Gerente de Investigación**

Carlos Hernández - **Gerente de Producción Social**

Nicolás García - **Gerente de Participación y Desarrollo Comunitario**

StarlingRodríguez - **Gerente de Desarrollo Tecnológico**

## INDIZACIÓN

C.A.B. Internacional	(U.K.)
IICA- CIDIA	(Costa Rica)
AGRIS	(FAO, Roma)
LATINDEX	(México)
IAMSLIC	(USA)
Índice de Revistas	(México)
REVENCYT	(Venezuela)
Base de Datos REVIS	(CATIE, Costa Rica)
Base de Datos RISPAL	(CATIE, Costa Rica)
Base Agrícola Venezolana	(INIA, Venezuela)
Bioline	(Canadá)
Scielo	(Venezuela)
HINARI	(FAO Italia)
Org. de Estados Iberoamericanos	(Colombia)

## AGRADECIMIENTOS

Los miembros del Comité Editorial de la Revista Agronomía Tropical desean expresar su agradecimiento a las personas abajo mencionadas, por su valiosa colaboración en la revisión y arbitraje de los artículos científicos que conforman el Volumen 66.

**Franklin Paredes**

Universidad Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ), Guanare, Venezuela

**Camilo Morón**

Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda (UNEFM), Coro, Venezuela

**Ramón Rea**

Instituto de Estudios Avanzados (IDEA), Baruta, Venezuela

**Rafael Hernández**

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH), Caracas, Venezuela

**Ada Maureen Medina**

Instituto de Genética, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV), Maracay

**Auris Damelis García**

Instituto de Química y Tecnología, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (FAGRO-UCV), Maracay

**Carlos Julio Rosales**

**Quintín Arias**

Museo de Insectos del Instituto de Zoología Agrícola, Universidad Central de Venezuela, (MIZA-UCV), Maracay

**Reinaldo Cardona**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Portuguesa, Venezuela

**María Bertorelli**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Anzoátegui, Venezuela

**Luis Guillén**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Lara, Venezuela

**Aldolfo Cañizares**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Monagas, Venezuela

**María Ormeño**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Mérida, Venezuela

**Betania Moreno**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Yaracuy, Venezuela.

**Clímaco Álvarez**

**Olga Móvil**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Miranda, Venezuela

**Gelis Torrealba**

**Luis Vivas**

**Sol Medina**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Guárico, Venezuela

**Andy Díaz**

**Delis Pérez**

**Ezequiel Rangel**

**Juan Carlos Rey**

**Ligia Carolina Rosales**

**Liliana Velázquez**

**María Fernanda Rodríguez**

**Mercedes Pérez Macías**

**Oralys León Brito**

**Rafael Montilla**

**Rubén Silva**

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, (INIA – CENIAP), Maracay, Venezuela

## TABLA DE CONTENIDO

### Artículos científicos

BARRIOS M. R; SILVA-ACUÑA, R; ZERPA E, L.; MAZA, I; ROMERO M. G. **Fertilidad y estrategias de fertilización del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela** (Fertility and fertilizer strategies for the coffee axis San Agustín – Juasjuillar, municipality Caripe, Monagas state, Venezuela)..... 125

NAVAS, M; LUGO, M; TORRES, O; MÉNDEZ, J; RIVERO, R; MORENO, N; MONTILLA, H. **Uso de Trichoderma en el manejo de enfermedades fungosas y efectos sobre parámetros agronómicos del cultivo de arroz en el estado Barinas, Venezuela** (Use of Trichoderma in disease management and effects on agronomic parameters of rice cultivation in Barinas State, Venezuela) ..... 139

MONASTERIO, P; PIERRE, F; SILVA, G. **Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del maíz en Quibor, estado Lara, Venezuela** (Effect of plant density on corn yield in Quibor, Lara State, Venezuela) ..... 149

MORALES, P; MARTÍNEZ, L; TORRES, A; RINCÓN, H; GONZÁLEZ, E; YANEZ, C; ANTOLINEZ, M; VERENZUELA, A; VIVAS, N; ROSALES, LC. **Efectividad de atrayentes alimenticios para monitoreo de moscas de la fruta en Venezuela** (Effectiveness of food attractants for fruit flies monitoring in Venezuela)..... 161

FERNÁNDEZ, J; BALBI, C; CUNDOM, M. **Efecto de la aplicación de fungicidas para el control del tizón foliar sobre los componentes de rendimiento de híbridos de maíz** (Effect of fungicide application for leaf blight control on yield components in maize hybrids) ..... 171

ROSALES, LC; CROZZOLI, R; PUENTE, L; GONZÁLEZ, E; CASTILLO, A; MORALES, P; RODRÍGUEZ H, MG. **Patogenicidad de nematodos entomopatógenos nativos sobre dos moscas de importancia agrícola en Venezuela** (Pathogenicity of native entomopathogenic nematodes on two flies of agricultural importance in Venezuela) ..... 181

### Notas Técnicas

TEIXEIRA-DASILVA, JM; BELLO-SOLORZANO, J; DÍAZ-DELGADO, N; LOVERA-PALACIOS, C. **Comportamiento de variables físicas y químicas en el proceso de secado del cacao** (Behavior of physical and chemical variables in the cocoa drying process) ..... 195

LEÓN-BRITO, O; MARK, D; DE LA CRUZ, R. **Caracterización de 24 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* L.** (Characterization of 24 accessions of *Phaseolus vulgaris* L. and three of *P. lunatus* L.) ..... 203

## Fertilidad y estrategias de fertilización del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela

### Fertility and fertilizer strategies for the coffee axis San Agustín – Juasjuillar, municipality Caripe, Monagas state, Venezuela

Renny Barrios Maestre<sup>1</sup>; Ramón Silva-Acuña<sup>2</sup>; Luis Zerpa Evans<sup>3</sup>; Iván Maza<sup>2</sup>  
y Grecia Romero Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Maturín, estado Monagas. Venezuela. <sup>2</sup>Universidad de Oriente (UDO), Maturín, estado Monagas. Venezuela. Correo electrónico: rennybarrios@gmail.com

#### RESUMEN

El café es el cultivo más importante de la zona alta de los estados Monagas, Sucre y Anzoátegui. La baja productividad nacional (5 qq.ha<sup>-1</sup>) está asociada al escaso uso de fertilizantes en las plantaciones. Con el objetivo de caracterizar la fertilidad y proponer estrategias de fertilización en el eje cafetalero San Agustín-Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, se colectaron muestras (profundidades 0-20 cm y 20-40 cm) con fines de fertilidad en 173 fincas comerciales. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas del estado Guárico. Se identificaron y descartaron variables con multicolinealidad a través del análisis de correlación. Con el análisis de componentes principales se seleccionaron las variables que aportaron mayor variabilidad y mediante el análisis de agrupamiento jerárquico se definieron cuatro grupos de localidades con condiciones similares de suelos. Las técnicas estadísticas permitieron identificar diez variables que explicaron 73% de la variación en las propiedades químicas de los suelos. En las condiciones del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar es suficiente con evaluar la capa superficial del suelo para diagnosticar la fertilidad. Se requiere un plan de fertilización específico para cada grupo homogéneo de suelos, orientado a corregir los desbalances nutricionales identificados. Todas las fincas demandan dosis de mantenimiento de nitrógeno y dosis correctivas de fósforo, potasio, calcio y magnesio. En la mayoría de las localidades es necesaria la corrección de los tenores de zinc en el suelo, a excepción de las localidades de San Agustín y La Guanota.

**Palabras clave:** *Coffea arabica*, desbalance nutricional, fertilización, nutrimentos.

Recibido: 17/08/16 Aprobado: 13/12/16

#### ABSTRACT

Coffee is the most important crop in the upper area of Monagas, Sucre and Anzoátegui. Low domestic productivity (5 qq.ha<sup>-1</sup>) is associated with low use of fertilizers on plantations. In order to characterize fertility and generate fertilization strategies in the coffee axis San Agustín-Juasjuillar, municipality Caripe, Monagas state, samples with fertility purpose were collected in 173 commercial farms from 0-20 cm and 20-40 cm depths. The samples were processed in the soil laboratory of Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Guárico state. Variables with multicollinearity were identified and discarded through correlation analysis. Variables providing greater variability were selected by principal component analysis. Through hierarchical cluster analysis, four groups of locations with similar soil properties were defined. Statistical techniques allowed identifying ten variables that explain 73% of the variation in the chemical properties of soils. Under the conditions of the coffee axis San Agustín - Juasjuillar, it is sufficient to assess the topsoil to diagnose soil fertility. A specific fertilization plan for each homogeneous group of soils, aimed at correcting the identified nutritional imbalances is required. All farms require maintenance dose of nitrogen and corrective dose of phosphorus, potassium, calcium and magnesium. In most locations correction tenors of zinc in the soil is required, with exception of San Agustín and La Guanota.

**Key words:** *Coffea arabica*, nutritional imbalance, fertilization, nutrients.

## INTRODUCCIÓN

La producción de café constituye una actividad de gran importancia dentro del panorama agrícola del país. El Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierras señala la existencia de aproximadamente 170.000 hectáreas cultivadas con café, distribuidas en varias zonas de topografía accidentada del territorio nacional (MPPAT 2014).

En el estado Monagas la caficultura ocupa aproximadamente 23.183 ha, particularmente el municipio Caripe posee 13.000 ha, con rendimientos promedios de cinco quintales por hectárea, inferiores al promedio nacional y muy distante del potencial productivo de las variedades actuales (Silva-Acuña *et al.* 2010; Silva-Acuña y Ydrogo 2013).

En esta importante región se han identificado como limitantes para la producción los siguientes aspectos: grandes superficies sembradas con cafetos viejos; carencia de planes coherentes de apoyo al desarrollo cafetalero; carencia de planes de fertilización debido a las limitaciones para diagnósticos nutricionales confiables, así como la falta de disponibilidad de fórmulas que cubran los requerimientos del cultivo, los perjuicios económicos causados por la broca del cafeto y el abandono de la caficultura debido a los costos de producción (Silva-Acuña *et al.* 2010; Silva-Acuña e Ydrogo 2013).

La baja productividad de las plantaciones se debe, en gran parte, al exceso o deficiencia de elementos minerales en el suelo. Se sabe que la acidez, alcalinidad, salinidad y erosión promueven la degradación y la baja fertilidad del suelo. El café se caracteriza por promover alta extracción de nutrimentos del suelo, lo que requiere la correcta aplicación de enmiendas y fertilizantes para lograr alta productividad. En consecuencia, los suelos con plantaciones de café requieren buenas técnicas de manejo agronómico y de fertilización para lograr la producción en forma sostenible.

Debido a la limitada oferta en el suministro de fertilizantes y al alto costo de adquisición, la mayoría de los agricultores no utilizan fertilizantes, por lo tanto, las fincas dependen de la oferta de nutrientes disponibles en forma natural en el suelo. En los casos donde se usa fertilizantes, se requiere que estos insumos se

apliquen económica y eficientemente, con base a un plan apropiado de fertilización, instituido en la evaluación de la fertilidad del suelo o en el diagnóstico nutricional de las plantas (Farnezi *et al.* 2009).

Por otro lado, el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos puede conducir a la degradación del suelo, ya que se ha asociado con aumento de la acidez intercambiable y con disminución de la capacidad de intercambio catiónico, de la saturación de bases y de los cationes calcio y magnesio. Los dos procesos principales que conducen al aumento de los protones en el suelo son nitrificación y amonificación mediada por las bacterias del suelo, ambos conducen a la acidificación, reforzada por la exportación de bases a partir de la remoción de biomasa a través de la cosecha (Guo *et al.* 2010).

Por lo tanto, la optimización de la eficiencia nutricional es de gran importancia para aumentar la productividad, especialmente en suelos tropicales. Fageria (1998) destaca que, en la agricultura moderna, el costo de fertilización contribuye, en promedio, con 30% del costo de producción total y la eficiencia de recuperación de nutrimentos aplicados como fertilizante es baja: aproximadamente 50% de N, menos de 10% para P y 40% para K.

Las recomendaciones de fertilización de un cultivo dependen de las exigencias nutricionales de las plantas para el crecimiento vegetativo-reproductivo y de la eficiencia de utilización de los fertilizantes aplicados y la fracción de los nutrientes suministrados por el suelo (Amaral *et al.* 2011). El enfoque de agricultura de precisión considera el tratamiento diferencial de áreas seleccionadas de campos de producción en función de su variabilidad interna e involucra un proceso de investigación y diagnóstico (Valente *et al.* 2012).

Oliveira *et al.* (2008) constataron que la aplicación de fertilizantes y enmiendas en tasas variables, en áreas específicas de suelos, minimizaron los costos de producción y mejoraron la eficiencia de uso de insumos agrícolas en plantaciones de cafeto. Molinet *et al.* (2010), demostraron que, en una zona cafetalera donde se aplicaron fertilizantes fosfatados y potásicos a tasas variables, presentó aumento de la productividad y reducción en el consumo de insumos, al ser

comparada con áreas que recibieron tasas fijas de fertilización. Ferraz *et al.* (2015) constataron que la aplicación de insumos a tasas variables puede contribuir a la reducción de costos de producción del cultivo de café.

Dada la importancia económica, la superficie cultivada y la heterogeneidad espacial de las zonas cultivadas con café en el eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar del municipio Caripe, estado Monagas, el presente trabajo estuvo dirigido a caracterizar la fertilidad de los suelos y a proponer estrategias de fertilización particulares en función de la similitud de las diferentes localidades ubicadas en dicho eje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona de muestreo correspondió al eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, que representa el área de mayor importancia de la caficultura del municipio Caripe del estado Monagas, e involucró los caseríos: San Agustín, la Guanota, Altamira, Monagal, Corozal, Culantrillal, Barrio Colorado, las Cinco Cruces y Juasjuillar. El clima de la zona está clasificado como bosque húmedo premontano, con temperaturas que oscilan entre 12 y 24° C, la precipitación es del orden de 1124 mm como promedio anual y la altitud es de 1050 m.s.n.m. (MARNR 1997).

Los suelos donde se desarrolló el estudio están ubicados dentro del paisaje montañoso de la Serranía del Turimiquire. Son suelos pocos evolucionados y fértiles que se clasifican como Ustepts-Orthents, moderadamente profundos y algunas veces vinculados con afloramientos rocosos, con pendientes entre 45-60% y superiores al 60%; vocación de uso para plantaciones agrícolas, actualmente con cultivos permanentes (café bajo sombra y cítricos) con tendencia a ser desplazados por cultivos hortícolas intensivos.

Se realizó un muestreo estratificado a las profundidades de 0 – 20 cm y 20 – 40 cm a lo largo del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar (Figura 1), en este se tomaron muestras de suelos con fines de fertilidad en 173 unidades de producción. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) del estado Guárico. Se efectuaron determinaciones de la

disponibilidad de fósforo y potasio por Olsen (Olsen y Dean 1965), calcio y magnesio por el método de Morgan (Morgan 1937), los micronutrientes cobre, hierro, manganeso y zinc por espectrofotometría de absorción atómica, la conductividad eléctrica y el pH 1:2,5 con potenciómetro.

Los datos fueron tabulados y sometidos a análisis exploratorio para reconocer valores atípicos. Posteriormente se realizó un análisis de correlación lineal de Pearson a fin de identificar y descartar variables que pudieran haber generado información redundante. El resto de las variables fueron estandarizadas ( $x=0$ ;  $s^2=1$ ) y utilizadas en el análisis de componentes principales, para definir cuales de estas aportaron la mayor variabilidad; en referencia a las que presentaron los autovalores más elevados y las mayores proporciones de la varianza total explicadas en los distintos componentes identificados.

A partir de las variables retenidas se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico, con la distancia euclídeana promedio para la conformación de los grupos. El corte que definió el número de grupos del dendrograma fue por el método visual, donde se especifica el nivel de agrupamiento por conveniencia (Albuquerque 2005; Barroso y Artes 2003), eligiéndose como punto de corte la distancia euclídeana promedio de 2,1. Posteriormente se procedió a analizar las características físicas de cada uno de los grupos identificados. Los datos fueron procesados a través del InfoStat® (Di Renzo *et al.* 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores plasmados en los análisis de suelo contenían un conjunto de 20 variables químicas, que incluían las dos profundidades evaluadas. El análisis de correlación condujo a la exclusión de las variables pH, fósforo, magnesio y zinc de la profundidad 20–40 cm, por estar altamente correlacionadas con la misma variable de la profundidad 0–20 cm.

El análisis de componentes principales estuvo orientado a reducir la dimensionalidad del conjunto de datos evaluados en el sector cafetalero. En el eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, la determinación de los componentes principales permitió seleccionar cinco vectores de

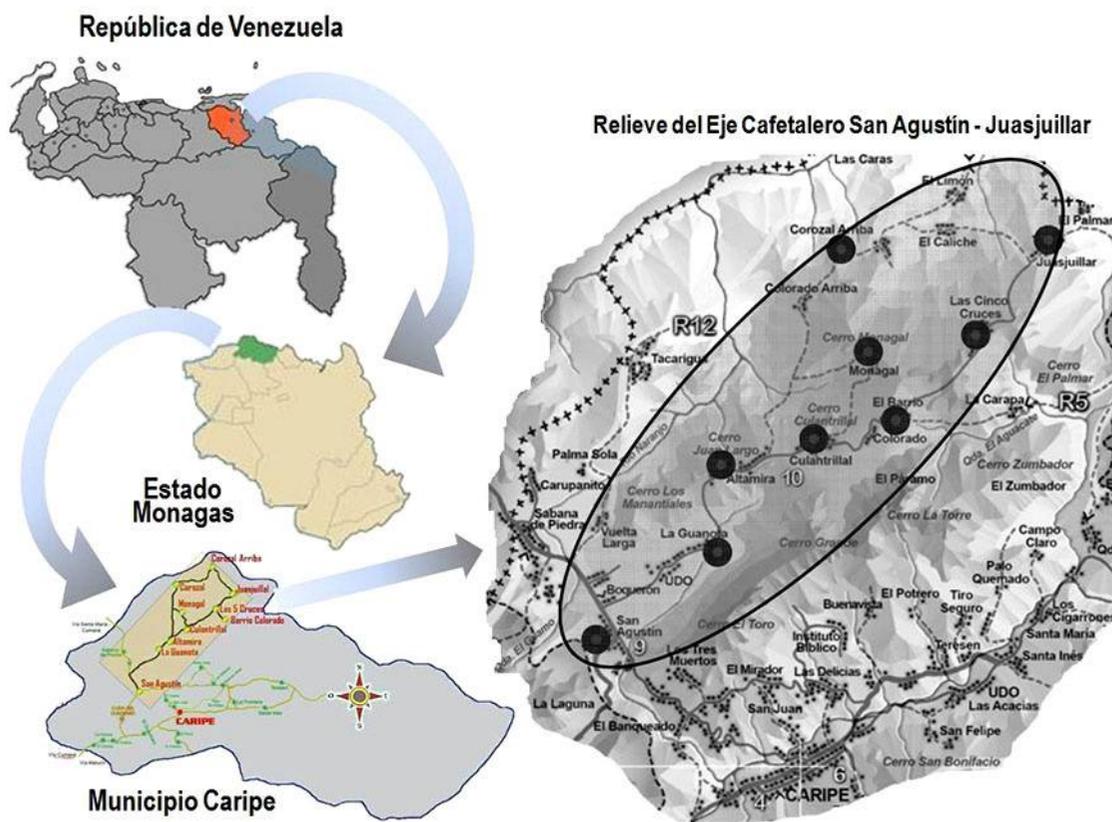


Figura 1. Ubicación relativa de las localidades evaluadas en el eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

autovalores de alto rango, que explicaron el 73% de la varianza total observada en el conjunto de datos (Cuadro 1); esto redujo significativamente el número de variables mantenidas para el análisis de conglomerados. Diversos estudios han mostrado el potencial de esta técnica de análisis para datos de suelos que contienen gran número de variables (Araújo *et al.* 2012; Payé *et al.* 2012; Barbosa *et al.* 2012).

El Cuadro 1 muestra las variables con mayores pesos en los componentes principales derivados de las propiedades químicas evaluadas, a partir de los cuales se explicó 73% de la varianza acumulada, inferior a los valores encontrados por Garzón *et al.* (2010) en la caracterización de las propiedades químicas de un Entisol de la zona cafetalera colombiana, quienes explicaron el 84,2% de la variación total a partir de tres componentes principales; mientras que Delalibera *et al.* (2012), a través de cuatro componentes principales, explicaron el 65% de

la variabilidad de diferentes zonas agrícolas de la región de Ponta Grossa del estado de Paraná, Brasil.

El análisis de componentes principales condujo a la exclusión de casi todas las variables de la profundidad 20-40 cm, a excepción las variables potasio y conductividad eléctrica. Los tres primeros componentes estuvieron relacionados con el contenido de nutrientes a la profundidad de 0-20 cm. El primer componente englobó el contenido de calcio, magnesio y de hierro; el segundo componente se vinculó con el contenido de fósforo, cobre y zinc; el tercer componente estuvo enlazado con la concentración de potasio; mientras que el cuarto y el quinto componente con la conductividad eléctrica y con el contenido de potasio a la profundidad de 20-40 cm, respectivamente.

Cabe destacar que López *et al.* (2008) recomiendan muestrear de 0 a 20 y de 20 a 40 cm para cultivos arbóreos como el café,

Cuadro1. Variables con mayores pesos en cuatro componentes principales de propiedades químicas de suelos del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

Variable	Profundidad	Componente Principal				
		1	2	3	4	5
Fósforo	0 – 20	0,31	<b>0,40</b>	- 0,21	0,26	- 0,24
Potasio	0 – 20	0,20	0,11	<b>0,52</b>	- 0,09	- 0,18
Potasio	20 – 40	0,18	- 0,01	0,40	0,33	<b>0,47</b>
Calcio	0 – 20	<b>0,44</b>	- 0,23	- 0,23	- 0,04	0,02
Magnesio	0 – 20	<b>0,40</b>	- 0,26	- 0,06	- 0,22	0,06
Hierro	0 – 20	<b>- 0,42</b>	0,13	0,03	0,02	0,14
Cobre	0 – 20	- 0,03	<b>0,42</b>	- 0,08	- 0,34	0,32
Zinc	0 – 20	0,32	<b>0,41</b>	- 0,25	0,21	- 0,16
Manganeso	0 – 20	0,20	- 0,01	0,24	<b>- 0,48</b>	0,18
Conductividad Eléctrica	20 – 40	0,19	- 0,04	0,13	<b>0,52</b>	0,40
Autovalor		2,63	2,07	1,58	1,33	1,09
Proporción de la Varianza (%)		20,0	16,0	14,0	12,0	11,0
Varianza Acumulada (%)		20,0	36,0	50,0	62,0	73,0

a fin de detectar factores del subsuelo que pudieran afectar el desarrollo radical y por ende la absorción de agua y nutrimentos. Los resultados indican que, bajo las condiciones del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar es suficiente con evaluar la capa superficial del suelo para tener un diagnóstico preciso acerca de la fertilidad de los suelos.

En tal sentido, Maluf *et al.* (2015) observaron que los principales cambios en las propiedades químicas ocurrieron en las primeras capas de suelos cafetaleros y fueron más notorios sobre las líneas de siembra del café; por tal razón, recomendaron el diagnóstico de fertilidad en muestras entre 0 y 20 cm del perfil del suelo.

Por su parte, Lince *et al.* (2015), al evaluar la zona cafetera central de Colombia, encontraron que las concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{K}^+$  en la fase de cambio y la solución del suelo no presentaron diferencia estadística en los primeros 30 cm del perfil; salvo algunas excepciones, donde la concentración fue mayor en los primeros 5 cm

de profundidad, atribuyéndolo a la actividad orgánica en la rizosfera.

### Grupos homogéneos de fertilidad de suelos

La aplicación del análisis de conglomerados, con la utilización de las variables de mayor peso en cada uno de los componentes principales identificados, permitió distinguir cuatro grupos con propiedades químicas similares utilizando como índice de similaridad la distancia euclidiana promedio de 2,1. La Figura 2 muestra el dendrograma correspondiente a las diferentes localidades evaluadas en el eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar. El agrupamiento estuvo relacionado con la cercanía entre las localidades, que a su vez refleja la similitud espacial de los atributos naturales de suelo en función del material de origen y las características de manejo particulares de cada localidad.

Slagle *et al.* (2004) indican que la concentración de macro y micronutrientes en los suelos está fuertemente relacionada con los procesos biológicos y ciclos geoquímicos, los cuales

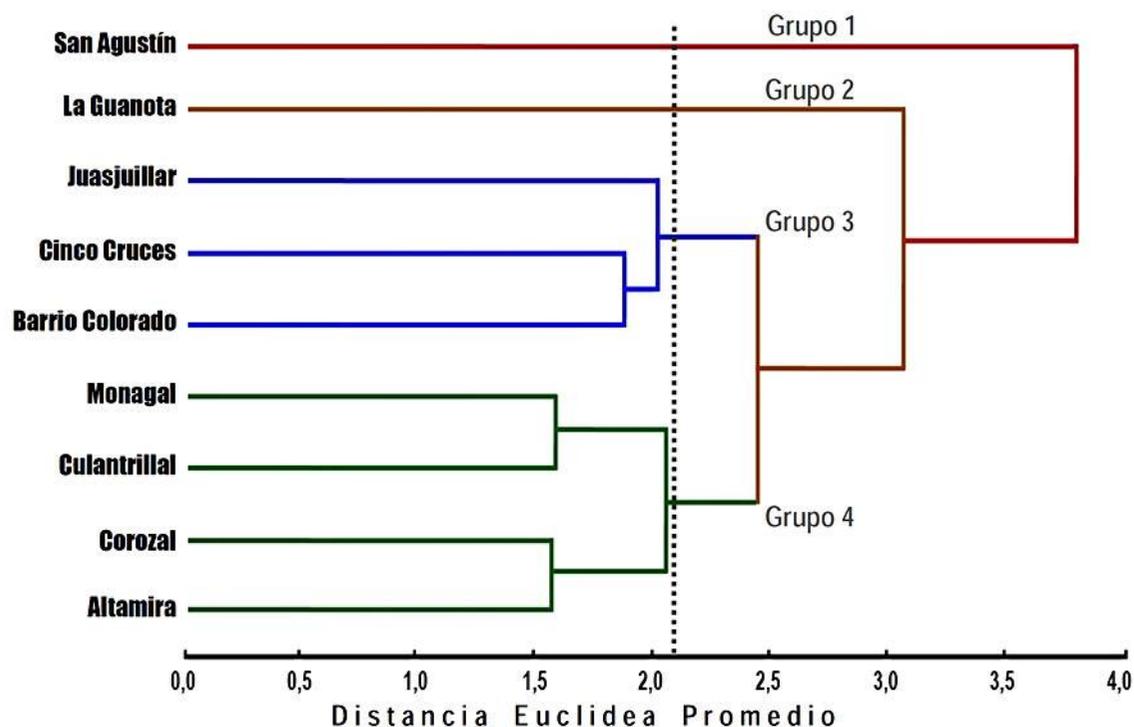


Figura 2. Dendrograma de agrupamiento por similitud de propiedades químicas de suelos de las localidades del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas.

son más parecidos en función de su cercanía espacial debido a la similitud en las condiciones físicas y microclimáticas. Estos procesos son afectados por factores antropogénicos como la deforestación y el manejo agronómico del cultivo.

El Cuadro 2 muestra el resumen de las propiedades químicas de suelos de grupos similares conformados en el análisis jerárquico. De acuerdo a los criterios propuestos por Warrick y Nielsen (1980), las variables potasio y conductividad eléctrica presentaron coeficientes de variación medios; mientras que el resto de las variables presentaron altos coeficientes de variación.

Resultados semejantes fueron encontrados por Santos *et al.* (2015) en el estudio de variabilidad de macronutrientes en plantaciones de café Conilón y por Bottega *et al.* (2013) para todos atributos químicos de suelos del cerrado brasileiro. Estos coeficientes de variación son similares a los reportados por Lince *et al.* (2015), Sadeghian y Zapata (2012), Lince y Sadeghian (2012) y Henao y Hernández (2002); para suelos

de la zona cafetera colombiana; y por Silva y Lima (2012) para suelos de la zona cafetera brasileira.

Debido a la falta de asesoría técnica y de apoyo financiero, la mayoría de los productores de café del municipio Caripe aplican poco o nada de fertilizantes minerales en sus plantaciones (Silva-Acuña *et al.* 2010). Los nutrientes absorbidos por las plantas de café son removidos de las plantaciones de forma continua por la cosecha del cultivo (alrededor de 105 kg.ha<sup>-1</sup> de N, 13 kg.ha<sup>-1</sup> de P, 107 kg.ha<sup>-1</sup> de K, para la producción de 1000 kg.ha<sup>-1</sup>.año<sup>-1</sup> de granos de café verde), que aunado a las pérdidas por erosión, conducen a fuertes desbalances nutricionales en los campos de café (Van der Vossen 2005).

En general, los suelos del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar presentaron desbalances nutricionales que ameritan la aplicación de fertilizantes y enmiendas para garantizar la producción sostenible del cultivo.

Urbani (2005) señala que los suelos de Caripe y sus alrededores están derivados de calizas (rocas sedimentarias del Mesozoico y Cenozoico

Cuadro 2. Propiedades químicas de suelos de grupos similares conformados por localidades del eje cafetalero San Agustín Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela.

Grupo	Localidades	N	Estadístico	Fósforo		Potasio		Calcio	Magnesio	Cobre	Hierro	Zinc	Manganeso	C. E. 20-
				0-20 cm (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-20 cm	20-40 cm (mg.kg <sup>-1</sup> )	0-20 cm (mg.kg <sup>-1</sup> )							
1	San Agustín	5	Promedio	104,60	69,00	45,20	541,00	37,80	1,50	57,58	21,48	9,16	0,08	
			Nivel	A	M	B	A	B	A	MA	MA	B		
			Desviación	57,82	43,02	19,41	449,28	26,18	1,34	75,24	11,99	6,22	0,04	
			CV	55,3	62,3	42,9	83,0	69,2	89,6	130,7	55,8	67,9	46,6	
2	La Guanota	20	Promedio	24,45	60,95	39,20	919,70	90,25	0,34	18,53	8,77	11,62	0,15	
			Nivel	M	M	B	A	M	MB	MA	MA	B		
			Desviación	28,61	21,02	12,11	565,24	36,05	0,20	20,28	11,03	17,33	0,09	
			CV	117,0	34,5	30,9	61,5	39,9	59,9	109,5	125,7	149,1	59,0	
3	Juasjuillar Cinco Cruces Barrio Colorado	67	Promedio	5,43	56,07	39,36	489,33	72,24	0,58	129,34	2,20	12,85	0,06	
			Nivel	MB	M	B	A	M	B	MA	M	MA	B	
			Desviación	2,35	21,24	17,31	483,23	60,71	0,30	97,36	1,60	15,98	0,03	
			CV	43,3	37,9	44,0	98,8	84,0	51,2	75,3	72,5	124,4	46,2	
4	Monagal Culantrillal Corozal Altamira	80	Promedio	12,35	71,24	52,99	475,48	61,89	0,61	110,78	1,98	15,99	0,09	
			Nivel	B	M	M	A	M	B	MA	M	MA	B	
			Desviación	28,21	33,86	23,45	476,28	43,55	0,78	91,97	2,51	23,93	0,04	
			CV	228,4	47,5	44,3	100,2	70,4	126,4	83,0	126,6	149,7	47,5	

MB = Muy bajo; B = Bajo; M = Medio; A = Alto; MA = Muy alto.

Inferior), en consecuencia, los tenores de calcio del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar son altos, con un rango de 475 a 920 mg.kg<sup>-1</sup>, lo cual contribuye con los desbalances nutricionales debido a su interferencia con la absorción de fósforo, magnesio y zinc. Silva *et al.* (2013) señalan que el desequilibrio nutricional de las plantas de café puede conducir a una disminución en el rendimiento debido a la pérdida de granos por malformación y por desprendimiento de granos verdes.

Las fincas cafetaleras ubicadas en la localidad San Agustín fueron las que presentaron la mejor condición nutricional a lo largo del eje. Dicho grupo presentó tenores altos de fósforo (104,6 ppm) y medios de potasio a ambas profundidades evaluadas (69 y 45,2 ppm, respectivamente); tenores medios de cobre (1,5 ppm) así como, bajos tenores de magnesio (37,8 ppm) y de manganeso (9,16 ppm).

Wang *et al.* (2015) encontraron varias propiedades del suelo correlacionadas con el rendimiento de café, dentro de las que destacan el contenido de P y K, asociados al agotamiento y consecuente deficiencia de dichos nutrimentos en el suelo, como principales limitaciones para la producción de café en Uganda.

El fósforo tiene gran importancia en las fases iniciales de desarrollo de las plantas de café. En condiciones de niveles insuficientes, se afecta la absorción, transporte y metabolismo de otros elementos esenciales que son necesarios durante otras fases de crecimiento y desarrollo del cultivo (Lima *et al.* 2015). Por su parte, el potasio tiene implicaciones fundamentales para la producción de frutos de café, especialmente en la regulación de la pérdida de agua, llenado del fruto y maduración (Lince *et al.* 2015).

La disponibilidad de fósforo (P) en solución depende de varios factores que gobiernan principalmente los procesos de adsorción y desorción de este elemento. Aunque no existe un equilibrio dinámico entre las fases sólidas y la solución del suelo, la retención de P se ve favorecida en la fase sólida por el alto grado erosión de los suelos, lo que resulta en concentraciones de P insuficiente en solución para satisfacer requerimientos de la planta (Silva y Soares 2014). Henríquez (2015) encontró que cuando se fertiliza el cultivo de café se inducen

niveles altos de fósforo en la fracción lábil del suelo, mejorando la condición nutricional del cultivo.

El cobre es un microelemento esencial de los procesos fisiológicos y metabólicos tanto en las hojas como en el grano verde, mientras que Mn, Zn y Fe son microelementos críticos durante la fotosíntesis. Ngugi *et al.* (2016) afirman que todos los microelementos fueron cruciales en la determinación de los factores de productividad y de calidad de granos; Zn y Mn fueron los más importantes durante el desarrollo del fruto. El Mn del suelo afectó positivamente los atributos de sabor y aroma a nivel de taza, mientras que el boro y el zinc influyeron positivamente las concentraciones de trigonelina y cafeína a nivel de grano.

El grupo conformado por la localidad de La Guanota presentó tenores medios de fósforo (24,5 ppm) potasio medio a la profundidad de 0 - 20 cm (61 ppm) y bajo a la profundidad de 20 - 40 cm (39,2 ppm). Las fincas ubicadas en este sector presentaron los niveles más elevados de calcio (919,7 ppm) y magnesio (90,3 ppm) a lo largo del eje cafetalero; y también los mayores valores de conductividad eléctrica (0,15 dS.m), sin representar un problema para la producción debido a que no hay sales en exceso (Valente *et al.* 2012; Briceño *et al.* 2011). Por el contrario, este sector presentó tenores muy bajos de cobre (0,34 ppm) y bajos de hierro (18,5 ppm).

El magnesio está involucrado en muchos procesos fisiológicos y bioquímicos; es un elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de la planta, desempeña un papel clave en los mecanismos de defensa de las plantas en situaciones de estrés abiótico. La función más conocida en las plantas es su papel como el átomo central de la molécula de clorofila en el complejo absorbente de la luz de los cloroplastos y su contribución a la fijación fotosintética de dióxido de carbono y la absorción-utilización del nitrógeno (Senbayram *et al.* 2015; Gerendás y Fühns 2013; Cakmak y Yazici 2010).

El magnesio es un elemento muy móvil en los suelos debido a su relativa debilidad de enlaces con las cargas del suelo; además, el calcio y el potasio pueden interferir en su absorción, bien sea a bajas concentraciones en la solución del

suelo (Fageria 2009) o por altas concentraciones (Granssee y Fühns 2013; Diem y Godbold 1993), por lo cual se genera abundancia relativamente elevada en la solución del suelo y mayores riesgos de lixiviación. En consecuencia, debe prestársele atención especial al suministro de fertilizantes a base de magnesio en plantaciones de café, ya que la disponibilidad de fuentes comerciales está bien limitada en el país.

El grupo conformado por las localidades Juasjuillar, Cinco Cruces y Barrio Colorado se distingue de los demás por presentar los tenores más bajos de fósforo de todo el eje cafetalero evaluado, ubicado dentro del rango muy bajo (5,4 ppm) y, además, tenores medios de zinc (1,6 ppm), que por su antagonismo, induce deficiencias de fósforo en las plantaciones. Los tenores de potasio son medios (56 ppm) a la profundidad de 0 – 20 cm y bajos (39,4 ppm) a la profundidad de 20 – 40 cm. Este grupo ostentó los niveles más elevados de hierro (129,3 ppm). Por su parte, el grupo conformado por las localidades Monagal, Culantrillal, Corozal y Altamira mostró valores intermedios para casi todas las variables, a excepción de los tenores bajos de fósforo (12,4 ppm), y de zinc (1,98 ppm) y tenores altos de hierro con concentración de 110,8 ppm.

Scalco et al. (2014) reportaron problemas con la nutrición de zinc a medida que se incrementaron las dosis de fósforo en el cultivo de café, asociado al efecto antagonista sobre la absorción y la dilución mediante el aumento vegetativo.

Tomaz et al. (2011) señalan que las áreas con altos niveles de Zn tienen la mayor producción de cerezas frescas y café verde. El Zn es muy demandado para la síntesis de los aminoácidos esenciales que son precursores del ácido indol acético (IAA), que induce la elongación de las ramas. La deficiencia de zinc causa la reducción de los entrenudos, hojas más pequeñas, la formación de rosetas, baja producción de materia seca, afecta el llenado, tamaño del grano y en consecuencia el rendimiento final.

Sadeghian y Salamanca (2015) encontraron que la concentración de los micronutrientes en el fruto disminuyó durante los primeros cuatro meses después de la floración, resultado que se asoció con un efecto de dilución en respuesta al crecimiento del fruto. La tendencia en la acumulación de los micronutrientes se asemejó al crecimiento del fruto, presentando el siguiente orden: Mn>Fe>B>Cu>Zn. No se encontró una relación clara entre las variaciones de los micronutrientes foliares y su demanda por los

Cuadro 3. Relaciones entre nutrimentos en cuatro grupos homogéneos de suelos del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela.

Grupo	Localidades	Relación Ca:Mg	Relación Mg:K	Relación Ca:K	Relación Ca+Mg:K	Relación Fe:Mn	Relación P:Zn
1	San Agustín	14,3	0,5	7,8	8,4	6,3	4,9
2	La Guanota	10,2	1,5	15,1	16,6	1,6	2,8
3	Juasjuillar Cinco Cruces Barrio Colorado	6,8	1,3	8,7	10,0	10,1	2,5
4	Monagal Culantrillal Corozal Altamira	7,7	0,9	6,7	7,5	6,9	6,2
	Relación ideal	3 a 6	8 a 10	15 a 30	20 a 40	5 a 10	10
	< Ideal □ Deficiencia	Ca	Mg	Ca	Ca y Mg	Fe	P
	> Ideal □ Deficiencia	Mg	K	K	K	Mn	Zn

frutos. A excepción de Mn, no se detectó efecto de la fertilidad del suelo en la concentración de los elementos en el fruto o en la hoja.

### **Balance nutricional y plan de fertilización**

El estudio de las relaciones entre nutrimentos en los cuatro grupos homogéneos de suelos del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar (Cuadro 3) ratificó los fuertes desbalances nutricionales existentes cuando se comparan con las relaciones ideales propuestas por Malavolta (2006). Se observa que en todos los suelos de las localidades evaluadas hay deficiencias inducidas de magnesio, bien sea por exceso de calcio, por el exceso de potasio, o de ambos. Así mismo, la relativa abundancia de potasio en los suelos también conduce a deficiencias de calcio en todas las localidades, exceptuando las fincas pertenecientes al sector La Guanota.

Malavolta (2006) señala que relaciones Ca: Mg de 4,49: 1 proporcionan mayor producción de café; sin embargo, cuando el valor es más alto que este, esta producción se reduce significativamente. Correa *et al.* (2007) sostienen que este fenómeno es debido al hecho de que el exceso de Ca en la solución del suelo, dificulta la absorción del Mg por las plantas.

Por otro lado, todas las localidades presentaron desbalances en la relación P: Zn, la cual se encuentra por debajo de la relación ideal, induciendo deficiencia generalizada de fósforo que debe ser corregida a través de la fertilización.

En referencia a la relación Fe:Mn, se obtuvo una relación adecuada para las localidades San Agustín (Grupo 1) y las localidades Monagal, Culantrillal, Corozal y Altamira (Grupo 4), en tanto que la localidad de La Guanota (Grupo 2) tiene una relación baja asociada a los bajos tenores de hierro en los suelos; mientras que las localidades Juasjuillar, Cinco Cruces y Barrio Colorado (Grupo 3) tienen una relación muy cercana a la ideal, con tendencias a deficiencias de manganeso inducida por altos tenores de hierro en el suelo.

Farnezi *et al.* (2009) identificaron al potasio, el calcio y el zinc como los nutrimentos más limitantes para la producción cafetalera, ya que mostraban las frecuencias más altas de deficiencias en las plantaciones. Por su parte, Martínez *et al.* (2000) encontraron que los

nutrientes de mayor desequilibrio en Patrocinio - MG, fueron zinc, cobre y manganeso. El zinc faltaba en el 28% de las plantaciones de baja productividad, sin observar deficiencias en plantaciones de alto rendimiento, mientras que el cobre fue limitante en el 35% de las plantaciones de baja productividad y 20% en las de alta productividad. Se observó además que el manganeso fue asociado a 21% de las plantaciones de baja productividad y al 13% de alta productividad.

En función de lo anteriormente descrito, el eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar requiere un plan de fertilización específico para cada grupo homogéneo de suelos, orientado al mantenimiento nutricional de las plantaciones y a corregir los desbalances nutricionales identificados. A pesar de que los suelos de la zona tienen tenores de materia orgánica medios a altos (Barrios *et al.* 2016), debe aplicarse una fertilización nitrogenada de 60 g por planta, dividida en tres aplicaciones a lo largo del año para todos los grupos de suelos.

Para la localidad de San Agustín se recomienda la aplicación de 10 g de fósforo y 25 g de potasio por planta, para la localidad de La Guanota se recomiendan 25 g de fósforo y 35 g de potasio por planta mientras que para el resto de las localidades se recomienda la aplicación 30 g de fósforo y 35 g de potasio por planta. La fertilización fosfatada está dirigida a incrementar las relaciones P:Zn, para evitar las interferencias de los niveles relativamente altos de zinc sobre la absorción de fósforo.

A fin de restituir el equilibrio de las relaciones Ca:Mg y Mg:K, es necesaria la fertilización a base de magnesio en todas las localidades evaluadas. En tal sentido, las fincas ubicadas en las localidades de San Agustín y La Guanota requieren de la aplicación de 15 g de magnesio por planta, mientras que para los otros grupos de suelos se recomienda una dosis de 10 g por planta. De igual manera, se recomienda la aplicación interanual de una dosis de calcio de 10 g por planta, para garantizar la nutrición adecuada del cultivo y estabilizar las relaciones Ca:K y Ca+Mg:K.

Por otro lado, se recomienda la aplicación de una dosis de mantenimiento de Bórax a razón de 5 g por planta para reponer la exportación

de nutrimentos por la cosecha y la aplicación foliar de cobre, a fin de corregir las deficiencias presentes en los suelos del eje cafetalero estudiado.

## CONCLUSIONES

Se identificaron cuatro grupos de suelos homogéneos a través de diez variables que explicaron el 73% de la variación en las propiedades químicas de los suelos.

En las condiciones del eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar, es suficiente con evaluar la capa superficial del suelo para tener un diagnóstico preciso acerca de la fertilidad de los suelos.

El eje cafetalero San Agustín – Juasjuillar requiere un plan de fertilización específico para cada grupo homogéneo de suelos, orientado a corregir los desbalances nutricionales identificados. Todas las fincas requieren dosis de mantenimiento de nitrógeno y dosis correctivas de fósforo, potasio, calcio y magnesio.

En la mayoría de las localidades se requiere la corrección de los tenores de zinc en el suelo, a excepción de las localidades de San Agustín y La Guanota. Las fincas ubicadas en la localidad de La Guanota requieren la aplicación de fuentes solubles de hierro.

## LITERATURA CITADA

- Albuquerque, MA. 2005. Estabilidade em análise de agrupamento (Cluster Analysis). Dissertação (Mestrado em Biometria) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, Brasil. 62 p.
- Amaral, J; Prieto, H; Laviola, B; Tomaz, M; Fernandes, E; Cruz, C. 2011. Produtividade e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de cafeeiro. *Coffee Science* 6(1):65-74.
- Araújo, F; Samuel-Rosa, A; Diniz, R. 2012. Variação das características pedológicas e classificação taxonômica de argissolos derivados de rochas sedimentares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:1-9.
- Barbosa, R.; Rosas, M; Azevedo, J; Rosas, M; Alves, J. 2012. Qualidade física de latossolos amarelos sob Plantio direto na Região do Cerrado Piauiense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:1591-1600.
- Barrios, R; Silva-Acuña, R; Romero, G; Maza, I.; Zerpa, L. 2016. Caracterización de propiedades físicas de suelos cultivados con cafeto del municipio Caripe, estado Monagas, Venezuela. *Agronomía Tropical* 66(1-2):155-166.
- Barroso, L; Artes, R. 2003. Análise Multivariada. Lavras: UFLA. 157 p.
- Bottega, E; Queiroz, D; Carvalho, F; Souza, C. 2013. Variabilidade espacial de atributos do solo em sistema de semeadura direta com rotação de culturas no cerrado brasileiro. *Revista Ciência Agrônômica* 44(1):1-9.
- Briceño, F; Fernández, O; Peña, A; Faccin, E. 2011. Evaluación agronómica con técnicas de agricultura de precisión en parcelas de café (*Coffea arabica*) en La cuenca del Rio Castan, estado Trujillo. *Revista Academia* 10:48-69.
- Cakmak, I; Yazici, A. 2010. Magnesium - a forgotten element in crop production. *BetterCrops* 94:23-25.
- Correa, J; Reis, T; Pozza, A; Guimarães, P; Carvalho, J. 2007. Índice de saturação por bases na nutrição e na produtividade de cafeeiros Catuaí vermelho (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science* 2(2):159-167.
- Delalibera, H; Weirich, P; Nagata, N. 2012. Management zones in agriculture according to the soil and lands cape variables. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal* 32(6):1197-1204.
- Di Renzo, JÁ; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Diem, B; Godbold, D. 1993. Potassium, calcium and magnesium antagonism in clones of *Populus trichocarpa*. *Plant and Soil* 155/156:411-414.
- Fageria, N. 1998. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas.

- Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 2(1):6-16.
- Fageria, N. 2009. The use of nutrients in crop plants. CRC Press, Taylor and Francis Group: London. 589 p.
- Farnezi, M; Silva, E; Guimarães, P. 2009. Diagnóstico nutricional de cafeeiros da Região do alto Jequitinhonha (MG): normas DRIS e faixas críticas de nutrientes. Revista Brasileira de Ciência do Solo 33:969-978.
- Ferraz, G; Silva, F; Oliveira, M; Carvalho, R; Souza, R. 2015. Variabilidade espacial da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O para adubação diferenciada e convencional em lavouras cafeeiras. Coffee Science 10 (3):346-978.
- Garzón, C; Cortés, C; Camacho-Tamayo, J. 2010. Variabilidad espacial de algunas propiedades químicas en un Entisol. Rev. U.D.C.A Actualidad e Divulgación Científica 13(1):87-95.
- Gerendás J; Führs, H. 2013. The significance of magnesium for crop quality. Plant and Soil 368:101-128.
- Gransee, A; Führs, H. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. Plant and Soil 368:5-21.
- Guo, J; Liu, X; Zhang, Y; Shen, J; Han, W; Zhang, W; Christie, P; Goulding, K; Vitousek, P; Zhang, F. 2010. Significant acidification in major Chinese croplands. Science 327:1008-1010.
- Henao, M; Hernández, E. 2002. Disponibilidad de potássio em solos derivados de cinzas volcánicas y su relación con la nutrición del café en la etapa vegetativa. Cenicafé, 53(4):293-305.
- Henríquez, C. 2015. Efecto del uso del suelo sobre las formas de fósforo de un Andisol. Agronomía Costarricense 39(3):79-85.
- Lima, K; Neto, A; Guimarães, P; Reis, T; Oliveira, C. 2015. Coffee yield and phosphate nutrition provided to plants by various phosphorus sources and levels. Ciência Agrotecnológica, Lavras 39 (2):110-120.
- Lince, L; Sadeghian, S. 2012. Número de muestras simples para el análisis de las propiedades del suelo. Suelos ecuatoriales 42(2):129-137.
- Lince, L; Rodríguez, N; Sadeghian, S. 2015. Disponibilidad de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> y K<sup>+</sup> em función de las propiedades del suelo, zona cafetera central de Colombia. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 6(1):29-42.
- López, I; Alfonso, N; Gómez, N; Navas, M; Yañez, P. (Compiladores). 2008. Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. 1ª edición. INIA. Serie B, N° 18. 400 pp.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo. Agronômica Ceres. 323 pp.
- Maluf, H; Ghini, R; Melo, L; Silva, C. 2015. Fertilidade do solo e estado nutricional do cafeeiro cultivado em atmosfera enriquecida com CO<sub>2</sub>. Pesquisa Agropecuária Brasileira 50 (11):1087-1096.
- MARNR (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables). 1997. Atlas del estado Monagas. Estado Monagas. Venezuela.
- Martínez, H; Souza, R; Alvarez, V; Menezes, J; Oliveira, J; Alvarenga, A; Guimarães, P. 2000. Nutrição mineral, fertilidade do solo e produtividade do cafeeiro nas regiões de Manhuaçu e Patrocínio. Belo Horizonte, Epamig, Boletim Técnico 59, 35 p.
- MPPAT (Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras). 2014. Memoria y Cuenta Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras 2010-2014.
- Molin, J; Araujo, A; Frasson, F; Faulin, G; Tosta, W. 2010. Teste procedure for variable rate fertilizer on coffee. Acta Scientiarum Agronomy, 32(4):569-575.
- Morgan, M. 1937. Chemical and soil diagnosis by the universal soil testing system. Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin 392:129-159.

- Ngugi, K; Aluka, P; Maina, D. 2016. Variation of mineral micronutrient elements in robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) As Measured by Energy Dispersive X –Ray Fluorescence. *ARRB* 9(2):1-13.
- Oliveira, R; Lima, J; Xavier, A; Passos, R; Silva, S; Silva, A. 2008. Comparação entre métodos de amostragem do solo para recomendação de calagem e adubação do cafeeiro Conilon. *Engenharia Agrícola* 28(1):176-186.
- Olsen, SR; Dean, LA. 1965. Phosphorus. In Norman, AG. ed. *Methods of soil analysis. Part II. Chemical and microbiological properties.* Madison, US, American Society of Agronomy. Soil Science Society of America. p. 1035-1049. (Agronomy Monograph 9.2).
- Payé, H; Vargas, J; Bezerra, S. 2012. Métodos de análise multivariada no estabelecimento de valores de referência de qualidade para elementos-traço em solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:1031-1041.
- Sadeghian, S; Salamanca, A. 2015. Micronutrientes en frutos y hojas de café. *Revista Ceni café* 66(2):73-87.
- Sadeghian, S; Zapata, R. 2012. Propiedades relacionadas con la adsorción de cationes intercambiables en algunos suelos de la zona cafetera colombiana. *Ceni café* 63(2):79-89
- Santos, E; Gontijo, I; Barreto, M; Pereira, A. 2015. Variabilidade espacial de macronutrientes em uma lavoura de café Conilon no Norte do Espírito Santo. *Revista Ciencia Agronómica* 46(3):469-476.
- Scalco, M; Alvarenga, L; Guimarães, R; Dominghetti, A; Colombo, A; Assis, G; Figueiredo, G. 2014. Teores foliares de fósforo e zinco, produtividade e crescimento de café irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49(2):95-101.
- Senbayram, M; Gransee, A; Wahle, V; Thiel, H. 2015. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant–soil continuum. *Crop & Pasture Science* 66:1219-1229.
- Silva, S; Lima, J. 2012. Multivariate analysis and geostatistics of the fertility of a Humic Rhodic Hapludox under coffee cultivation. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 36:467-474.
- Silva, S; Soares, J. 2014. Spatial estimation of foliar phosphorus in different species of the genus coffee based on soil properties. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 38:1439-1447.
- Silva, S; Lima, J; Bottega, E. 2013. Yield mapping of arabic coffee and their relationship with plant nutritional status. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 13(3):556-564.
- Silva-Acuña, R; Ydrogo F, JO. 2013. La caficultura em Monagas: necesidades, desafíos y la sostenibilidad de sus grêmios cafetaleros (em línea). Consultado 04 abr. 2016 Disponible [www.es.slideshare.net/rennybarrios39](http://www.es.slideshare.net/rennybarrios39).
- Silva-Acuña, R; Velásquez, L; Barrios, R. 2010. El status quo de la caficultura en Caripe –Monagas (em línea). Consultado 04 abr. 2016. Disponible [www.calameo.com/books/00281388194c01508b3aa](http://www.calameo.com/books/00281388194c01508b3aa)
- Slagle, A; Skousen J; Bhumbra, D; Sencindiver, J; McDonald, L. 2004. Trace element concentrations of three soils in central Appalachia. *Soil Survey Horizons* 45(3):73-85.
- Tomaz, M; Martinez, H; Rodriguez, W; Ferrari, R; Pereira, A; Sakiyama, N. 2011. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. *Revista Ceres* 58:108-114.
- Urbani, F. 2005. Síntesis de la nomenclatura de las unidades de rocas ígneas y metamórficas de la Cordillera de la Costa, Venezuela. *IMME* 43(2):1-10.
- Valente, D; Queiroz, D; Carvalho, F; Santos, N; Santos, F. 2012. Definition of management zones in coffee production fields based on apparent soil electrical conductivity. *Scientia Agrícola* 69:173-179.
- Van der Vossen HAM. 2005. A critical analysis of the agronomic and economic sustainability

of organic coffee production. *Experimental Agriculture* 41:449-473.

Wang, N; Jassogne, L; van Asten, PJA; Mukasa, D; Wanyama, I; Kagezi, G; Giller, K. 2015. Evaluating coffee yield gaps and important biotic, abiotic, and management factors limiting coffee production in Uganda. *European Journal of Agronomy* 63:1-11.

Warrick, A; Nielsen, D. 1980. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: Hillel D. (Ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic. 319-44 p.

## Uso de Trichoderma en el manejo de enfermedades fungosas y efectos sobre parámetros agronómicos del cultivo de arroz en Barinas, Venezuela

### Use of Trichoderma in disease management and effects on agronomic parameters of rice cultivation in Barinas, Venezuela

María Navas\*, María Lugo, Orlando Torres, José Méndez, Yolis Rivero, Novis Moreno, Hilda Montilla

Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Barinas, Venezuela. \*Correo electrónico: marysanavas@hotmail.com

#### RESUMEN

Las enfermedades fungosas constituyen una de las principales limitantes del cultivo del arroz, y son controladas tradicionalmente con químicos. El uso excesivo de estos productos conlleva a detrimentos en el ambiente y aumento de los costos de producción; por lo que una opción de manejo para minimizar el uso de fungicidas consiste en el empleo de biocontroladores, cuya efectividad es reconocida en el control de hongos. Con el objetivo de evaluar el efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de enfermedades foliares de la vaina y su efecto sobre parámetros agronómicos en el arroz, se instalaron tres ensayos en casa de malla y en campo, en Barinas, estado Barinas. Se evaluaron cuatro tratamientos con y sin la aplicación del bioproducto. Se utilizó la variedad Cimarrón y el producto TrichoINIA (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g) como fuente de *T. harzianum*. La información de las enfermedades, se analizó por la vía no paramétrica mediante la prueba de Kruskall-Wallis; para las mediciones agronómicas se empleó un análisis de varianza y la prueba de medias de Tukey. Se evidenció la capacidad de control del antagonista sobre el añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), al reducir la incidencia y su severidad. De las enfermedades foliares, sólo se logró la reducción de la severidad de pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*). Asimismo, se determinó que la aplicación de *T. harzianum*, tuvo un efecto positivo al estimular el desarrollo del cultivo en los parámetros: longitud de raíces, altura de planta, número de tallos, peso fresco y seco del follaje.

**Palabras clave:** control biológico, hongos, *Oryza sativa* L., *Trichoderma harzianum*.

Recibido: 24/08/16 Aprobado: 13/12/16

#### ABSTRACT

In rice, some of the main limitations are fungal diseases. Traditionally they are controlled with the exclusive use of chemicals, with consequent detrimentos to the environment and the increase of production costs, so a management option is the use of biocontrollers, of recognized effectiveness in the control of fungi, to minimize the use of fungicides. In order to evaluate the effect of *Trichoderma harzianum* to control foliar diseases and pod and its effect on agronomic parameters in rice cultivation, tests were installed at home mesh and field, in Barinas state, Venezuela. Four treatments were evaluated with and without the application of the bioproduct, the variety used was Cimarrón and the product was TrichoINIA (concentration:  $1 \times 10^{12}$  conidia / 150 g) as a source of *T. harzianum*. In order to establish the incidence and severity of disease the data were analyzed via non-parametric by using the Kruskal-Wallis test. For the agronomic measurements, analysis of variance and Tukey test of means were performed. The controlability of the antagonist on the sheath blight (*Rhizoctonia solani*) by reducing both the incidence and severity was evident. Of the leaf diseases, only the reduction of the severity of the sheath rot (*Sarocladium oryzae*) was achieved. It was also determined that the application of *T. harzianum* had a positive effect in stimulating the development of the crop in the parameters: Root length, plant height, number of stems, fresh and dry weight of foliage.

**Key words:** Biocontrol, fungi, *Oryza sativa* L., *Trichoderma harzianum*.

## INTRODUCCIÓN

Los principales patógenos que afectan al cultivo del arroz en Venezuela son de origen fúngico. Entre estos, piricularia (*Pyricularia oryzae* Sacc) y el añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani* Kuhn), considerados como los más limitantes. Son capaces de causar disminuciones drásticas en la calidad y en los rendimientos y están distribuidos en las zonas arroceras del país, ya que son capaces de causar disminuciones drásticas en la calidad y en los rendimientos.

Piricularia afecta todas las partes aéreas de la planta, su principal daño ocurre cuando ataca a nivel del cuello de la panícula, ya que no permite el llenado de granos. *R. solani* afecta principalmente las vainas inferiores, con muerte parcial o total de las hojas y panículas; en ataques graves, causa la muerte de plantas. Por ser un patógeno del suelo, posee habilidad saprofitica; formando estructuras de resistencia, que permanecen viables durante años en el suelo, lo que dificulta su erradicación.

Se reportan otras enfermedades en el cultivo tales como: pudrición de la vaina (*Sarocladium oryzae*); helmintosporiosis o mancha marrón del tallo (*Helminthosporium oryzae* = *Drechslera oryzae*), cercosporiosis (*Cercospora oryzae*), escaldado (*Gerlachia oryzae*), manchado del grano (complejo de hongos) y falso carbón (*Ustilaginoidea virens*) que pueden llegar a reducir el rendimiento y la calidad del grano, además de la viabilidad de la semilla (Correa-Victoria 1997; Turner y Black 2001; Rodríguez et al. 2004; López et al. 2010; Cardona 2013).

El control de estas enfermedades se realiza de manera exclusiva con el uso de productos químicos mediante aplicaciones al follaje y la panícula. Estos contribuyen a mantener bajo nivel de daño, pero con alta inversión económica; a expensas de un elevado costo social, debido a su impacto en la salud pública y en el medio ambiente (Guédez et al. 2012).

Aplicaciones sucesivas de fungicidas, ejercen presión de selección sobre el patógeno, lo que conlleva a la aparición de poblaciones del mismo con resistencia al principio activo de los productos. En este sentido, es importante considerar que existen métodos alternativos de control de enfermedades, entre los que destaca la utilización de microorganismos antagonicos

(Núñez y Pavone 2014; Santos et al. 2014). Los hongos antagonistas son una herramienta de importancia en el control biológico; entre los más estudiados están los del género *Trichoderma*, biocontrolador de microorganismos patógenos de plantas (Martínez et al. 2008).

Las especies del género *Trichoderma*, pertenecen a la clase Sordariomycetes, orden Hypocreales y a la familia Hypocreaceae (Espósito y Da Silva 1998). Se caracterizan por ser hongos saprofiticos, capaces de descomponer la materia orgánica; de manera general, crecen rápidamente, producen conidios abundantes. La mayoría de estas especies producen clamidosporas para tolerar condiciones ambientales adversas y perpetuarse a través del tiempo; secretan una amplia gama de enzimas, que les permite colonizar casi todos los suelos agrícolas y otros ambientes, lo que le confiere gran plasticidad ecológica (Infante et al. 2009).

Aunque el género *Trichoderma* posee especies caracterizadas como controladores biológicos de patógenos presentes en el suelo, se ha demostrado que tienen acción contra los hongos causantes de enfermedades foliares (Martínez et al. 2013).

Los mecanismos de acción mediante los cuales *Trichoderma* enfrenta hongos fitopatógenos, son fundamentalmente de tres tipos: i) competencia directa por el espacio o los nutrientes debido a su alta velocidad de crecimiento ii) fungistasis mediante producción de metabolitos secundarios de naturaleza volátil o no volátil, y iii) parasitismo directo de las especies sobre los hongos fitopatógenos (Guédez et al. 2012).

Entre algunas experiencias que emplearon cepas de *Trichoderma* como controladoras de hongos fitopatógenos se incluyen: *T. harzianum*, efectivo para controlar *Pythium* sp, *Rhizoctonia* sp y *Fusarium* en semilleros de tomate (Perdomo et al. 2007), *Rhizoctonia* en el cultivo maíz (López et al. 2010; García et al. 2008; Hoyos-Carvajal et al. 2008), y *Sclerotium* en tomate (Alonso et al. 2002; Jiménez et al. 2011).

Asimismo, se ha señalado que *Trichoderma* tiene gran potencial en el manejo integrado de enfermedades en el arroz, tales como piricularia y añublo de la vaina (Suquilanda 2003; Troya 2011; Núñez y Pavone 2014), escaldado de la hoja (*Gerlachia oryzae*), helmintosporiosis y

cercosporiosis. Surge como una alternativa viable, que permite aprovechar las bondades de los controladores biológicos, para pequeños y medianos productores, con el fin de reducir el uso de productos químicos (OET 2003; Pérez 2016).

Además de la capacidad como biocontrolador, también se ha reportado que *Trichoderma* presenta otros mecanismos como: a) la aceleración del desarrollo del sistema radicular y estimulación del crecimiento vegetal b) la solubilización y absorción de nutrientes inorgánicos, y c) la inducción de resistencia (Martínez et al. 2013, Núñez y Pavone 2014). Todo esto permite el crecimiento de sistemas radiculares sanos; incrementa la capacidad de captura de nutrientes y agua, además aumenta los rendimientos en condiciones de estrés hídrico (IABIOTEC 2011).

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de *T. harzianum* en el control de enfermedades foliares y de la vaina, y su efecto sobre parámetros agronómicos en el cultivo del arroz en el estado Barinas.

## MATERIALES Y METODOS

### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control de enfermedades foliares y de la vaina en el cultivo del arroz

Se instaló un ensayo en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, municipio Barinas, estado Barinas, (UTM, 373793 946474) a una altitud de 183 m.s.n.m. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con cinco repeticiones; cada parcela experimental estuvo constituida por siete hileras de 1,5 m de longitud, separadas 0,3 m. Se usó la variedad Cimarrón, susceptible a las principales enfermedades del arroz (Acevedo et al. 2005, Montoya et al. 2007; Núñez y Pavone 2014; Pérez 2016).

La siembra se realizó a chorro corrido por hilera. Se evaluaron cuatro tratamientos: 1. Testigo, sin aplicación de *T. harzianum* (*Th*); 2. Aplicación de *Th* al momento de la siembra; 3. Aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 25 días después de la siembra (dds) 4. Aplicación de *Th* al momento de la siembra, 25 dds y en floración, 100 dds.

Se utilizó el producto Tricho INIA, como fuente de *T. harzianum*, (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g). Dentro de cada parcela se seleccionaron 10 plantas al azar y sobre las 5 hileras centrales, que constituyeron la unidad experimental sobre las que se realizaron evaluaciones de las siguientes enfermedades: pircularia o quemazón de la hoja (rice blast: BI), causada por *Pyricularia grisea*; pudrición de la vaina (sheath rot: ShR), por *Sarocladium oryzae*; escaldado (leaf scald: LSc), generado por *Gerlachia oryzae*; cercosporiosis, por *Cercospora oryzae* (narrow brown leaf spot: NBLS) y helmintosporiosis causado por *H. oryzae* (Bs).

De igual manera se utilizó la escala del Sistema de evaluación estándar del IRRI, SEEI, (IRRI 2002). Se realizaron las labores de fertilización, control de maleza y riego requeridos por el cultivo. Los datos se analizaron por vía no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Se usó el paquete estadístico Infostat® vers. 2012 (Di Renzo et al. 2012).

### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control del añublo de la vaina (*R. solani*) en el cultivo del arroz

Para la evaluación de esta enfermedad, el ensayo se realizó con inoculaciones artificiales del patógeno, garantizando que todos los tratamientos estuvieran expuestos a la enfermedad, ya que *R. solani* es un hongo habitante del suelo y se presenta en forma de parches irregulares dentro del cultivo (Rodríguez et al. 2004).

Se estableció un ensayo en casa de malla en el Campo Experimental Codazzi, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), municipio Barinas, estado Barinas, bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: 1. Testigo. Sin aplicación de *T. harzianum* (*Th*); 2. Aplicación de *Th* al momento de la siembra; 3. Aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 15 dds y 4. Aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 15 y 30 dds.

La variedad utilizada fue Cimarrón. De igual manera se usaron 15 bolsas de polietileno de cuatro kg por cada tratamiento, contentivas de sustrato en proporción 2:1 (suelo de campo:arena), tres semillas/bolsa, para un

total de 45 plantas por tratamiento (unidad experimental).

La inoculación de *R. solani* se realizó en todos los tratamientos, simultáneamente con la siembra del cultivo. Se usó como fuente de inóculo, esclerocios del hongo (2 esclerocios/planta) colocados en orificios de aproximadamente cuatro cm de profundidad.

Se utilizó el producto Tricho INIA, como fuente de *T. harzianum*, (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g), y se realizaron evaluaciones a los 50, 65 y 80 dds. La incidencia de la enfermedad se estimó contando el número de plantas enfermas usando como criterio la presencia de la mancha bandeada característica de *R. solani*, tanto en tallo, como en hojas inferiores. La severidad fue determinada con base a la escala del Sistema de evaluación estándar del IRRI (2002). Los datos fueron analizados por vía no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis, con el paquete estadístico Infostat® vers. 2012 (Di Renzo *et al.* 2012).

#### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre parámetros agronómicos en el cultivo del arroz

Se estableció un ensayo en casa de malla en el Campo Experimental Codazzi, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, del estado Barinas, bajo un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos: 1. Testigo: Sin aplicación de *Th*; 2. Aplicación de *Th* al momento de la siembra; 3. Aplicación de *Trichoderma* al momento de la siembra y a los 15 dds y 4. Aplicación de *Th* al momento de la siembra, a los 15 y 30 dds. La variedad utilizada fue

Cimarrón. Se emplearon 15 bolsas de polietileno de 4 Kg por cada tratamiento, contentivas de sustrato tierra arena en proporción 3:1; 2 semillas/bolsa, para un total de 30 plantas por tratamiento (unidad experimental).

Se utilizó el producto Tricho INIA, como fuente de *T. harzianum*, (concentración:  $1 \times 10^{12}$  conidias/150 g). A los 60 dds, se retiró la bolsa, y se separó la tierra con cuidado para no dañar las raíces. Se realizaron las siguientes mediciones: Longitud de la raíz (cm), medida desde el cuello de la planta hasta el extremo de la raíz más larga; altura de planta (cm), medida de la superficie del suelo al extremo superior de la hoja bandera; número de tallos; peso fresco del follaje y de la raíz (g) y peso seco del follaje y de la raíz (g). Se realizó el análisis de varianza a los datos y empleó la prueba de medias de Tukey con el paquete estadístico Infostat® vers. 2012 (Di Renzo *et al.* 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control de enfermedades foliares y de vaina en el cultivo del arroz

En el Cuadro 1, se evidencia que para helmintosporiosis (Bs); escaldado (LSc) y pudrición de la vaina (ShR), se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos a una probabilidad de ( $P > 0,01$ ).

Para el caso de helmintosporiosis y escaldado de la hoja, los tratamientos 3 y 4 fueron superiores, en comparación con el testigo (T1) y T2, los cuales presentaron valores de 1 y 3, respectivamente con base al SEEI (IRRI 2002).

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de *T. harzianum* sobre la incidencia (%) de: Helmintosporiosis (Bs); Escaldado (LSc), Pudrición de la vaina (ShR) y Cercosporiosis (NBLS) en el cultivo de arroz.

Tratamientos	Bs	LSc	ShR	NBLS
T1	3 b	3 b	5 b	3a
T2	3 b	3 b	5 b	3a
T3	1 a	1 a	3 a	3a
T4	1 a	1 a	3 a	3a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P > 0,01$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis.

Aunque se apreciaron diferencias estadísticas, es importante señalar, que en función del SEEI, los grados 1 y 3 se consideran bajo en cuanto a incidencia y severidad. Por lo tanto, se asume que el material es tolerante, no afectando la producción del cultivo.

De igual manera, para la pudrición de la vaina (ShR), los tratamientos T3 y T4 fueron superiores a los tratamientos T1 y T2, con valores de grado 3 y grado 5, respectivamente, según la escala SEEI, considerándose una reacción de susceptibilidad (6 a 25% de severidad de tallos afectados). Para el caso de la cercosporiosis, no se observaron diferencias entre los tratamientos. Por lo que, se puede decir, en el caso de la pudrición de la vaina, la aplicación de *Trichoderma* produjo un efecto positivo en la reducción de la enfermedad, ya que el grado 3 (T3 y T4) representa una reacción de tolerancia según la referida escala. En este ensayo, no se registraron datos de *P. grisea*, ya que, no hubo incidencia de la enfermedad en los tratamientos evaluados.

Aunque en el presente trabajo no se muestran datos sobre el manchado del grano, es interesante destacar que se estudió el efecto de cepas de *T. harzianum* y *T. asperellum*, en el cultivo arroz; se usó la variedad cimarrón con diferentes láminas de agua y se consiguió entre 34-45% de disminución de la del manchado del grano. Esto comprueba la posibilidad de utilizar *Trichoderma* bajo condiciones de inundación para el manejo de enfermedades (Núñez y Pavone 2014).

Por otro lado, es importante señalar que en esta investigación no se evidenció un efecto positivo sobre el control de enfermedades foliares, por

la baja incidencia registrada. Sin embargo, en estudios previos se ha reportado el efecto controlador de *Trichoderma* sobre Escaldado de la hoja, Helminthosporiosis (*H. oryzae*) y la mancha lineal (OET 2003) y la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) en tomate, frijol y arveja (Chiriboga et al. 2015).

#### **Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre el control del añublo de la vaina (*R. solani*) en el cultivo del arroz**

En el Cuadro 2 se presenta la reacción de *R. solani* a los distintos tratamientos aplicados. Como se puede observar, los tratamientos con aplicación (T2, T3 y T4) no presentaron diferencias significativas, con registros de la menor incidencia a la enfermedad a los 50, 65 y 80 dds, con un máximo de 8, 10 y 11%, respectivamente (T2); demostrando la efectividad del tratamiento con el biocontrolador, mientras que el testigo, se mostró estadísticamente diferente al resto de los tratamientos con 26, 34 y 45% de plantas enfermas a cada tiempo de evaluación.

En cuanto a la severidad (Cuadro 3) para todas las fechas de evaluación, los tratamientos con *Th* (T2, T3 y T4), presentaron diferencias estadísticas significativas ( $P > 0,01$ ) con respecto al testigo, pero no entre ellos (Figura 1). Esto demuestra la capacidad de control del antagonista en reducir tanto la incidencia como la severidad del añublo de la vaina (*R. solani*) en el cultivo, pudiéndose aplicar sólo en la siembra, ya que ni el momento, ni el número de aplicaciones influyeron en la efectividad del biocontrolador.

Estos resultados coinciden con lo señalado por Troya (2011), que al evaluar el efecto de

Cuadro 2. Efecto de *T. harzianum* sobre la incidencia (%) de *R. solani* en el cultivo arroz, a diferentes edades.

Tratamientos	50 dds	65 dds	80 dds
T1	26 b	34 b	40 b
T2	8 a	10 a	11 a
T3	2 a	8 a	8 a
T4	1 a	6 a	7 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P > 0,01$ ) según la prueba de Kruskal – Wallis.

Cuadro 3. Efecto de *T. harzianum* sobre la severidad de *R. solani* en el cultivo del arroz, a diferentes edades, medida en base a la altura de la lesión.

Tratamientos	50 dds	65 dds	80 dds
T1	0,58 b	1,64 b	2,53 b
T2	0,18 a	0,60 a	0,71 a
T3	0,04 a	0,22 a	0,44 a
T4	0,02 a	0,11 a	0,36 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P>0,01$ ) según la prueba de Kruskal– Wallis.



Figura 1. Efecto de la aplicación de *Trichoderma* en el control de *Rhizoctonia solani* en el cultivo arroz T1: Sin aplicación y T3 con aplicación de *Trichoderma*. Nótese la mancha típica de *R. solani* en la base del tallo (T1).

*Trichoderma* sobre el control *R. solani*, encontró que plantas tratadas a los 30, 80 y 100 días, presentaron menor incidencia (13, 20 y 14%, respectivamente) y severidad (20% menos en plantas tratadas en relación con al testigo) en arroz.

Por su parte, Santos *et al.* (2014) demostraron que cepas de *T. asperellum* aplicadas en semillas y en forma foliar, fueron eficientes en reducir la severidad de la rizoctoniasis en el cultivo de arroz en condiciones de inundación.

Se han descrito distintos mecanismos de acción que regulan el desarrollo de hongos fitopatógenos, señalando como principales: competencia por espacio y nutrientes, parasitismo directo y antibiosis (Infante *et al.* 2009).

En este sentido, Alarcón *et al.* (2005) realizaron pruebas *in vitro* con los hongos *P. grisea* y *R. solani*, aislados de plantas de arroz para comprobar la capacidad antagónica de *T. harzianum* contra ambos patógenos. Es así como se encontró una elevada actividad hiperparasítica y competitiva de las cepas utilizadas al mostrar una colonización total sobre los patógenos con base en el nivel de crecimiento y esporulación de las colonias.

En otros cultivos se han encontrado resultados similares al presente estudio con la aplicación de *Trichoderma*, tanto en el control de *R. solani*, así como de otros hongos patogénicos del suelo. Perdomo *et al.* (2007), encontraron que *T. harzianum* controla los hongos *R. solani*, *Phythium* sp y *Fusarium* sp en semilleros de tomate. García *et al.* (2008) y López *et al.* (2010), demostraron que cepas de *Trichoderma*

disminuyeron los niveles de infección del *R. solani* en el cultivo maíz,

### Evaluación del efecto de *T. harzianum* sobre parámetros agronómicos en el cultivo del arroz

Con el análisis estadístico (Cuadro 4), se detectó diferencias significativas para la variable longitud de raíces. El mejor tratamiento resultó T3 (aplicación de *Th* al momento de la siembra y a los 15 dds), donde el promedio fue de 35,81cm seguido por los tratamientos 2 y 4. El testigo presentó la menor longitud de raíces.

En relación a las variables peso fresco y peso seco de las raíces, no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos. Para las condiciones del presente ensayo los tratamientos con el biocontrolador no influyeron en forma significativa en el desarrollo de las raíces.

Sin embargo, trabajos anteriores señalan los efectos positivos de la aplicación del antagonista sobre el desarrollo radical. Al respecto Jiménez et al. (2011), evaluaron el efecto del *Trichoderma* aplicado a nivel de semillero y en el trasplante sobre el desarrollo de plantas de tomate. A pesar de no presentar diferencias significativas entre los tratamientos, encontraron que hubo plantas con mayor longitud de raíces, masa radical fresca y masa radical seca en plantas, por lo que recomiendan su uso a nivel de semillero y 15 dds.

En otros cultivos se han encontrado efectos positivos de *Th* sobre el desarrollo radical (Camacho et al. 2010). Asimismo, López et al. (2010) encontraron que inoculaciones de *Trichoderma* favorecieron el desarrollo

del sistema radical en plantas de maíz en condiciones de vivero (Cuadro 4). Efecto de *T. harzianum* sobre los parámetros: longitud de la raíz (LR), peso fresco de la raíz (PFR) y peso seco de la raíz (PSR) en plantas de arroz.

En relación a la variable altura de plantas y número de tallos (Cuadro 5), se evidenció que los tratamientos 3 y 4, fueron superiores estadísticamente a T2 y al testigo. Estos resultados no coinciden con lo encontrado por Troya (2011) que al evaluar el efecto de *T. harzianum* sobre la altura de plantas de arroz, no encontró diferencias estadísticas a los 40, 80 y 100 días después de la siembra. El autor atribuyó los resultados a las condiciones de inundación continua del terreno, hasta los 80 días después de sembrado el cultivo.

Para la variable longitud del tallo, T3 fue superior estadísticamente ( $P>0,05$ ) cuando se comparó con T1. Resultados similares han sido señalados por Mathivanan et al. (2005) sobre el efecto favorable de *Trichoderma* en el crecimiento en plantas de arroz y por López et al. (2010), en maíz, a los 60 días.

Para las variables peso fresco y peso seco del follaje, se encontró que las plantas tratadas con *Th* (T2, T3 y T4) mostraron un comportamiento estadísticamente superior al testigo (Cuadro 5). En general, se evidencia que los tratamientos con *Th* tuvieron un efecto positivo sobre el desarrollo del follaje del cultivo.

Por su parte, Mathivanan et al. (2005), señalan que con el uso de *T. viride* se obtuvo un incremento significativo del crecimiento en plantas de arroz. Núñez y Pavone (2014), indican que el empleo de

Cuadro 4. Efecto de *T. harzianum* sobre los parámetros: longitud de la raíz (LR), peso fresco de la raíz (PFR) y peso seco de la raíz (PSR) en plantas de arroz.

Tratamientos	LR(cm)	PFR (g)	PSR (g)
T1	30,79 b	6,39 a	2,88 a
T2	34,14 ab	6,46 a	2,96 a
T3	35,81 a	6,29 a	2,68 a
T4	35,57 ab	6,60 a	2,94 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P>0,05$ ) según Tukey.

Cuadro 5. Efecto de *T. harzianum* sobre: altura de planta (AP), número de tallos (NT), longitud del tallo (LT), peso fresco del follaje (PFF) y peso seco del follaje (PSF) en plantas de arroz.

Tratamientos	AP (cm)	NT (cm)	LT (cm)	PFF (g)	PSF (g)
T1	79,71 b	3,33 b	30,79 b	11,72 b	2,51 b
T2	80,02 b	3,47 b	34,14 ab	18,14 a	3,75 a
T3	88,94 a	4,10 a	35,81 a	20,11 a	4,57 a
T4	89,03 a	4,23 a	35,57 ab	22,0 a	4,57 a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes ( $P > 0,05$ ) según Tukey.

*Trichoderma* spp. en arroz, variedad cimarrón, incrementa el desarrollo vegetativo.

En otros cultivos se reportan resultados similares, en relación al incremento de la longitud de la parte aérea y masa aérea fresca en plantas de tomate (Jiménez *et al.* 2011) y la germinación de las semillas y el desarrollo de plántulas de parchita (Cubillos-Hinojosa *et al.* 2009).

Es importante destacar que el género *Trichoderma* induce la estimulación del crecimiento de los cultivos por la solubilización de compuestos orgánicos y por la producción de metabolitos secundarios. Estos actúan de forma análoga a las fitohormonas, lo cual influye directamente en la disponibilidad de nutrientes. Además, promueve un mayor desarrollo radical, estimulado por complejos enzimáticos que se originan en la rizósfera de las plantas (Vazallo *et al.* 2013).

## CONCLUSIONES

El control de las enfermedades Helminthosporiosis, Escaldado, Cercosporiosis y Falso carbón, no fue efectivo a la aplicación de *T. harzianum*, mientras que sí logró la reducción de la severidad de la pudrición de la vaina.

*T. harzianum* fue efectivo en reducir la severidad e incidencia de *Rhizoctonia solani* en el cultivo del arroz, y se comprobó la efectividad del antagonista, sobre el control de hongos del suelo, con aplicaciones al momento de la siembra.

La aplicación de *T. harzianum* tuvo un efecto positivo al estimular el desarrollo de longitud de raíces; altura de planta; número de tallos; y peso fresco y seco del follaje.

## AGRADECIMIENTO

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación por el financiamiento otorgado: Proyecto N° 2012000864, Convocatoria 2011.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, M; Álvarez, R; Castrillo, W; Torres, O; Moreno, O; Reyes, E; Delgado, N; Salazar, M; Navas, M; Torrealba, G. 2005. Cultivar de arroz Cimarrón. Divulgativo CENIAP 5(2). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Alarcón, L; Reyes, T; Rodríguez, G; Pupo, A. 2005. Efectividad *in vitro* de *Trichoderma harzianum* (Rifai) en el biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kuhn y *Pyricularia grisea* (Sacc) en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L). Fitosanidad 9(3):57-60
- Alonso, R; Barranco, B; G. Gracia y G. Jiménez. 2002. Actividad *in vivo* de *Trichoderma harzianum* sobre *Sclerotium rolfsii* en plántulas de tomate. Manejo integrado de plagas y Agroecología 66:45-48.
- Camacho, B; Quintero, A; Flores, E. 2010. Conociendo un poco más sobre el uso de *Trichoderma*. INIA Divulga 15:26-28
- Cardona, R. 2013. *Sarocladium oryzae*: agente causal de la pudrición de la vaina del arroz en Venezuela. Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología 33(1):80-82.
- Chiriboga H; G. Gómez B; K. Garcés. 2015. Protocolos para formulación y aplicación del bio-insumo: *Trichoderma* spp. para

- el control biológico de enfermedades (en línea). Consultado 25 ene. 2016. Disponible <http://www.iica.int/sites/default/files/publications/files/2016/B3933e.pdf>
- Correa-Victoria, F. 1997. Principales enfermedades en arroz En: MIP en Arroz: manejo integrado de plagas, artrópodos, enfermedades y malezas Cali Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical 141 p.
- Cubillos-Hinojosa, J; Valero, N; Mejía, L. 2009. *Trichoderma harzianum* como promotor del crecimiento vegetal del maracuyá (*Passiflora edulis* var *flavicarpa* Degener) (en línea). *Agronomía Colombiana*(27)1:81-86. Consultado 15 ene. 2014. Disponible <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/11363/37730>
- Di Renzo, JÁ; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2012. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Esposito, E; Silva, MD. 1998. Systematics and environmental application of the genus *Trichoderma*. *Critical Reviews in Microbiology*. 24(2):89-98.
- García, P; Cabrera, S; Sánchez, J; Pérez, A. 2008. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kuhn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela (en línea). Consultado 20 ene. 2016. Disponible [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2008000400007&script=sci\\_arttxt=sci\\_arttxt](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002192X2008000400007&script=sci_arttxt=sci_arttxt)
- Guédez, G; Cañizalez, L; Castillo, C; Olivar, O. 2012. Evaluación *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología* 32(1):44-49.
- Hoyos-Carvajal, L; Chaparro, P; Abramsky, M; Chet, I; Orduz, S. 2008. Evaluación de aislamientos de *Trichoderma* spp contra *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* bajo condiciones *in vitro* y de invernadero. *Agronomía Colombiana* 26(3):451-458.
- IABIOTEC (Investigaciones y Aplicaciones Biotecnológicas, España). 2011. *Trichoderma harzianum*. (en línea). Consultado 11 oct. 2011. Disponible [http://www.iabiotec.com/trichod\\_ficha.htm](http://www.iabiotec.com/trichod_ficha.htm)
- Infante, I; Martínez, B; González N; Reyes Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopatógenos (en línea). *Revista Protección vegetal* 24:1. Consultado 2 feb. 2012. Disponible: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522010000200013&script>
- IRRI (International Rice Research Institute, Filipinas). 2002. Standard Evaluation System for Rice (en línea). Consultado 6 mar. 2012. Disponible <http://www.knowledgebank.irri.org/images/doc/rice-Standard-evaluation-system.pdf>
- Jiménez, C; Sanabria, N; Altuna, G; Alcano, M. 2011. Efecto de *Trichoderma harzianum* (Rifai) sobre el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía (Universidad del Zulia)* 28:1-10.
- López, Y; Pineda, J; A. Hernández y D. Ulacio. 2010. Efecto diferencial de seis aislamientos de *Trichoderma* sobre la severidad de *Rhizoctonia solani*, desarrollo radical y crecimiento de plantas de maíz. *Bioagro* 22(1):37-42.
- Martínez, B; Infante, D; Reyes, Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. *Revista Protección Vegetal* 28(1):1-11
- Martínez, B; Reyes, Y; Infante, D; González, E; H., Baños y A. Cruz. 2008. Selección de aislamientos de *Trichoderma* spp. candidatos a biofungicidas para el control de *Rhizoctonia* sp. en arroz. *Revista Protección Vegetal* 23(2):118-125.
- Mathivanan, N; Prabavathy, V; Vijayanandraj, V. 2005. Application of Talc Formulations of *Pseudomonas fluorescens* Migula and *Trichoderma viride* Pers. ex S.F. Gray Decrease the Sheath Blight Disease and

- Enhance the Plant Growth and Yield in Rice. *Journal of Phytopathology* 153:697-701.
- Montoya, M; Rodríguez, N; Pérez–Almeida, I; Cova, J; Alemán, L. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolana. *Agronomía Tropical* 57(4):299-311.
- Núñez, L; Pavone, D. 2014. Tratamiento biológico del cultivo de arroz en condiciones de vivero empleando el hongo *Trichoderma* spp. *Interciencia* 39(3):185-190.
- OET (Organización para Estudios Tropicales, Costa Rica). 2003. Control de enfermedades en el Arroz mediante el uso de hongos benéficos del género *Trichoderma* spp. 17 p.
- Perdomo, M; Peña, J; Guedez, C; Castillo, C; Cansales, L. 2007. *Trichoderma harzianum* para el control la enfermedad “sanchocho” en semilleros de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Academia* 12:52-61.
- Pérez, EJ. 2016. Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai (cepa A-34) y sus filtrados de cultivo en el control de tres hongos fitopatógenos foliares en arroz. *Revista de Protección Vegetal* 31(2):150.
- Rodríguez, H; Nass, H; M, Navas. 2004. Enfermedades y su manejo. En: El cultivo del arroz en Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 202 p.
- Santos de França, S; Cardoso, A; Castro, D; Leal, E; Corsi de Filippi, M; Barata da Silva, G. 2014. Biocontrol of sheath blight by *Trichoderma asperellum* in tropical lowland rice. *Agronomy for Sustainable Development* 35(1):317-324.
- Suquilanda, V. 2003. Manejo integrado de plagas en el cultivo del arroz. Proyecto Manejo Adecuado de Plaguicidas. Organización Mundial de la Salud. Ecuador. 22 p.
- Troya, B. 2011. Protección del ataque de *Rhizoctonia solani* en arroz con *Trichoderma harzianum* (en línea). Consultado 20 feb. 2015. Disponible <http://www.bdigital.zamorano.edu/handle/11036/588>.
- Turner, HC; Black, R. 2001. Rice leaf scald: pathogen biology and diversity. In *Major Fungal Diseases of Rice* S. Sreenivasaprasad and R. Johnson (Eds) Springer, Dordrecht. p. 307-319.
- Vazallo, S; Terrones, L; Toro, L; García, B; Soriano, B. 2013. Efecto de la inoculación de *Rhizobium etli* y *Trichoderma viride* sobre el crecimiento aéreo y radicular de *Capsicum annum* var. *Longum*. *Revista REBIOLEST* 1(1):11-21.

## Efecto de la densidad de siembra en el rendimiento del maíz en Quibor, estado Lara, Venezuela

### Effect of plant density on corn yield in Quibor, Lara State, Venezuela

Pedro P. Monasterio<sup>1\*</sup>; Francis Pierre<sup>2</sup> y Guido Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Yaracuy, <sup>2</sup>INIA-Lara.  
Correo electrónico: monasteriopedro@gmail.com

#### RESUMEN

El aumento de la densidad de plantas es una práctica agronómica que influye en el rendimiento, según las condiciones climáticas y el manejo agronómico aplicado. Con el objetivo de evaluar el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de dos cultivares de maíz amarillo, se estableció un ensayo en la depresión de Quibor, estado Lara, Venezuela. Se utilizó un diseño completamente al azar, con 4 tratamientos: dos densidades de planta (83.000 y 166.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) por cultivar (variedad CENIAP DMR e híbrido Dorado 5®) y cinco repeticiones. De acuerdo a la normativa del CIMMYT, al final del ciclo se determinó el rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>); porcentaje de mazorcas grandes, medianas y pequeñas; para cada tamaño de mazorcas, el peso, número de hileras y número de granos por hilera. En hilera simple, el rendimiento del híbrido disminuyó al aumentar la densidad de plantas y en la variedad se mantuvo estable. El híbrido registró mayor porcentaje de mazorcas grandes y medianas (80,61%), con peso de 626,79 g; y un mínimo para mazorcas pequeñas (19,39%) con peso de 144,06 g. Esta composición fue estadísticamente igual en la variedad, pero con un peso menor en las diferentes mazorcas, 514,10 g para grandes y medianas, y 145,06 g las pequeñas. La diferencia en peso de ambos tratamientos fue 102,69 g. El número de hileras de las mazorcas grandes y de granos por hilera de las medianas en el híbrido fueron superiores y estadísticamente diferentes a la variedad. Los cultivares en hileras dobles mostraron igual tendencia estadística.

**Palabras clave:** *Zea mays* L, híbridos, población de plantas, producción, variedad.

Recibido: 19/04/16 Aprobado: 29/11/16

#### ABSTRACT

The increase of the density plants is an agronomic practice that, according to the climatic conditions and the applied agronomic management, influences of yield. In order to evaluate the effect of plants density on yield of two yellow corn cultivars, an assay was established in the depression of Quibor, Lara State, Venezuela. A completely randomized design was used, with 4 treatments: two plant densities (83.000 and 166.000 plants.ha<sup>-1</sup>) per cultivar (variety CENIAP DMR and hybrid Golden 5®) and five repetitions. According to CIMMYT regulations, at the end of the cycle the yield was determined (kg.ha<sup>-1</sup>); percentage (%) of large, medium and small cob; for each size of cob, the weight, number of rows and number of grains per row. In single row, the yield of the hybrid decreased as the density of plants increased and the variety remained stable. The hybrid registered the highest percentage of large and medium cob (80.61%), with a weight of 626.79 g; and a minimum for small cob (19.39%) weighing 144.06 g. This composition was statistically the same in the variety, but with less weight in the different cobs, 514.10 g for large and medium with 145.06 g for the small ones. The difference in weight of both treatments was 102.69 g. The number of rows of the large cobs and the number of grains per row of the mediums in the hybrid were superior and statistically different from the variety. The cultivars in double rows showed the same statistical tendency.

**Key words:** *Zea mays* L., hybrids, plant population, production, variety,

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cereales más importante del sector agrícola vegetal. Se considera un rubro estratégico en la dieta diaria del venezolano. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística (INE 2016), en su Encuesta Nacional de Consumo de Alimentos (ENCA), los cereales representan una frecuencia de consumo de 29,4% sobre los otros grupos de alimentos. Estos constituyen el principal alimento consumido por la población, especialmente los derivados del maíz.

El rubro maíz se cultiva en casi toda la geografía nacional, por lo que representa una actividad generadora de empleos (Segovia y Alfaro 2009). Según cifras del VII Censo Agrícola (MPPAT 2007), la producción nacional se ubicó en 2.441.194 t, con una contribución de 74,44% de maíz blanco y 25,56% de maíz amarillo. El rendimiento promedio nacional fue de 3.118 y 2.364 kg.ha<sup>-1</sup> para maíz blanco y amarillo, respectivamente.

El estado Lara no tiene tradición en la producción de maíz. Su contribución al total nacional es de 24.794 t (2,28%), con rendimientos de 3.039 kg.ha<sup>-1</sup> para maíz blanco y 1.585 kg.ha<sup>-1</sup> para maíz amarillo. No obstante, los rendimientos por municipio, aunque todavía bajos, se destaca que el municipio Jiménez registra los más altos con 3.459 y 2.617 kg.ha<sup>-1</sup> para maíz blanco y amarillo, respectivamente (MPPAT 2007).

Con la implementación del sistema de riego Yacambú – Quibor y el potencial del maíz en la zona, el cultivo se ha expandido en la Depresión de Quibor. En este sentido, una de las estrategias para incrementar los rendimientos del rubro es el manejo de la densidad de plantas.

La densidad de plantas es una práctica cultural importante que determina el rendimiento en grano, así como otros atributos agronómicos en el maíz. Sangoi (2000) indica que la densidad de plantas afecta su arquitectura, altera el crecimiento y desarrollo de patrones e influencia la producción y partición de hidratos de carbono.

La siembra del maíz es más sensible a las variaciones de la densidad de plantas, que otros miembros de la familia de las gramíneas. A bajas densidades, muchos híbridos modernos no desarrollan brotes laterales, lo que trae como

consecuencia que sólo produzcan una mazorca por planta. La planta de maíz no presenta el rasgo de la mayoría de las herbáceas de macolla, de compensar una baja área foliar y un reducido número de unidades de reproducción mediante la ramificación.

El uso de alta densidad de plantas, aumenta la competencia entre estas, por luz, agua y nutrientes. Esto puede ser perjudicial para el rendimiento final, porque se estimula la dominancia apical, se induce la esterilidad y, en última instancia, disminuye el número de mazorcas por planta y los granos producidos por mazorca.

Sangoi (2000) demuestra que, para cada sistema de producción, hay una densidad de planta que maximiza la utilización de recursos disponibles y permite la expresión del máximo rendimiento alcanzable en ese ambiente. Por otro lado, Tadeo-Robledo *et al.* (2012) mostraron que la densidad de 70.000 plantas.ha<sup>-1</sup> influyó positivamente en el rendimiento (10.150 kg.ha<sup>-1</sup>) de las cruzas simples de maíz, progenitoras de los híbridos H-47, H-50 y H-51, con respecto a 50.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (8.995 kg.ha<sup>-1</sup>).

En condiciones de suelos, manejo y clima de los Valles Altos en el Estado de México, México, Zamudio-González *et al.* (2015) señalan que no alcanzaron mejores rendimientos en grano con el arreglo de siembra a doble hilera, para nuevos genotipos mejorados de maíz. Por el contrario, el híbrido AS-722 obtuvo un mayor rendimiento de grano 8,67 (t.ha<sup>-1</sup>) bajo el sistema tradicional de hilera sencilla comparado con el arreglo de siembra a doble hilera (5,99 t.ha<sup>-1</sup>); esto representó un decrecimiento en el rendimiento de 2,68 t.ha<sup>-1</sup> para el criterio de cosecha de vigor genético.

Por otro lado, Valentinuz *et al.* (2003) indican que un menor espaciamiento entre hileras no mejora la respuesta de rendimiento en grano ante el incremento de la densidad de plantas; el espaciamiento en la hilera solo mostraría ventajas en presencia de algún tipo de estrés distinto a un exceso de plantas. Tollenaar *et al.* (2006) refieren que, varios estudios muestran efectos no significativos de la variabilidad espacial sobre el rendimiento del maíz y otros revelan que este aumenta con la mejora de la precisión del espacio entre plantas.

Van der Wal *et al.* (2006), reportan que la siembra de maíz de subsistencia con densidad de 7.000 golpes por hectárea, cada uno con seis plantas, podría incrementar el rendimiento en 20% y reducir el área requerida para el cultivo. Los autores recomiendan fomentar el incremento de la densidad de siembra como buena práctica entre las estrategias de los productores, para reforzar el uso eficiente de la tierra.

Los diversos cambios en el manejo de la siembra de maíz han incluido reducciones en la distancia entre hileras, mayor precisión de la distancia entre plantas dentro de la hilera y de la emergencia de plantas; estos aspectos influyen en la reducción de la variabilidad en el estrés de aglomeración entre las plantas dentro de la población.

En la depresión de Quibor el maíz se comercializa, principalmente, como jojoto y es común sembrar cinco plantas por metro lineal, con distancia entre hileras de 60 cm; distancia inferior a la tradicional de 80 cm entre hileras, que se observa en zonas maiceras más importantes del país. Una propuesta de aumento de la densidad de plantas debe considerar la tradición local y condiciones de siembra de los agricultores. En atención a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la densidad de siembra en el rendimiento de dos cultivares de maíz en Quibor, estado Lara, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló durante el periodo marzo – julio 2012, en el sector Los Ejidos, ubicado en la zona de aprovechamiento agrícola de la depresión de Quibor, a una altura de 680 m.s.n.m. El suelo del área corresponde a la serie Quibor, clasificado por Guedez y Pérez (1996) como Haplocambids, arcilloso muy fino, ilítico

e isohipertérmico; con características de suelo calcáreo, alta actividad y dominio del calcio (Ca) en el complejo de cambio, salino, bajo en materia orgánica (MO).

Se evaluaron dos cultivares de maíz amarillo, la variedad CENIAP DMR y el híbrido Dorado 5<sup>®</sup>. La selección se basó en atención a las preferencias expresadas por sembradores de maíz de la zona, que comercializan maíz amarillo, especialmente en etapa de jojoto.

Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos (Cuadro 1) y cinco repeticiones.

El área de siembra consistió en 40 hileras, cada una de 40 m de largo y separadas a 0,6 m; distancia utilizada por los productores de la zona. El tamaño cada una de las parcelas experimentales para cada tratamiento fue de dos surcos con las distancias señaladas. Para la siembra se colocó una semilla por punto y se cubrió con humus sólido. La semilla se sembró a la mitad de la altura entre el fondo y el lomo del surco (15 cm aproximadamente) para hileras sencillas. En el caso de hileras dobles, una semilla a cada lado del surco, es decir, en la pared frontal, usando como referencia cada gotero de la manguera de riego, a 20 cm entre planta. Esto representó un total de 5 y 10 plantas por metro lineal para hileras sencillas y dobles, respectivamente.

La separación entre plantas, por punto de siembra, a cada lado del gotero en la pared del surco fue de 10 cm. La germinación de ambos cultivares fue superior al 92%. No obstante, las plantas faltantes se resembraron luego de la emergencia, con la finalidad de mantener el número de plantas totales.

Cuadro 1. Identificación y características de los tratamientos.

Tratamientos	Cultivar	Hilera	N° de plantas/ metro lineal	Densidad plantas.ha <sup>-1</sup>
T1	Híbrido Dorado 5 <sup>®</sup>	Simple	5	83.000
T2	Variedad CENIAP DMR	Simple	5	83.000
T3	Híbrido Dorado 5 <sup>®</sup>	Doble	10	166.000
T4	Variedad CENIAP DMR	Doble	10	166.000

El suelo se preparó con dos pases de rastra y un pase de niveladora. En cada surco se colocó cinta de riego de 5,08 cm de diámetro, con goteros cada 20 cm. Se suministró un riego de asiento dos veces al día (8 a.m. y 3 p.m.), durante 15 min, por tres días. El cuarto día se aplicó un herbicida sistémico (Glifosán) a razón de 1 L.ha<sup>-1</sup> para el control principalmente de corocillo (*Cyperus rotundus*). Hasta el final del ciclo, los cultivares fueron regados diariamente por 15 min. Este patrón de riego sólo se alteró cuando llovió entre dos riegos. La fertilización se realizó con la fórmula completa 10-10-12 y urea como reabono, para valores bajos en potasio, fósforo, materia orgánica y pH de 7,6 según el análisis de suelo realizado en el laboratorio del INIA Yaracuy. El nitrógeno se fraccionó según la etapa fenológica de seis hojas en el desarrollo vegetativo (Monasterio *et al.* 2007).

Los valores diarios de las variables climáticas de interés durante el ensayo, se tomaron de la base de datos de la estación meteorológica del campo experimental de Quibor, adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) Lara. Está ubicada a 09° 53' N y 69° 39' O, 680 m.s.n.m. El promedio de precipitación fue de 66,6 mm; la temperatura máxima de 30,3 °C; media de 22,9 y mínima de 16,7 °C. La evapotranspiración potencial (ETP) fue de 119,5 mm y la evapotranspiración potencial media (ETP/2) de 59,7 mm.

En la Figura 1 se muestra el balance hídrico del sector Los Ejidos, ubicado en la zona de aprovechamiento agrícola de la depresión de Quibor, durante los primeros siete meses

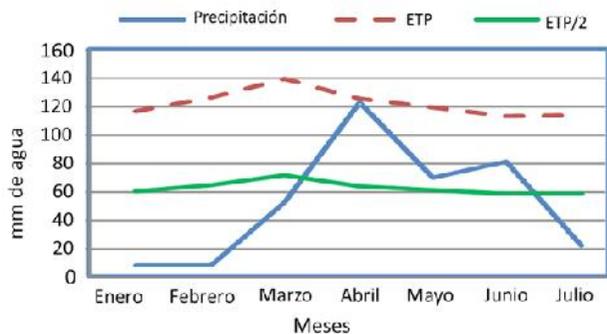


Figura 1. Balance hídrico enero-julio 2012 del sector los Ejidos, zona de aprovechamiento agrícola de la depresión de Quibor, estado Lara, Venezuela.

del año 2012. En esta se observa que la ETP supera los aportes de precipitación y la ETP/2 está por debajo, situación característica de zonas semiáridas; de tal manera que se requiere aplicar riego para la siembra de maíz. Al final del ciclo, se midieron las variables biométricas: altura de planta (m) y diámetro de tallo (cm).

Se cosecharon las plantas en 10 m lineales, seleccionados al azar por repetición, para la determinación del rendimiento (kg.ha<sup>-1</sup>); porcentaje de mazorcas según el tamaño (grandes, medianas y pequeñas) y el peso de los granos (g); número de hileras de grano y número de granos por hilera, de acuerdo a las normas del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo-International Board for Plant Genetic Resources/ International Board for Plant Genetic Resources (CIMMYT/IBPGR 1991) y Monasterio (2015).

En el análisis estadístico, la normalidad de los datos se verificó con la prueba de Shapiro – Wilks y posteriormente se realizó el ANAVAR. Para las variables donde los cultivares presentaron diferencias significativas se realizó un análisis de medias según la prueba de la mínima diferencia significativa (LDS) a un nivel de probabilidad del 5%. El Programa utilizado fue el Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de planta y diámetro de tallo

En los tratamientos de hileras simples (T1 y T2), la altura de la planta fue superior en el híbrido con respecto a la variedad. No obstante, estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ( $P > 0,05$ ). En los tratamientos de hilera doble (T3 y T4), la variedad registró una mayor altura de planta con respecto al híbrido, pero las diferencias fueron estadísticamente no significativas (Cuadro 2). Se observó que la densidad de planta en T1 y T2 no afectó este carácter, registrándose valores muy cercanos y no significativos ( $P > 0,05$ ) entre los tratamientos. Se espera una mayor altura de planta al incrementarse la densidad poblacional por la competencia de luz.

En un estudio de Sharifi *et al.* (2009) encontraron que el aumento en la densidad poblacional de siembra incrementó la altura de planta.

Cuadro 2. Altura de planta y diámetro de tallo de cultivares de maíz de acuerdo a los tratamientos

Tratamientos		Variables	
		Altura (m)	Diámetro (cm)
Híbrido hilera simple	T1	1,948 a	2,304 a
Variedad hilera simple	T2	1,882 a	2,060 ab
Híbrido hilera doble	T3	1,844 a	2,224 a
Variedad hilera doble	T4	1,942 a	1,842 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según LSD

Esta tendencia se verificó en la variedad, que incrementó la altura en 6 cm. Alfaro y Segovia (2008) reportan para la variedad CENIAP–DMR una altura de planta promedio de 2,32 m; superior a la obtenida en esta investigación, en ambas densidades plantas (83.000 y 166.000 plantas.ha<sup>-1</sup>).

El híbrido disminuyó su altura de planta en 10,4 cm, resultado contrario al reportado por Sharifi *et al.* (2009); sin embargo, los autores acotan que el proceso de elongación del tallo es altamente influenciado por factores ambientales, aspecto que pudo incidir sobre estos resultados. Se observó que la altura de planta no fue influenciada por la densidad de planta en los tratamientos, registrándose valores muy cercanos y no significativos estadísticamente.

Forero *et al.* (2010) señalan que en el maíz tropical, una altura reducida de la planta y una menor área foliar son consideradas deseables, ya que las plantas generalmente altas tienen mucho follaje y un bajo índice de cosecha.

El diámetro del tallo en los tratamientos T1 y T2 fue superior en el híbrido, aunque con un comportamiento estadísticamente similar. En hilera doble, el híbrido registró mayor diámetro del tallo que la variedad, con diferencia estadística significativa a un nivel de confianza de 0,05 (Cuadro 2). Los dos cultivares redujeron el diámetro del tallo al aumentar la densidad de la planta; se puede inferir que la competencia entre plantas afectó a esta variable. La variedad disminuyó significativamente el diámetro del tallo, aunque su valor más bajo fue de 1,84 cm, que no se corresponde exactamente con un tallo delgado.

Turgut *et al.* (2005) registraron en maíz una disminución progresiva del diámetro del tallo de 1,82; 1,73; 1,62 y 1,59 cm al incrementar la densidad de planta a 65.000; 85.000; 105.000 y 125.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Igualmente, Sharifi *et al.* (2009) reportaron una disminución progresiva del diámetro del tallo de en maíz de 2,37; 2,19 y 1,94 cm cuando se incrementó la densidad poblacional en 8; 10 y 12 plantas por m<sup>2</sup>, respectivamente.

### Rendimiento

El híbrido mostró un rendimiento superior (6.497,3 kg.ha<sup>-1</sup>) en el tratamiento T1, con respecto al T3 (5.987,2 kg.ha<sup>-1</sup>). Esta diferencia en rendimiento (510,1 kg.ha<sup>-1</sup>) fue estadísticamente significativa ( $P \leq 0,05$ ). En la variedad la diferencia entre T2 y T4 fue de 89,9 kg.ha<sup>-1</sup> a favor del tratamiento de hilera doble; no obstante, esta diferencia fue estadísticamente similar. Al comparar los cultivares en hileras simples, el híbrido superó a la variedad en 805,8 kg.ha<sup>-1</sup>, con diferencia estadísticamente significativa ( $P \leq 0,05$ ). En hilera doble, el híbrido superó a la variedad

Cuadro 3. Rendimientos en cultivares de maíz evaluados.

Tratamientos		Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )
Híbrido hilera simple	T1	6.497,3 a
Variedad hilera simple	T2	5.691,5 b
Híbrido hilera doble	T3	5.987,2 b
Variedad hilera doble	T4	5.781,4 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según LSD

en 205,8 kg.ha<sup>-1</sup>, pero esta diferencia fue estadísticamente similar (Cuadro 3).

La diferencia de rendimiento entre los cultivares sembrados en hileras simples se explican, por la superioridad genética del híbrido sobre la variedad, que bajo las mismas condiciones expresó un mayor rendimiento. Al compararse el híbrido y la variedad se tiene que considerar algunas ventajas genéticas del primero. El vigor híbrido de estos cultivares se expresa fenotípicamente de diversas formas, como el aumento en rendimiento; aspecto en que, los programas de mejoramiento genético han hecho énfasis.

En los Estados Unidos en la década de 1920, el maíz híbrido ya mostraba un rendimiento 15% superior al de las mejores variedades de polinización abierta; 15 años más tarde, el 95% del maíz sembrado en ese país era híbrido y para 1965 un 100% (Duvick 1999).

Diferentes estudios señalan que entre 50-60% del incremento del rendimiento en maíz es debido a cambios en el genotipo (Duvick 1999). En la presente investigación, los resultados muestran que al comparar los cultivares, en hileras simples (83.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), la ventaja que el vigor híbrido le confiere al híbrido Dorado 5<sup>®</sup> se manifestó en un mayor rendimiento (6.497,3 kg.ha<sup>-1</sup>) frente a la variedad CENIAP DMR (5.691,50 kg.ha<sup>-1</sup>). No obstante, los dos cultivares estuvieron por encima de los rendimientos promedios nacionales y regionales.

En un estudio sobre el rendimiento de maíz en los estados productores de Venezuela, Monasterio *et al.* (2010) reportan un aumento en todos los estados, durante el periodo 1960 y 2007. En promedio, el estado Yaracuy mostró el mayor incremento (613,26 kg.ha<sup>-1</sup>). También destacaron los estados Barinas, en la década del 90 con 1.241,23 kg.ha<sup>-1</sup> y Cojedes, en la década del 2000, con 1.094,00 kg.ha<sup>-1</sup>. Los autores, reportan que en la década de los 80' se logró duplicar los rendimientos en casi todas las áreas productoras; debido a los nuevos avances en el mejoramiento genético de los cultivares y el auge de nuevas tecnologías aplicadas al campo.

San Vicente *et al.* (2005) evaluaron siete híbridos (dos simples y cinco de tres líneas) con endospermo QPM provenientes del programa

de maíz tropical del CIMMYT, junto con cinco híbridos testigos de endospermo normal, sembrados con una densidad de población de 74.000 plantas.ha<sup>-1</sup> en 18 localidades de Venezuela distribuidas en los estados Portuguesa, Apure, Barinas, Yaracuy, Guárico, Monagas y Aragua. En el estudio reportaron una media general de rendimiento de 6.270 kg.ha<sup>-1</sup>, valor similar al obtenido en esta investigación para el híbrido. Para la variedad CENIAP DMR, Alfaro y Segovia (2008) reportan rendimientos promedios de 5.508 kg.ha<sup>-1</sup> en los Ensayos Regionales Uniformes de Maíz (ERU), que son ligeramente inferiores a los obtenidos en esta investigación.

Estas diferencias de rendimiento entre los cultivares se explican básicamente por la competencia entre plantas, con mayor afectación del híbrido más afectado que de la variedad. Esto pone en evidencia una ventaja de la variedad, ya que fue capaz de expresar mejor su potencial genético en condiciones de mayor competencia por agua, luz y nutrientes.

Los resultados concuerdan con lo señalado por Xue *et al.* (2002), quienes indican que cuando se incrementa la densidad de plantas entre 54.000 y 94.000 plantas.ha<sup>-1</sup> aumenta el rendimiento; aunque por encima de 97.000 plantas.ha<sup>-1</sup> disminuye. Gonzalo *et al.* (2006) reportan en híbridos una reducción del rendimiento al incrementarse la densidad de plantas de 50.000 a 100.000. Otros autores complementan al señalar que un incremento en la densidad de plantas aumenta los rendimientos, pero hasta un límite donde la competencia inter específica lo reduce (Turgut *et al.* 2005; Sharifi *et al.* 2009).

### **Porcentaje de mazorcas según tamaño y peso**

En el Cuadro 4 puede apreciarse que en hilera simple (T1 y T2), para el híbrido (T1) el porcentaje de mazorcas grandes y medianas representó el 80,61% y fueron estadísticamente similares; mientras que, las mazorcas pequeñas constituyeron menos del 19,39%, con diferencia estadística significativa ( $P \leq 0,05$ ) con respecto al porcentaje de mazorcas grandes.

Por otro lado, la diferencia de peso en hileras simples (T1 y T2) con la combinación de mazorcas grandes y mazorcas medianas fue

Cuadro 4. Porcentaje de mazorcas por tamaño y peso en gramos de acuerdo al tratamiento.

Tratamiento	Tamaño de mazorcas (%)			Peso de mazorcas (g)		
	Grande	Mediana	Pequeña	Grande	Mediana	Pequeña
T1	46,21a	34,40 ab	19,39 b	353,94 a	262,85 a	144,06 ab
T2	47,20 a	31,35 b	21,44 b	309,13 a	204,97 b	145,06 ab
T3	52,06 a	31,42 b	16,52 b	356,10 a	215,80 b	113,51 b
T4	33,21 b	38,52 a	28,25 a	209,89 b	236,66 ab	165,69 a

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según LSD. T1 (Híbrido hileras simples), T2 (Variedad en hileras simples), T3 (Híbrido en hileras dobles), T4 (Variedad en hileras dobles).

de 102,69 g a favor del híbrido. En mazorcas pequeñas la diferencia fue de 1 g, a favor de la variedad.

Sin embargo, al analizar los pesos se observa que las diferencias entre las mazorcas grandes en el híbrido fue de 43,81 g y en mazorcas mediana fue de 57,88 g ambos con superioridad del híbrido.

En lo que respecta, al porcentaje de mazorcas y el peso en mazorca grande para ambos cultivares fue estadísticamente no significativo ( $P > 0,05$ ). La relación entre % de mazorcas y peso explican el mayor rendimiento del híbrido en estas condiciones.

En hilera doble, para el híbrido (T3) el porcentaje de mazorcas grandes y mazorcas medianas representó el 83,48%, con diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0,05$ ); mientras que, las mazorcas pequeñas representaron el 16,52% con comportamiento estadístico similar al porcentaje de mazorcas medianas. Para la variedad (T4), el porcentaje de mazorcas grandes y mazorcas medianas constituyó el 71,73% y mantuvo el mismo comportamiento estadístico que el T3, con superioridad de las mazorcas medianas en este caso.

Al analizar los cultivares individualmente se observó en el híbrido (T1 y T3) que al aumentar la densidad de planta aumentó ligeramente el peso de las mazorcas grandes y disminuyó el peso de las medianas y pequeñas.

En la variedad (T2 y T4), al aumentar la densidad de plantas disminuyó el peso de las mazorcas grandes, pero aumentó el peso de las medianas y pequeñas. No obstante, en hilera simple, el peso promedio de mazorcas grandes y medianas

en la variedad fue 257,05 g mientras que en hilera doble fue de 223,27 g. Ambos valores son superiores a los reportados por Alfaro y Segovia (2008), para la mazorca promedio de ese cultivar (215 g).

#### Número de hileras de granos y número de granos por hilera en mazorcas

El Cuadro 5 muestra que en hilera simple, el híbrido registra un incremento en el número de hileras de granos en todas las categorías de mazorcas con respecto a la variedad, diferencias que fueron estadísticamente significativas ( $P \leq 0,05$ ) en mazorcas grande y no significativa ( $P > 0,05$ ) en mazorcas mediana y pequeñas.

En hilera doble, el híbrido conservó el número de hileras de granos en mazorcas grande, lo disminuye en mazorcas mediana y lo aumenta en mazorcas pequeña. Estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ( $P > 0,05$ ) con relación a los valores en hilera simple, pudiéndose afirmar que al incrementarse la densidad de planta, el híbrido mantuvo el número de hileras de granos en todas las categorías de mazorcas.

En la variedad, el número de hileras de granos aumentó en mazorcas grandes y medianas y se mantuvo en las mazorcas pequeñas, pero estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ( $P > 0,05$ ), de modo que la variedad mantuvo el número de hileras de granos en los distintos tamaños de mazorcas independientemente de la densidad de plantas.

El número de hileras de granos es un carácter asociado con la genética del cultivar y varía

Cuadro 5. Número de hileras de granos según tamaño de mazorca

Tratamientos		Número de hileras de granos		
		Grandes	Medianas	Pequeñas
Híbrido hilera simple	T1	14,16 a	13,68 a	13,24 ab
Variedad hilera simple	T2	12,86 b	12,30 a	12,56 b
Híbrido hilera doble	T3	14,32 a	13,04 a	13,76 a
Variedad hilera doble	T4	13,68 ab	13,36 a	12,56 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según LSD

poco, incluso ante cambios de las condiciones ambientales.

El Cuadro 6 muestra el número de granos por hileras en los diferentes tamaños de mazorca del híbrido y de la variedad. En hilera simple el número de granos por hileras en el híbrido, disminuyó en las mazorcas grandes y aumentó en las mazorcas medianas y pequeñas, con respecto a la variedad. La diferencia para las mazorcas grandes y mazorcas pequeñas fue estadísticamente no significativa ( $P > 0,05$ ) y significativa para las mazorcas medianas ( $P \leq 0,05$ ).

En hilera doble, el número de granos por hilera en el híbrido fue superior con respecto a la variedad, solo en las mazorcas medianas, siendo igual en las mazorcas medianas e inferior en las mazorcas grandes. Estas diferencias fueron estadísticamente no significativas ( $P > 0,05$ ). Se puede inferir que la densidad de plantas afectó significativamente el número de granos por hileras de los cultivares (híbrido y variedad) para las mazorcas pequeñas, disminuyendo en ambos casos el número de granos por hileras.

Reta *et al.* (2003b) reportaron que al aumentar la densidad de planta y la distribución de plantas

en surcos dobles a 0,90 m, incrementó en 8% el número de óvulos por planta, comparado con la siembra en surcos tradicionales (0,76 m), aunque esto no se reflejó en un mayor número de granos por  $m^2$ , debido al aumento de 2,2% en el número de óvulos y granos abortados.

Al incrementarse la densidad de planta de 5,5 a 16,5 plantas. $m^{-2}$  se disminuyó el número de óvulos por planta hasta 42%, lo cual se relacionó con valores bajos de área foliar y de peso seco por planta en densidad de plantas superiores a 5,5 plantas. $m^{-2}$ ; lo cual concuerda con los resultados del presente ensayo donde se demostró que a mayor densidad de planta, hubo una disminución del número de granos por hilera en mazorcas grandes y pequeñas; mientras que en mazorcas medianas la tendencia en el híbrido fue, al contrario, pero muy pequeña y estadísticamente no significativa ( $P \geq 0,05$ ).

En un ensayo de poblaciones, Martínez *et al.* (2010), encontraron en los componentes del rendimiento, correlaciones positivas ( $R^2=0,911$ ) entre el número de granos por hilera y el número de granos por mazorca; y entre el número de granos por hilera y el peso de 100 granos ( $R^2=0,790$ ). Este mismo autor propone la

Cuadro 6. Número de granos por hilera según tamaño de mazorca.

Tratamientos		Número de granos por hilera		
		Grandes	Medianas	Pequeñas
Híbrido hilera simple	T1	35,840 ab	31,880 a	31,680 a
Variedad hilera simple	T2	37,340 a	28,480 b	29,000 a
Híbrido hilera doble	T3	33,920 b	32,000 a	25,560 b
Variedad hilera doble	T4	35,480 ab	30,440 ab	25,780 b

Letras distintas corresponden a diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) según LSD.

clasificación: ( $R^2 > 0,701$ ) muy fuerte; ( $R^2 > 0,501-700$ ) fuerte; ( $R^2 > 0,301-500$ ) moderadamente fuerte; ( $R^2 > 0,101-300$ ) moderada y ( $R^2 \leq 100$ ) débil; se deben resaltar estas fuertes correlaciones entre caracteres morfológicos como las de mayor importancia biológica. En hileras simple, el mayor número de granos por hileras e hileras por mazorca en los híbridos, son los componentes del rendimiento que explican las diferencias entre los cultivares.

Monasterio et al. (2011) señalan que en maíz la etapa más sensible a las deficiencias de agua en los ciclos productivos analizados fue la de floración, seguida de la etapa de desarrollo vegetativo y llenado de grano. Si el déficit ocurre en la semana antes de la polinización, el número de granos por hilera se reduce, afectando el rendimiento.

El Instituto Nacional de Tecnología Agraria (INTA 2009) de Argentina, reportó diferencias estadísticamente significativas en el número de granos por hileras y en el peso de los granos, señalando que los mejores valores se obtuvieron en hileras simples separadas 0,525 m.

Reta et al. (2003a) indican que el uso de surcos estrechos en maíz (surcos sencillos a 0,38 y 0,50 m. y dobles a 1,0 m), incrementó el rendimiento en grano entre 13-32% respecto a surcos convencionales de 0,76 m, debido a un mayor número de granos por  $m^2$  (16 a 18%). Los autores concluyen que la mejor distribución entre plantas en surcos estrechos, en genotipos de alto rendimiento, fue donde se redujo la competencia entre planta después de la floración, que ocasionó una menor cantidad de óvulos abortados y obviamente una mayor cantidad de granos por  $m^2$ .

## CONCLUSIONES

Los cultivares evaluados (híbrido y variedad) manejados de acuerdo a las prácticas tradicionales de la zona, registraron rendimientos (híbrido: 6.242,25  $kg \cdot ha^{-1}$  y variedad: 5.736,35  $kg \cdot ha^{-1}$ ) que superaron los registros locales (2.617  $kg \cdot ha^{-1}$ ).

Los cultivares evaluados (híbrido y variedad) en ambas densidades mostraron diferencias en rendimientos de 805,20  $kg \cdot ha^{-1}$  en hileras simple

y 205,89  $kg \cdot ha^{-1}$  en hileras dobles. Ambos a favor del híbrido.

Al aumentar la densidad de planta disminuyó la altura de planta en el híbrido y aumentó en la variedad; pero el diámetro del tallo se redujo en ambos cultivares, registrándose la mayor disminución en la variedad, sin presentar acame en ningún tratamiento.

Los cultivares evaluados mostraron mejor comportamiento en las siembras de hileras simple. El alto porcentaje de mazorcas grandes y medianas obtenidos podrían permitir su comercialización como jojoto, que constituye un producto de alto consumo en la zona

## AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Agrónomo Rogelio Ortega, del INIA Yaracuy, por su colaboración en la cosecha, trilla y pesaje de los cultivares evaluados en el ensayo.

## LITERATURA CITADA

Alfaro, Y; Segovia, V. 2008. Variedad de maíz amarillo CENIAP DMR. INIA DIVULGA. N° 11 enero – diciembre. 13 – 16 p. Disponible: [http://sian.inia.gov.ve/inia\\_divulga/divulga\\_11/rid11\\_alfaro\\_13-16.pdf](http://sian.inia.gov.ve/inia_divulga/divulga_11/rid11_alfaro_13-16.pdf)

CIMMYT (Centro Investigaciones Mejoramiento Maíz y Trigo)/IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources). 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center. CIMMYT. México City/International board for plant genetic resources, Rome. 10 p. Disponible en: [http://archive-ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioiversity/publications/pdfs/104\\_Descriptors\\_for\\_maize.Descriptores\\_para\\_maiz.Descripteurs\\_pour\\_le\\_mais-cache=1415188810.pdf](http://archive-ecpgr.cgiar.org/fileadmin/bioiversity/publications/pdfs/104_Descriptors_for_maize.Descriptores_para_maiz.Descripteurs_pour_le_mais-cache=1415188810.pdf)

Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. InfoStat versión 2012. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

Duvick, D. 1999. Heterosis: feeding people and protecting natural resources. En: J. G.

- Coors and S. Pandey (ed.). The genetics and exploitation of heterosis in crops. 19-29 p. Disponible: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/books/abstracts/acesspublicati/thegeneticsande/19/preview/pdf>
- Forero, FE; Fernández, JP; Álvarez-Herrera, JG. 2010. Efecto de diferentes dosis de cachaza en el cultivo de maíz (*Zea mays*). Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica 13 (1): 77-86. Disponible: <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v13n1/v13n1a09.pdf>
- Guedez, J; Pérez, R. 1996. Colección de suelos de referencia: Principales suelos de uso agrícola del estado Lara (en línea). Bioagro 8(3): 77-83. Disponible en: <http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Cont8-3.htm> [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev8\(3\)/3.%20Colecci%C3%B3n%20de%20suelos.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev8(3)/3.%20Colecci%C3%B3n%20de%20suelos.pdf).
- Gonzalo, M; Vyn, TJ; Holland, JB; McIntyre, LM. 2006. Mapping density response in maize: A direct approach for testing genotype and treatment interactions. Genetics 173: 331–348. Disponible: <http://www.genetics.org/content/genetics/early/2006/02/19/genetics.105.045757.full.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Estadística). 2016. Encuesta nacional de consumo de alimentos (en línea). Gerencia general de estadísticas sociales y ambientales. República Bolivariana de Venezuela. 22p. Disponible en: [http://www.ine.gov.ve/documentos/Social/ConsumodeAlimentos/pdf/informe\\_enca.pdf](http://www.ine.gov.ve/documentos/Social/ConsumodeAlimentos/pdf/informe_enca.pdf)
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2009. Sistema de siembra con surcos apareados en cultivo de maíz. Proyecto agricultura de precisión y máquinas precisas. INTA. Argentina. 25p. Disponible en: [https://inta.gob.ar/taxonomy/term/8429/palabra-clave/ma%C3%ADz-7419?field\\_palabras\\_clave=7047&search=1&search\\_api\\_views\\_fulltext=Sistema%20de%20Siembra%20con%20Surcos%20Apareados%20en%20Cultivo%20de%20Ma%C3%ADz.%20Proyecto%20Agricultura%20de%20Precisi%C3%B3n%20y%20M%C3%A1quinas%20Precisas.&sort\\_by=created&sort\\_order=DESC](https://inta.gob.ar/taxonomy/term/8429/palabra-clave/ma%C3%ADz-7419?field_palabras_clave=7047&search=1&search_api_views_fulltext=Sistema%20de%20Siembra%20con%20Surcos%20Apareados%20en%20Cultivo%20de%20Ma%C3%ADz.%20Proyecto%20Agricultura%20de%20Precisi%C3%B3n%20y%20M%C3%A1quinas%20Precisas.&sort_by=created&sort_order=DESC)
- Martínez, M; Ortiz, R; Ríos, H; Acosta, R. 2010. Análisis de las correlaciones en poblaciones cubanas de maíz. Cultivos tropicales 31(2): 82-91. Disponible en: <http://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/104/pdf>.
- MPPAT (Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierra). 2007. VII Censo Agrícola Nacional. Disponible en: <http://censo.mat.gob.ve/>
- Miranda, F; Cerovich, M; Díaz, J; Figueroa, R; Peñaloza, M. 2009. Bases para una nueva clasificación dimensional de la semilla certificada de maíz para la siembra de precisión en Venezuela. Revista Facultad de Agronomía (UCV) 35(3): 112 -118. Disponible: [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_agro/article/view/163/140](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_agro/article/view/163/140)
- Monasterio, P; Velásquez, L; Alejos, G; Lugo, L; Maturet, W; Tablante, J; Rodríguez, L; Araujo, D. 2007. Propuesta para la evaluación fenológica del cultivo de maíz en Venezuela. INIA Divulga 10 enero – diciembre. pp. 59-63. Disponible: [http://sian.inia.gob.ve/inia\\_divulga/divulga\\_10/rid10\\_monasterio\\_59-63.pdf](http://sian.inia.gob.ve/inia_divulga/divulga_10/rid10_monasterio_59-63.pdf)
- Monasterio, P; García, P; Alejos, G; Pérez, A; Tablante, J; Maturet, W; Rodríguez, L. 2008. Influencia de la precipitación sobre el rendimiento del maíz: caso híbridos blancos. Agronomía Tropical Volumen 58 (1): 69 -72. Disponible: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2008000100015](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000100015)
- Monasterio, P; Pierre, F; Tablante, J; Maturet, W. 2010. Rendimiento del maíz en los estados productores de Venezuela (1960 al 2007). INIA HOY. N° 7 enero – mayo. pp. 288 – 291.
- Monasterio, P; Pierre, F; Barreto, T; Marín C; Mora, O; Tablante, J; Maturet, W; Mendoza, C. 2011. Influencia del fenómeno el niño/oscilación del sur sobre la precipitación y rendimiento del cultivo de maíz en el municipio Peña, estado Yaracuy, Venezuela. Agronomía Tropical 61(1): 59-

72. Disponible: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2011000100006](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2011000100006)
- Monasterio, P; Pierre, F; Tablante, J; Maturét, W; Ortega, R; y Sanchez F. C. 2015. Método para la estimación de rendimiento en siembras de maíz. *Agronomía Tropical* 65(1-2):97-102. Disponible: [http://sian.inia.gob.ve/revistas\\_ci/Agronomia%20Tropical/at65\\_12/pdf/09%20P.%20Monasterio%20Vol%2065%20\(1-2\)2017.pdf](http://sian.inia.gob.ve/revistas_ci/Agronomia%20Tropical/at65_12/pdf/09%20P.%20Monasterio%20Vol%2065%20(1-2)2017.pdf)
- Reta S, DG; Gaytán M, A; Carrillo A, JS. 2003a. Rendimientos y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 26(2): 75-80. Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61026201.pdf>
- Reta S, DG; Gaytán M, A; Carrillo A, JS; Cueto W, JA. 2003b. Influencia de métodos de siembra y densidades de población en la formación de granos en maíz. *Fitotecnia Mexicana* 26(3): 75-80. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61026303>
- Tadeo-Robledo, M; Espinosa-Calderon, A; Chimal, N; Arteaga-Escamilla, I; Trejo-Pastor, V; Canales-Islas, E; Sierra-Macias, M; Valdivia-Bernal, R; Gómez-Montiel, NO; Palafox-Caballero, A; Zamudio-González, B. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana* 30(2): 157-164. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. Disponible <http://www.redalyc.org/pdf/573/57324446007>.
- Tollenaar, M; Deen, W; Echarte, L; Liu, W. 2006. Effect of crowding stress on dry matter accumulation and harvest index in maize. *Agronomy Journal* 98:930-937. Disponible: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/abstracts/98/4/930?access=0&view=pdf>
- Turgut, I; Duman, A; Bilgili, U; Acikgoz, E. 2005. Alternate row spacing and plant density. *Journal of Agronomy and Crop Science* 191: 146-151. Disponible: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-037X.2004.00146.x>
- San Vicente, F; Marín, C; Díaz, D. 2005. Estabilidad del rendimiento y potencial agronómico de híbridos de maíz de alta calidad de proteína (QPM) en Venezuela. *Agronomía Tropical* 55(3): 397-410. Disponible: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2005000300005](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2005000300005)
- Sangoi, L. 2000. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. *Ciência Rural*, Santa María 31(1): 159-168. Disponible: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782001000100027](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782001000100027)
- Segovia, V; Alfaro Y. 2009. El maíz: un rubro estratégico para la soberanía agroalimentaria de los venezolanos. *Agronomía Tropical* 59(3): 237-247. Disponible: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0002-192X2009000300001](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2009000300001)
- Sharifi, RS; Sedghi, M; Gholipouri, A. 2009. Effect of population density on yield and yield attributes of maize hybrids. *Research Journal of Biological Sciences* 4(4): 375-379. Disponible: <https://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=rjbsci.2009.375.379>
- Van der Wal, H; Golicher, JD; Caudillo-Caudillo, S; Vargas-Domínguez, M. 2006. Densidades de siembra, rendimientos y área requerida para maíz en la agricultura de roza, tumba y quema en la Chinantla, México. *Revista Agrociencia* 40(4): 449-460. Disponible: <http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2006/jul-ago/art-4.pdf>
- Valentinuz, O; Barbagelata, P; Papparotti, O. 2003. Espaciamento entre hileras en híbridos de maíz (*zea mays* L.) Con diferente estructura de planta. Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNER. *Revista Científica Agropecuaria* 7(1):7-11.
- Xue, J; Liang, Z; Ma, G; Lu, H; Ren, J. 2002. Population physiological indices on density-tolerance of maize in different plant type. *Chinese Journal of Applied Ecology* 1(13): 55-59. Disponible: <https://europepmc.org/abstract/med/11962320>

Zamudio-González, B; Espinosa-Calderon, A; Tadeo-Robledo, M; Encastín-Dionicio, JJ; Martínez-Rodríguez, JN; Felix-Reyes, A; Cárdenas-Marcelo, AL; Turrent-Fernández, A. 2015. Producción de híbridos y variedades de maíz para grano en siembra a doble hilera. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 6(7): 1491-1505. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/2631/263142146006/>

## Efectividad de atrayentes alimenticios para monitoreo de moscas de la fruta en Venezuela

### Effectiveness of food attractants for fruit flies monitoring in Venezuela

Pedro Morales<sup>1\*</sup>, Lupe Martínez<sup>2</sup>, Angel Torres<sup>3</sup>, Humberto Rincón<sup>2</sup>, Eutimio González<sup>4</sup>, Cecilia Yanez<sup>3</sup>, María Antolinez<sup>3</sup>, Alex Verenzuela<sup>3</sup>, Nelson Vivas<sup>3</sup>, Ligia Carolina Rosales<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral (INSAI), San Cristóbal, Venezuela. <sup>3</sup>INIA-Táchira. <sup>4</sup>Universidad Central de Venezuela (Facultad de Agronomía (UCV-FAGRO), Maracay, Venezuela. \*Correo electrónico: elcompsus@gmail.com

#### RESUMEN

Las moscas de la fruta son plagas de numerosos frutales. Para aplicar medidas de control es importante monitorear la presencia de las mismas y su fluctuación a través del tiempo. El uso de trampas con atrayentes es útil a estos propósitos. Se evaluaron los atrayentes alimenticios melaza + urea, melaza, PedGo®, PedGo Plus® y Nulure®, durante 11 meses, para moscas de la fruta de los géneros *Anastrepha* y *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae). Los ensayos se localizaron en huertos frutales de cinco Municipios del estado Táchira. En cada localidad se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro bloques y cinco tratamientos. Se colocaron 20 trampas JD EuGo 97 con 300 ml de solución de atrayente respectivo. La colecta y recebado de trampas se realizaron quincenalmente, así como la identificación, sexado y conteo de los insectos colectados. Las mayores poblaciones de adultos de moscas de la fruta fueron colectadas con el atrayente PedGo Plus®, seguidos de PedGo®, Nulure®, Melaza + urea y melaza. El atrayente PedGo Plus® se diferenció estadísticamente de los atrayentes melazas + urea y melaza. En Bramón se detectaron las mayores poblaciones de adultos de moscas de las frutas, diferenciándose estadísticamente del resto. Las mayores poblaciones de moscas colectadas pertenecían a la especie *A. fraterculus*, y se colectaron donde hubo mayor diversidad de hospedantes, independientemente de los factores ambientales y la ubicación geográfica. El atrayente PedGo Plus® se presenta como una alternativa para el monitoreo o control de moscas de la fruta a diferentes altitudes en Táchira.

**Palabras clave:** *Anastrepha* sp, *Ceratitis capitata*, trampas.

#### ABSTRACT

Fruit flies are pests of numerous fruit trees. To apply control methods it is important to use traps in order to monitor their presence and population fluctuation over time, for which trap with attractants can be suitable. Urea with molasses, molasses, PedGo®, PedGo Plus® and Nulure® were used as attractants for the detection and control of fruit flies of the genera *Anastrepha* and *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae) in fruit orchards of five municipalities of Tachira state during 11 months. In each locality a random block design with four blocks and five treatments was used. Twenty JD EuGo 97 traps were filled with 300 ml of the attractant solution. Number of males and females captured were collected and identified fortnightly. The largest adult populations of fruit flies were trapped using PedGo Plus® attractant, followed by PedGo®, Nulure®, urea with molasses, and molasses. The PedGo Plus® attractant differed statistically from the attractants urea with molasses, and molasses. The largest adult populations of fruit flies were captured in Bramon, differing statistically from the other municipalities. *Anastrepha fraterculus* was the specie with the most number of flies trapped in a great diversity of hosts, regardless of environmental factors and geographical location. PedGo Plus® can be used as an alternative attractant for monitoring and controlling fruit flies at different altitudes of Tachira State.

**Key Words:** *Anastrepha* sp, *Ceratitis capitata*, traps.

## INTRODUCCIÓN

Las moscas de la fruta del género *Anastrepha* y la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) son consideradas las principales plagas que afectan la fruticultura mundial (Aluja 1993). Constituyen uno de los factores limitantes en la comercialización de frutas, porque están catalogadas como insecto-plaga de importancia cuarentenaria por las organizaciones internacionales de protección fitosanitaria (Hernández 2016).

Uchoa M. (2012) señala que de las especies de moscas de la fruta más importantes en Centro y Sur América *Anastrepha obliqua* (Macquart), *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) y *Ceratitis capitata* son más polífagas, con mayor distribución en Brasil, Argentina, Bolivia, Colombia, Venezuela, y Perú. La influencia de estas tres especies como plagas se debe a tres factores principales: existencia de varias especies hospedadoras, su amplia distribución en el Neotrópico (de México a Argentina), y el daño directo que pueden causar a las frutas y verduras. Aluja *et al.* (2014) señalan que la mosca de la fruta de las Indias Occidentales, *A. obliqua*, representa históricamente la plaga más grave del mango en México, América Central y América del Sur.

En el estado Táchira, Venezuela, estas moscas ocasionan gastos económicos para su control en cultivos de frutales; tanto por el daño que ocasionan, como por su importancia cuarentenaria debido a la ubicación fronteriza con la República de Colombia. De allí, la necesidad del uso de trampas y atrayentes eficaces para la detección oportuna de especies presentes e invasoras de moscas de la fruta provenientes del vecino país.

Existen diversos métodos utilizados en los programas de detección de adultos de moscas del mediterráneo, como el uso de tipos de trampas cebadas con diferentes sustancias. Destacan las trampas Mc Phail cebadas con proteína líquida (Heath *et al.* 1998). Al igual que, para capturas de moscas del género *Anastrepha* se usan trampas con diferentes atrayentes (Barbosa *et al.* 2014, Nunes *et al.* 2013). En Centroamérica, el Nulure® es el atrayente estándar para la captura de hembras de *C. capitata* Wiedemann (Vásquez 2000).

Israely *et al.* (1997) señalaron la utilidad de trampas Steiner dentro de las cuales usan trimedlure con el insecticida Divipan® colocadas en el dispensador para el programa nacional de *C. capitata*; así como, el uso de trampas como las Tephri Trap® (Mediouni *et al.* 2010) y las utilizadas en trapeo masivo como las Flycap®, Ceratrap® and Moskisan® (Boulahia-Kheder *et al.* 2015). Ullah *et al.* 2015 utilizan trampas con Methyl Eugenol y Cue Lure para captura de *Batrocera zonatus* en mango.

Un factor a tener en cuenta en el uso de las trampas y atrayentes es la relación costo beneficio de su implementación (Cohen y Yuval 2000). En Venezuela, se han evaluado trampas y atrayentes de producción nacional para implementarlos dentro de los programas de manejo de las moscas de las frutas. Esto como alternativa a los productos fabricados en el exterior, debido a los costos que representa la importación de las trampas Mc Phail, Steiner y Jackson, así como del atrayente sintético Trimedlure y de los atrayentes alimenticios Torula Yeast Borax® y Nulure®.

Rodríguez *et al.* (2000) evaluaron dos diseños de trampas, una de fabricación nacional (Dedordy T-93), y otra de manufactura foránea (Mc Phail), con el empleo de varios atrayentes. Los autores reportaron que, la levadura torula y la proteína hidrolizada de soya fueron los atrayentes que mostraron alta capacidad de atracción. Por su parte, Lasa y Cruz (2014) buscando sustitutos a la tradicional trampa Mc Phail de vidrio cebada con proteína hidrolizada, utilizaron la trampa CeraTrap®. Con esa trampa capturaron más moscas de *A. obliqua* que con las trampas Mc Phail, cebadas con la proteína de hidrólisis química Captor® o el cebo seco Biolure®. Gómez *et al.* (2015) recomiendan que los productores se organicen para adquirir las trampas a precios menores.

Con los antecedentes señalados se evidencia la necesidad de realizar el monitoreo de especies de moscas de fruta en la región, para detectar oportunamente los adultos en los cultivos frutales del estado Táchira. Para reducir los daños ocasionados por estos insecto-plaga en la zona, y establecer alertas cuarentenarias entre ambos países.

En Venezuela, la mayoría de los atrayentes alimenticios utilizados son importados y sus costos imposibilitan la adquisición rápida y oportuna, incrementando los costos de monitoreo de especies. En este sentido, el objetivo del presente estudio fue determinar la capacidad de captura de productos nacionales económicos, que puedan ser usados por los productores en sus fincas o instituciones oficiales, para el seguimiento y control de estos insectos plaga.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó por un periodo de 11 meses, en seis localidades de cinco municipios (Cuadro 1) del estado Táchira.

Para cada localidad se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones y cinco tratamientos (atrayerentes): (T1) melaza + urea; (T2) melaza; (T3) PedGo®, (T4) PedGo Plus® y (T5) Nulure® (Testigo comercial). Se utilizaron las trampas plásticas JD EuGo 97, cebadas cada una con 300 mL de solución del atrayente respectivo, para un total de 20 trampas por localidad. Se distribuyeron los tratamientos en bloques al azar dentro de cada localidad. Cada 15 días se realizó la colecta de los contenidos y se recibaban las trampas. Las moscas colectadas en las trampas fueron trasladadas al laboratorio del Instituto Nacional de Sanidad Agrícola Integral (INSAI) del estado Táchira para su conteo, sexado, identificación mediante claves taxonómicas y preservación.

Cuadro 1. Condiciones climáticas, coordenadas y cultivos de las localidades de los municipios donde se establecieron los ensayos.

Municipio	Localidad	m.s.n.m.	Coordenadas	T. media (°C)	Precipitación anual (mm)	Cultivos
Junín	Bramón	1105	N 07°39'36" O 72°23'32"	22,7	1474	Cafeto, mango, cítricos, guayaba, guamo
Samuel Darío Maldonado	La Tendida	637	N 08°25'71" O 71°48'26"	25,6	1872	Cítricos, mango, guayaba, passifloras
Rafael Urdaneta	Las Lajas	1950	N 07°32'28" O 72°27'23"	17,8	1175	Durazno
Fernández Feo	Caño de Tigre	224	N 07°30'55" O 71°51'55"	26,9	2560	Parchita, musáceas, pastos
Jáuregui	Pueblo Hondo	2500	N 08°14'98" O 71°54'74"	14,5	856	Pera, ciruela y mora
	Ventorrillo	1876	N 08°18'01" O 71°53'51"	17,1	973	Mora

Los datos correspondientes a los totales de adultos y especies de moscas de la fruta, colectados con los diferentes atrayentes, en cada localidad, se procesaron con el programa estadístico Statistix 8.0. Se realizaron análisis no paramétricos para bloques al azar de Friedman y Kruskal-Wallis, la prueba de medias de mínima diferencia significativa al 0.05%. Análisis de componente principal relacionando las poblaciones colectadas, diversidad de cultivos y las localidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las localidades en estudio, las mayores poblaciones de adultos de moscas de la fruta se colectaron con el atrayente PedGo Plus®, seguido del PedGo®, Nulure®, melaza + urea y melaza. El total de capturas del atrayente PedGo® plus se diferenció estadísticamente de las atrayentes melazas + urea y melaza (Cuadro 2). Se destaca el hecho de que los atrayentes Pedgo®, Pedgo Plus® y Nulure®, detectaron especies de moscas de la fruta aun en bajas poblaciones.

En Bramón, el atrayente PedGo Plus® capturó el mayor número de adultos de moscas de la fruta, diferenciándose estadísticamente del resto. En la Tendida, este atrayente se diferenció de melaza + urea y de la melaza sola. En el resto de las localidades no se observaron diferencias entre los tratamientos, tal vez debido a las bajas poblaciones y la variabilidad de las capturas a lo largo del año, influenciado por las temperaturas

Cuadro 2. Totales de adultos de moscas de la fruta colectadas por tratamiento en las seis localidades del estado Táchira, desde noviembre 2003 a octubre 2004

Tratamientos	Localidades												Total	
	Bramón		Pueblo Hondo		Ventorrillo		La Tendida		Las Lajas		Caño de Tigre			
	T	X±ESx	T	X±ESx	T	X±ESx	T	X±ESx	T	X±ESx	T	X±ESx		
PedGo Plus®	2534	3.2709 a	8	0.0353 a	4	0.0205 a	286	0.7532 a	37	0.0941 a	74	0.2515 a	2943	0.6867 a
Nulure®	645	1.0130 b	13	0.0704 a	16	0.0793 a	56	0.1394 ab	30	0.0829 a	55	0.3525 a	815	0.2063 ab
PedGo®	653	1.5531 b	10	0.0502 a	0	0.0000 a	127	0.2945 ab	34	0.0948 a	35	0.1374 a	859	0.2824 ab
Melaza + urea	436	0.6909 b	11	0.0590 a	7	0.0267 a	37	0.1160 bc	35	0.0890 a	0	0.0000 a	528	0.1360 b
Melaza	18	0.0476 c	0	0.0000 a	2	0.0104 a	0	0.0000 c	3	0.0179 a	0	0.0000 a	22	0.0091 c

T: total moscas capturadas. \*Valores seguidos por la misma letra en la misma columna no difieren al 5% de la Prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

Cuadro 3. Valores de altura m.s.n.m., temperaturas media, precipitaciones, diversidad de hospederos y totales de moscas de la fruta colectadas en seis localidades del estado Táchira.

Localidad	Altura m.s.n.m.	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)	Diversidad hospederos	Totales de moscas
Bramón	1105	22,7	1474	5	4288
La Tendida	637	25,6	1872	4	506
Las Lajas	1950	17,8	1175	1	139
Caño de Tigre	224	26,9	2560	3	164
Pueblo Hondo	2500	14,5	856	3	33
Ventorrillo	1876	17,1	973	1	28

y los cultivos existentes en cada sitio (Cuadro 3). El mayor número de moscas atraídas por las trampas ocurrió en la localidad de Bramón.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Requena (2005), quien evaluó seis formulaciones para atracción de moscas de la fruta, en un huerto de níspero en el estado Aragua. En ese trabajo, el Ped-Go Plus® fue el cebo o atrayente que obtuvo las mayores capturas. Por su parte, Luque (2005) evaluó la eficacia de las formulaciones PedGo Plus® 9% y FAGROUCV-10® 5% y detectaron diferencias significativas entre los índices de moscas/trampa/día (MTD) capturadas, correspondientes a las suspensiones atrayentes con relación al testigo.

Martínez et al. (2005b) describieron el uso de trampas artesanales cebadas con la suspensión de PedGo Plus®. Esto permitió disminuir las poblaciones de moscas en una plantación de mandarina. Además, observaron una declinación de las capturas desde 119 adultos de *Anastrepha* spp. y 24 de *C. capitata* por trampa al inicio del trabajo, hasta 4 adultos de *Anastrepha* spp. por trampa, sin detección de *C. capitata*. El nivel de daño ocasionado por los mencionados insectos disminuyó a menos del 10%.

Al realizar el análisis de componentes principales (Figura 1), se obtuvo el gráfico biplot que expresa como las poblaciones colectadas están mayormente relacionadas con la diversidad de cultivos hospedantes. Se observa en la localidad de Bramón el mayor número

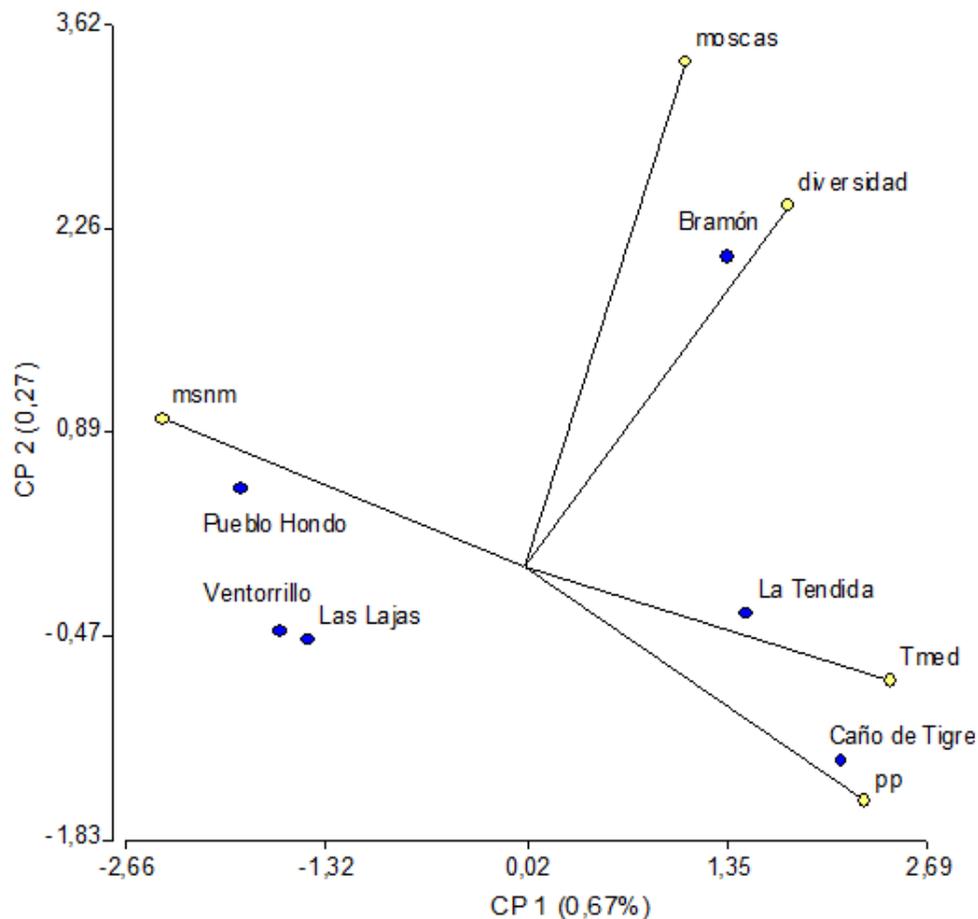


Figura 1. Relación de los factores ambientales y la diversidad de hospedantes con la densidad de moscas de las frutas capturadas en las localidades en estudio.

de hospedantes y las mayores poblaciones de moscas de la fruta. Pueblo Hondo, Ventorrillo y Las lajas presentaron las menores densidades poblacionales, asociadas a una mayor altura sobre el nivel del mar. En La Tendida y Caño de Tigre, localidades con temperaturas más altas y mayores precipitaciones, se colectó un gran número de moscas sin alcanzar la densidad colectada en Bramón. Estos resultados, en los cuales donde exista mayor diversidad de hospedantes se colectará la mayor cantidad de individuos, concuerdan con lo señalado por Celedonio *et al.* (1995) y Aluja *et al.* (1996). Los referidos autores afirman que, el componente más importante que afecta las poblaciones de moscas de las frutas en los trópicos es la disponibilidad del hospedero apropiado.

Segura *et al.* (2004) señalaron que el único factor climático que parece tener un efecto sobre las poblaciones de *C. capitata* es la temperatura. Bateman (1972) indicó que el clima, particularmente la temperatura en zonas templadas y la precipitación en ambientes tropicales, determina la abundancia de adultos de moscas de las frutas. Fehn (1982) encontró una correlación negativa entre la precipitación y el número de *Anastrepha* spp. capturadas en cultivos de durazno en Brasil, pero ninguna correlación entre el número de moscas capturadas y la temperatura, el viento, o la humedad relativa. En contraposición, Malo *et al.* (1987), Hennessey (1994) y Celedonio *et al.* (1995), no encontraron ningún efecto de los factores climáticos sobre las poblaciones de *Anastrepha* spp.

Fehn (1982) y Hennessey (1994), concluyeron que las capturas en trampas de *Anastrepha* son el resultado de la interacción de condiciones climáticas y disponibilidad de frutos hospedantes. Boscán y Godoy (1986) y Zahler (1991), en Venezuela y Brasil, respectivamente, señalaron que la temperatura, la humedad relativa y la precipitación, no influyeron sobre la población de dicha especie en los huertos donde se realizaron los respectivos estudios.

En el cuadro 4 se observa que la especie *A. fraterculus* (Wiedemann) presentó el mayor número de ejemplares. El tratamiento PedGo Plus® obtuvo la mayor captura de *A. fraterculus*, distinguiéndose estadísticamente de los tratamientos Melaza + urea y Melaza. Para las especies *A. striata* Schiner y *A. obliqua*, el comportamiento de los atrayentes fue similar, con las mayores capturas para PedGo Plus®, diferenciándose de melaza. *C. capitata* presentó bajas poblaciones en general, y no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos.

*A. fraterculus* en Venezuela es dominante o tiene preferencias en zonas elevadas, concordando con una mayor abundancia poblacional en diversas plantas de la familia Myrtaceae, en altitudes entre 1250 y 1750 m.s.n.m., en comparación con otras especies (Katiyar *et al.* 2000). La cantidad de las especies en el país está determinada por los cultivos y plantas hospedantes en la zona y es variable según la localidad. Morales y González (2007), señalaron que *A. fraterculus* es abundante en la región andina, al contrario de la región central o el oriente del país. Hernandez-Ortiz *et al.*

Cuadro 4. Especies de moscas de la fruta colectados por tratamiento en las seis localidades del estado Táchira.

Tratamiento	Especies de moscas de la fruta							
	<i>A. fraterculus</i>		<i>A. obliqua</i>		<i>A. striata</i>		<i>C. capitata</i>	
	Total	X±ESx	Total	X±ESx	Total	X±ESx	Total	X±ESx
PedGo Plus®	2490	0.6234 a	186	0.0585 a	206	0.0632 a	41	0.0507a
PedGo®	729	0.2567 ab	50	0.0317 ab	51	0.0221 ab	14	0.0098a
Nulure®	548	0.1427 ab	29	0.0143 ab	212	0.1014 ab	10	0.0059a
Melaza + urea	396	0.1109 b	26	0.0114 ab	93	0.0613 ab	1	0.0017a
Melaza	21	0.0089 c	0	0.0000 b	0	0.0000 b	1	0.0017a

\*Valores seguidos por la misma letra en la misma columna no difieren al 5% de la Prueba de Mínima Diferencia Significativa (MDS).

(2012) señaló que para Venezuela existen dos morfotipos de esta especie, el “Andino” que está distribuido en las tierras altas de Venezuela y Colombia y el venezolano”, representado por una sola población de las tierras bajas del Caribe.

Se pudo observar la baja incidencia de la especie *C. capitata*, comparada con las poblaciones del género *Anastrepha*. Morales et al. (2004) señalaron que en Venezuela no existen evidencias documentadas de que *C. capitata* constituya una plaga de impacto económico en otros cultivos de importancia; con excepción de plantaciones de durazno (*Prunus persica* [L.] Stokes) ubicadas en localidades del municipio Tovar, estado Aragua y en el municipio Guicaipuro del estado Miranda (Arnal et al. 2002).

Katiyar et al. (2000) reportaron que *C. capitata* fue detectada por casualidad en un estudio al disectar frutos procedentes de plantas de la familia *Myrtaceae* en los estados Mérida, Táchira, Trujillo y Zulia, donde la mayoría de los registros referidos se corresponden con especies del género *Anastrepha*.

Estudios realizados por Boscán y Romero (1997) en mango (*Mangifera indica* L.) presentaron resultados similares en cuanto a la baja incidencia de *C. capitata* en comparación con *Anastrepha* sp.

Las trampas plásticas artesanales JD EuGo 97, cebadas cada una con 300 mL de solución del atrayente PedGo Plus®, son una alternativa de uso con respecto a las trampas Mc Phail, de origen importado. Esto para la captura o detección de especies del género *Anastrepha* en la región, como un atrayente de bajo costo y de producción nacional. Lasa et al. (2013) señalan que, la captura masiva puede ser una buena opción para el control de la mosca de la fruta cuando se integra con otros métodos. Sin embargo, para que esta estrategia sea atractiva para los agricultores, la técnica debe ser fácil de implementar y económicamente competitiva con otros métodos de control.

Autores como Barba et al. (2014) y Mertilus (2015) indican la importancia de búsqueda de alternativas artesanales de trampas y de atrayentes de producción nacionales más económicas. Principalmente, por ser inofensivas

para el medio ambiente y no suponer ningún peligro para la salud del agricultor, en comparación con el uso de insecticidas químicos. Además recomiendan que la investigación en el corto plazo, debe centrarse en desarrollar y probar modelos de trampas artesanales para determinar diferentes densidades de trampeo. Esto es igualmente recomendable para Venezuela, ya que permitiría abaratar los costos de producción

## CONCLUSIONES

El atrayente PedGo Plus® presentó los mayores valores de captura en las localidades con poblaciones elevadas de moscas de la fruta; mientras que, en las localidades con bajas poblaciones de moscas, no se detectaron diferencias en las capturas entre los diferentes atrayentes evaluados.

El atrayente PedGo Plus® es la alternativa para los productores frutícolas. De uso como cebo atrayente en trampas artesanales, para la detección o captura de moscas de la fruta en la zona, en combinación con prácticas de manejo adecuado de los cultivos.

En las localidades donde se encontró mayor diversidad de hospedantes se colectó la mayor cantidad de individuos.

La especie dominante en las diferentes localidades evaluadas fue *A. fraterculus*, seguida de *A. obliqua* y *A. striata*. La especie *C. capitata* presentó capturas muy bajas durante el ensayo.

## LITERATURA CITADA

- Aluja M, J. Arredondo, F. Diaz-Fleischer, A. Birke, J. Rull, J. Niogret, N. Epsky. 2014. Susceptibility of 15 Mango (Sapindales: Anacardiaceae) Cultivars to the Attack by *Anastrepha ludens* and *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae) and the Role of Underdeveloped Fruit as Pest Reservoirs: Management Implications. Journal of Economic Entomologist 107(1):375 – 388.
- Aluja, M; Celedonio, H; Liedo, P; Cabrera, M; Castillo, F; Guillén, J; Ríos, P. 1996. Seasonal populations fluctuations and ecological implication for management of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae)

- in commercial mango orchards in southern Mexico. *Journal of Economical Entomology* 89(3):654-667.
- Arnal, E; Rondón, A; Aponte, A; Suárez, Z; Guevara, Y; Maselli, A; Rosales, LC. 2002. Aspectos fitosanitarios del duraznero En: El duraznero en Venezuela. Serie B, Número 4. p. 71-111.
- Barba, R Jr; Tablizo, R. 2014. Organic-Based Attractant for The Control of Fruit Flies (Diptera: Tephritidae) Infesting Ampalaya (*Momordica charantia* L.) *International Journal Of Scientific & Technology Research* 3(3):348-355.
- Barbosa Q, R; Braga, J; Novais, G; Diniz, C; Zucchi, RA. 2014. Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Community in guava orchards and adjacent fragments of native vegetation in Brazil. *Florida Entomologist* 97(2): 778 – 786.
- Bateman, M. 1972. The ecology of fruit flies. *Annual Review of Entomology* 17: 493-518.
- Boscán, N; Godoy, F. 1986. Influencia de los factores meteorológicos sobre la fluctuación poblacional de *Anastrepha obliqua* Mcquart (Diptera: Tephritidae) en mango. *Agronomía Tropical* 36(1-3):55-65.
- Boscán, N; Romero, R. 1997. Efecto de la ubicación de trampas Mcphail en la captura de moscas de las frutas (Diptera: Tephritidae) en huertos de mango. *Agronomía Tropical* 47(3):375-379.
- Boulaiah-Kheder, S; Chaaabane-Boujnah, H; Bouratbine, M; Rezgui, S. 2015. IPM based on mass trapping systems: a control solution for *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) in organic citrus orchard of Tunisia. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*. 4(10):459-469.
- Celedonio, H; Aluja, M; Liedo, P. 1995. Adult population fluctuations of *Anastrepha* species (Diptera: Tephritidae) in tropical orchard habitats of Chiapas, Mexico. *Environmental Entomology* 24(4):861-869.
- Cohen, H; Yuval, B. 2000. Perimeter trapping strategy to reduce Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) Damage and different host species in Israel. *Journal of Economic Entomology* 93(3):721 - 725.
- Fehn, L. 1982. Influência dos fatores meteorológicos na flutuação e dinâmica de população de *Anastrepha* spp. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 17: 533-544.
- Gómez Ruíz, C; Cardoso, Jiménez D. 2015. Efecto de atrayentes para prevención de mosca de la fruta en guayaba en Temascaltepec, México. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*. 4(7):234 – 245.
- Heath R, Epsky N; Castro O; Guzmán A; Rizzo J; Jerónimo F. 1998. Evaluación de trampas para *Ceratitis capitata*. En: Memorias del XII Curso Internacional sobre moscas de la fruta. pp 167 – 186. Centro Internacional de Capacitación en Moscas de la fruta. Complejo Bioindustrial MOSCAMED – MOSCAFRUT SAGAR – CONASAG – DGSV. Metapa de Domínguez, Chiapas, México.
- Hennessey, M. 1994. Analysis of Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) trapping data, Dade County, Florida, 1987-1991. *Florida Entomologist* 77: 126-135.
- Hernández C, Feliz A. 2016. Etapas de la erradicación y manejo integrado de la mosca de la fruta (*Ceratitis capitata* Wied) en la región ICA” Trabajo para Optar el Título de: Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad De Agronomía Lima-Perú. 51 p. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1783>
- Hernandez-Ortiz V, Bartolucci A, Morales-Valles P, Frias D, Selivon D. 2012. Cryptic Species of the *Anastrepha fraterculus* Complex (Diptera: Tephritidae): A Multivariate Approach for the Recognition of South American Morphotypes. *Annals Entomology Society American* 105(2):305 – 318.
- Israely, N; Yuval, B; Kitron, Y; Nestel, D. 1997. Population fluctuations of Adult mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) in a Mediterranean Heterogeneous Agricultural Regions.

- Environmental Entomology 26(6):1263-1269.
- Katiyar, K; Camacho, J; Matheus, R. 2000. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) infesting fruits of the Genus *Psidium* (Myrtaceae) and their altitudinal distribution in Western Venezuela. Florida Entomologist 83(4):480-483.
- Luque, L; González, E; Cásares, R; Castillo, A; Meneses, H. 2007. Evaluación de formulaciones atrayentes para *Anastrepha obliqua* (Macquart) y *Ceratitis capitata* (Wiedemann) en un huerto de mango y efecto de la fenología del cultivo en las capturas de las moscas (en línea). Entomotrópica. Consultado 23 Nov. 2015. Disponible en [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_ento/article/view/7458/7355](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ento/article/view/7458/7355).
- Malo, E; Baker, P; Valenzuela, J. 1987. The abundance of species of *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) in the coffee producing area of coastal Chiapas, southern Mexico. Folia Entomológica Mexicana 73:125-140.
- Martínez, L; Rincón, H; Morales, P. 2005. Manejo integrado de moscas de la fruta *Anastrepha sp.* y *Ceratitis sp.* (Diptera: Tephritidae) en mandarina en los estados Táchira y Mérida. Entomotropica 20(2):183-184.
- Mediouni, J; Jemâa, B; Bachrouch, O; Allimi, E; Dhouibi, MH. 2010. Field evaluation of Mediterranean fruit fly mass trapping with Tripack® as alternative to malathion bait-spraying in citrus orchards. Spanish Journal of Agricultural Research 8(2):400-408.
- Mertilus, F. 2015. Effectiveness of an Artisanal McPhail Trap for Mass Trapping Tephritid Fruit Flies in Haiti. LSU Master's Theses. 3208. [https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool\\_theses/3208](https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/3208)
- Morales, P; Cermeli, M; Godoy F; Salas B. 2004. Lista de Hospederos de la mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae) basada en registros del Museo de Insectos de Interés Agrícola del INIA – CENIAP. Entomotrópica 19(1):51-54.
- Morales, P; González, E. 2007. El Género *Anastrepha* Schiner y su importancia económica en frutales de Venezuela. En: V. Hernández-Ortiz (Ed.), Moscas de la Fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): Diversidad, biología y manejo. S y G editores, Distrito Federal, México. Pp: 27 – 52
- Nunes, M; Régis, S; Santos, S; Boff, M; Rosa, J. 2013. Avaliação de atrativos alimentares na captura de *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann, 1830) (Diptera: Tephritidae) em pomar de macieira. Revista de la Facultad de Agronomía La Plata 112(2):91-96.
- Rodrigo, L; Cruz, A. 2014. Efficacy of new commercial traps and the lure Ceratrap® Against *Anastrepha Obliqua* (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist 97(4):1369-1377.
- Rodrigo, L; Ortega, R; Rull, J. 2013. Towards development of a mass trapping device for mexican fruit fly *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) control. Florida Entomologist 96(3):1135 – 1142.
- Rodríguez, G; Mark, D; Silva-Acuña R; González E; Milano E. 2000. Evaluación de trampas y formulaciones atrayentes para la captura de la mosca de la guayaba, *Anastrepha striata* Schiner (Diptera: Tephritidae) en Santa Bárbara, Monagas, Venezuela. Boletín de Entomología Venezolana 15(1):49-60.
- Segura, D; Vera, MT; Cladera, J. 2004. Fluctuación estacional en la infestación de diversos hospedadores por la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae), en la provincia de Buenos Aires. Ecología Austral 14:3-17.
- Uchôa MA. (2012). Fruit Flies (Diptera: Tephritoidea): Biology, Host Plants, Natural Enemies, and the Implications to Their Natural Control, Integrated Pest Management and Pest Control - Current and Future Tactics, Dr. Sonia Soloneski (Ed.), ISBN: 978-953-51-0050-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/integrated-pest-management-and-pest-control-current-and-future-tactics/>

fruit-flies-diptera-tephritoidea-biology-host-plants-natural-enemies-and-the-implications-to-their-n

- Ullah, F; Wardak, H; Badshah, H; Ahmad, A; Kakar, M. 2015. Response of male fruit fly (Diptera: Tephritidae) to various food essences in Methyl Eugenol and Cue-Lure baited traps. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3(5):239-245.
- Vásquez, L. 2000. Comparación de tipos de trampas y atrayentes para la captura de hembras de *Ceratitis capitata*. *Manejo Integrado de Plagas* 56:31-37.
- Zahler, P. 1991. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em dois pomares de manga (*Mangifera indica*) do Distrito Federal: Levantamento de especies e flutuação populacional. *Ceres* 38(217):206-216.

## Efecto de la aplicación de fungicidas para el control del tizón foliar sobre los componentes de rendimiento de híbridos de maíz

### Effect of fungicide application for leaf blight control on yield components in maize hybrids

Javier A. Fernández\*, Celsa N. Balbi, María A. Cundom

Universidad Nacional del Nordeste (FCA-UNNE). Corrientes, Argentina.

\*Correo electrónico: jav16fer@gmail.com

#### RESUMEN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) está continuamente expuesto a estreses bióticos. Situación que se acentúa en el norte de Argentina, donde la enfermedad más frecuente que lo afecta es el tizón foliar causada por *Exserohilum turcicum*. Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de fungicidas para el control del tizón foliar sobre los componentes de rendimiento de híbridos de maíz, se instaló experimento en la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Corrientes, Argentina. Se evaluaron cuatro híbridos ('P1833H', '31Y05HR', 'P2049H' y 'P1780Y') sembrados en fecha tardía, en combinación con cinco momentos de aplicación de fungicida. Los momentos con fungicida (Picoxystrobina 20% + Cyproconazole 8%) fueron: control sin aplicación (M1), aplicación entre V8 y V10 (M2), aplicación en R1 (M3), aplicación en R4 (M4), y tres aplicaciones (2+3+4) (M5). Se analizó incidencia de tizón, biomasa, rendimiento en grano y sus componentes. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en rendimiento, con respecto a híbridos y a momentos de aplicación ( $P=0,0001$ ). En R5, los menores niveles de incidencia se presentaron para la aplicación en R1 (M3) y las tres aplicaciones (M5). En cuanto a los componentes del rendimiento, entre los tratamientos con fungicida, la variable afectada fue el peso de mil granos (PMG). Por otro lado, el número de granos (NG) también mostró diferencias significativas, aunque con mayor énfasis entre híbridos ( $P=0,0001$ ). La incidencia de tizón foliar afectó negativamente el rendimiento, con reducción del número de granos en etapas tempranas y restricción del llenado de granos en los estadios tardíos.

**Palabras clave:** estrés biótico, *Exserohilum turcicum*, incidencia, *Zea mays*.

Recibido: 24/02/16 Aprobado: 13/12/16

#### ABSTRACT

Corn crop (*Zea mays* L.) is continuously exposed to several biotic stresses. Situation that is accentuated in northern Argentina, where the most frequent disease that affects it is the leaf blight caused by *Exserohilum turcicum*. In order to evaluate the effect of the application of fungicides for the control of leaf blight on the performance components of corn hybrids, an experiment was installed at the National University of the Northeast (UNNE), Corrientes, Argentina. Four hybrids ('P1833H', '31Y05HR', 'P2049H' and 'P1780Y') planted-late were evaluated, in combination with five moments of a fungicide application. The moments with fungicide (Picoxystrobin 20% + Cyproconazole 8%) were: untreated control (M1), application between V8 and V10 (M2), application at R1 (M3), application at R4 (M4), and the three joint applications (2 + 3 + 4) (M5). The incidence of blight, biomass, yield in grain and its components was analyzed. Statistically significant differences were found in yield, with respect to hybrids and application moment ( $p = 0.0001$ ). At R5, the lower levels of incidence were found for the R1 application moment (M3) and for the three applications (M5). Regarding the components of the yield, among the treatments with fungicide, the variable affected was the thousand grains weight (TGW). In addition, the number of grains (NG) also showed significant differences, although with greater emphasis between hybrids ( $P=0.0001$ ). The incidence of leaf blight negatively affected the yield, with reduction in the number of grains at early stages and restriction of grain filling in the late stages.

**Keywords:** biotic stress, *Exserohilum turcicum*, incidence, *Zea mays*.

## INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es un rubro de importancia económica, por su uso para la alimentación humana, animal y la producción de etanol (de Souza 2007). Argentina es uno de los primeros países productores de maíz, principalmente en las provincias Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires.

Las provincias del Noreste de Argentina son consideradas zonas marginales para el cultivo de maíz; sin embargo, los futuros escenarios de producción de cereales predicen el crecimiento de los cultivos en nuevos ambientes productivos y situaciones de estreses bióticos y abióticos (Lafitte 1994). Los factores de estrés se clasifican en físicos, químicos y bióticos. Los dos primeros se agrupan bajo el término de estreses abióticos. Entre los factores bióticos se mencionan los patógenos en general (Tambussi 2004).

En todas las áreas de cultivo del mundo, el maíz a lo largo de su ciclo se encuentra expuesto a numerosas enfermedades causadas por distintos fitopatógenos. Entre estos, los hongos constituyen uno de los principales grupos, tanto por la diversidad de especies existentes, como por las pérdidas que ocasionan en los diferentes rubros agrícolas (García 2008; White 1999).

En Argentina son numerosas las enfermedades registradas, que afectan al cultivo de maíz (Laguna *et al.* 2010); muchos de los patógenos son endémicos en las regiones maiceras donde se cultiva. Se presentan, cada año, con distintos grados de intensidad, de acuerdo al cultivar, las condiciones ambientales y manejo del cultivo. En la región Noreste del país, las dos enfermedades que se presentan anualmente con distintas intensidades son el “tizón foliar común” o “tizón del norte” causado por *Exserohilum turcicum* Pass. (syn. *Helminthosporium turcicum* Pass.) y la “roya común del maíz” por *Puccinia sorghi* Schw. (Formento y Vicentin 2005).

El progreso del “tizón foliar común” o “tizón del norte” se ve favorecido por temperaturas moderadas y largos períodos de mojado foliar por lluvias o rocío. Estas condiciones se presentan comúnmente en la región y coinciden con los estados reproductivos del maíz. En tanto, los germoplasmas para condiciones templadas disponibles en el mercado argentino muestran algún grado de susceptibilidad a la enfermedad;

algunos pueden ser afectados severamente cuando se desarrollan condiciones favorables.

Existen informaciones acerca del “período crítico” en el cual el tizón foliar y otras enfermedades provocan el mayor daño al cultivo de maíz; también indican la ventana de aplicación de fungicidas, tanto en forma terrestre como aérea. De acuerdo a la escala reportada por Ritchie *et al.* (1986), entre las etapas V8 y R1 del cultivo, las aplicaciones deben realizarse cuando el promedio de lesiones por hoja es de 1-2; se consideran todas las hojas si se está en V8 o la hoja de la espiga y  $\pm 1$  a partir de Vt. El umbral de daño económico, 1-2 lesiones en dichas hojas, es bajo, pero aun así es una enfermedad más difícil de controlar comparada con la roya común del maíz.

Ensayos realizados en Jesús María (Córdoba) durante 2009-2010, en presencia de ataques muy severos de tizón foliar, mostraron la mayor eficiencia de control con doble aplicación de fungicidas en V9 y V12, en comparación con las aplicaciones individuales; los controles posteriores a R2 no exhibieron respuestas económicas positivas (Carmona 2010). Se han reportado la utilización de diferentes usos simples y en combinaciones de estrobilurinas con otras moléculas de diferente modo de acción, como triazoles, las que muestran los mejores resultados a campo e *in vitro* (Shaner *et al.* 2006; González y González-Varela 2007; Couretot *et al.* 2012).

Los estudios de enfermedades en la región Noreste de Argentina se han basado principalmente en la detección de la aparición de enfermedades en campo (Gutiérrez *et al.* 2007; Romero *et al.* 2012). No se encontraron antecedentes de trabajos realizados, en esta región, sobre el control de la enfermedad tizón foliar, con la aplicación de fungicida.

En virtud de lo expuesto, se pretende avanzar hacia la generación de información sobre el comportamiento de híbridos de maíz frente a un estrés biótico y su control en diferentes estados de desarrollo del cultivo, y así conocer estrategias que minimicen los riesgos en la producción de maíz en el Noreste de Argentina.

En esta instancia, se propuso la ejecución de este trabajo con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de fungicidas para el control del tizón

foliar sobre los componentes de rendimiento de híbridos de maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se estableció el 18 de diciembre 2013, en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (FCA-UNNE), Argentina. Las condiciones de la zona son 27° 28' 27,23" S; 58° 47' 00,66" O y 50 m.s.n.m. El suelo está clasificado como Udipsament ácuico hipertérmico de la serie Ensenada Grande (Escobaret *al.* 1996).

La región se caracteriza por su clima subtropical sin estación seca, con altas temperaturas en los meses de verano y moderados niveles de radiación solar. El régimen pluviométrico es isohidro con tendencia monzónica y las precipitaciones se concentran en los meses estivales (Bruniard 2000).

El régimen de precipitaciones es regular, con promedios anuales en toda la provincia que oscilan entre los 1.100 y 1.900 mm. La localidad de Corrientes se encuentra ubicada entre las isohietas de 1.300 y 1.400 mm. El registro de precipitaciones durante el período de crecimiento del cultivo en el ensayo (18-12-2013 hasta 23-04-2014) fue de 554,9 mm.

La siembra se realizó de forma manual, con una densidad de población de 60.000 pl.ha<sup>-1</sup> en parcelas de 25 m<sup>2</sup> de superficie, a una distancia de 52 cm entre líneas. El ensayo contó con los nutrientes necesarios y suficiente provisión de agua, mediante un sistema de riego por goteo.

El diseño experimental fue un arreglo factorial en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. Se combinaron (i) en la parcela principal cuatro híbridos y (ii) en la sub-parcela cuatro momentos y combinación de momentos de aplicación de un fungicida, más un control sin aplicación.

Los híbridos utilizados fueron 'P1833H', '31Y05HR', 'P2049H' y 'P1780Y'; todos estos de buena adaptación para fechas de siembra tardías, pero con comportamiento variable frente a la presencia de *E. turcicum* (tizón foliar).

Los diferentes momentos de control con fungicida (Picoxystrobina 20% + Cyproconazole 8%) correspondieron a: 1.Control sin aplicación (M1); 2.Aplicación entre V8 y V10 (M2); 3.Aplicación

en R1 (M3); 4.Aplicación en R4 (M4) y 5.Tres aplicaciones: 2+3+4 (M5). Las aplicaciones de los fungicidas fueron efectuadas con mochila manual, con una dosis equivalente a 600 cm<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

Se realizaron mediciones de: biomasa (g MS.m<sup>-2</sup>), con muestreos de planta entera a los 15 días antes de R1 (aparición de estigmas en el 50% de las plantas), 15 días después de R1 y madurez fisiológica. Se cortaron al ras del suelo las plantas presentes en dos metros lineales de surco. Luego se secaron en estufa a 65°C hasta peso constante (aproximadamente 72 h). Cada sección de la planta se pesó (MS) por separado para registro de la partición de asimilados.

Rendimiento en grano (kg.ha<sup>-1</sup>) y sus componentes: cuando los granos tenían una humedad de aproximadamente 25%, se realizó la cosecha. Se recolectaron las espigas de tres metros lineales de las dos líneas centrales de cada parcela. El peso seco de grano se calculó contando 1.000 granos secados a estufa con circulación forzada de aire (65°C), hasta peso constante (PMG). El número de granos (NG) por m<sup>-2</sup> se calculó mediante el cociente entre rendimiento de grano y el peso del grano (base seca).

A partir del estado de desarrollo V2, cada 15 días se monitorearon las diferentes parcelas en las cuales se registró el momento de aparición de la enfermedad en cada uno de los germoplasmas. Se determinó la incidencia (porcentaje de plantas con síntomas de tizón foliar) y el efecto de los fungicidas en cuatro momentos: V8, R1, R3 y R5. La incidencia se determinó por sintomatología a campo y se confirmó a través de observaciones macro y microscópicas (400x) en el Laboratorio de Fitopatología de la FCA-UNNE.

Se elaboraron las planillas correspondientes para el registro de datos. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y test de comparación de medias (Test LSD Fisher, Alfa: 0,05) con el programa Infostat (Di Rienzo *et al.* 2012) y EXCEL.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tratamientos testigos (sin la aplicación de fungicidas) se detectó la presencia de tizón foliar por *E. turcicum* a partir de V8, con una incidencia

promedio de 17,29% (P1833H=15,83%, 31Y05HR=20,83%, P2049H=20,00% y P1780Y=12,50%).

Se observó que en todas las etapas los híbridos con mayor incidencia de tizón foliar correspondieron a 31Y05HR y P2049H, mientras que el de menor susceptibilidad a la enfermedad fue P1780Y (Figura 1); este último cultivar propuesto comercialmente como de alta tolerancia a tizón. Los niveles de incidencia descendieron a 11,25% en R1, y luego en R3 promediaron un 13,59%.

En los tratamientos con las aplicaciones de fungicida (Picoxystrobina 20% + Cyproconazole 8%) la enfermedad se detectó afectando el cultivo, también desde el estadio del V8; su presencia descendió con las respectivas aplicaciones.

En R5 todos los híbridos presentaron menores niveles de incidencia para los cuatro momentos de aplicación, comparado con el testigo (incidencia=21,92%); aunque la presencia de la enfermedad fue menor para la aplicación en R1 (M3) y para las tres aplicaciones conjuntas en V8,

R1 y R4 (M5), con incidencia=9,68% y 3,95%, respectivamente (Figura 2). Estos resultados, considerados de baja incidencia, coinciden con los reportados por Carmona (2010), en los ensayos realizados en Jesús María (Córdoba) durante la campaña 2009-2010, con presencia de ataques muy severos de tizón.

Los resultados de rendimiento promedio arrojaron diferencias estadísticamente significativas ( $P=0,0001$ ) con respecto a híbridos y a momentos de aplicación, entre 4.441 y 10.354 kg.ha<sup>-1</sup>, con una media de 8.001 kg.ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1). En concordancia con los registros de incidencia en las distintas parcelas, los tratamientos con mayores rendimientos fueron para la aplicación en R1 y para las aplicaciones en V8, R1 y R4, simultáneamente.

Los datos de biomasa aérea total del cultivo expresados en materia seca (g MS.m<sup>-2</sup>) al momento de madurez fisiológica se condicen con los resultados de rendimiento en grano, expresando diferencias entre híbridos. Los de mayor producción en biomasa resultaron P1780Y y P1833H, con 2.060,97 y 1.898,80 g

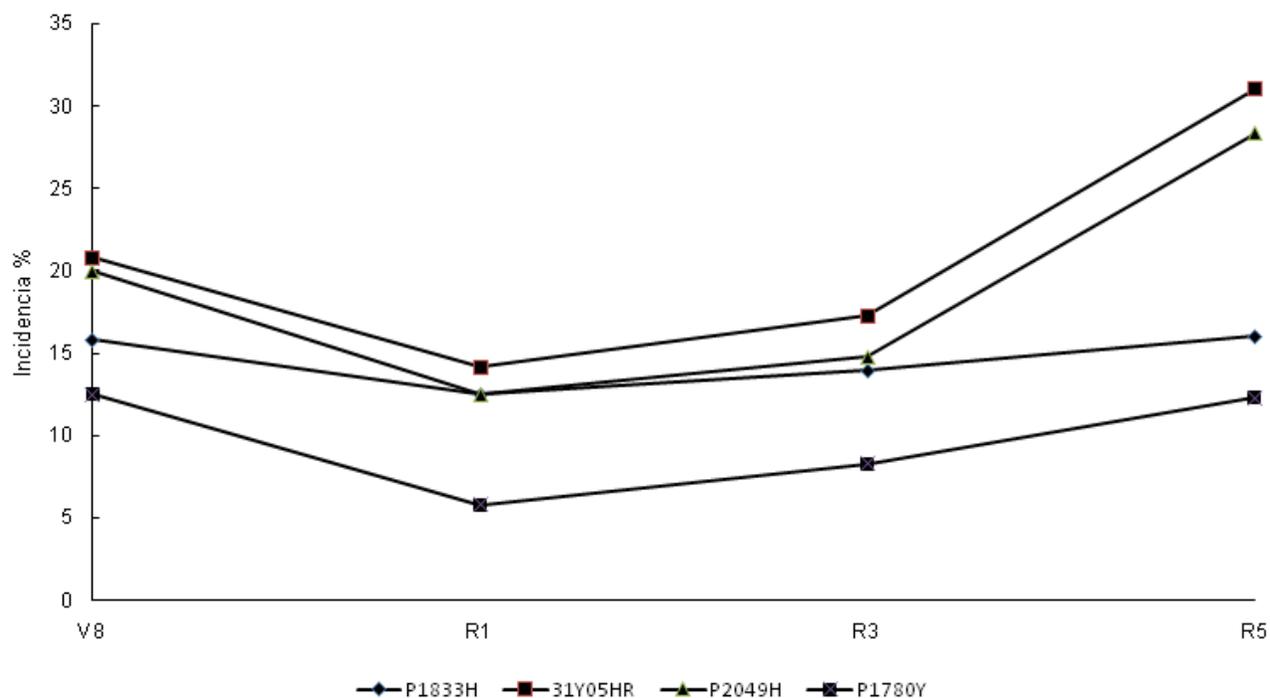


Figura 1. Incidencia de tizón foliar (*E. turcicum*) durante el ciclo del cultivo en parcelas testigos, sin aplicación de fungicida para cuatro híbridos de maíz.

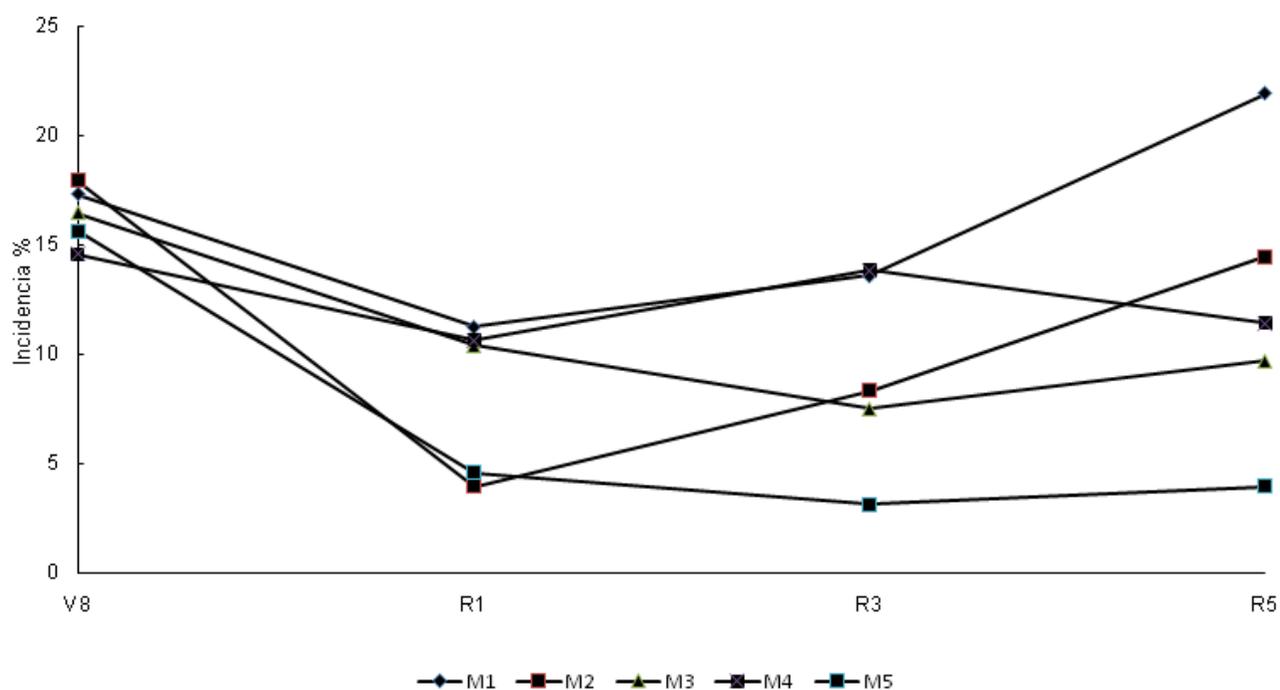


Figura 2. Incidencia de tizón foliar durante el ciclo del cultivo, según el momento de aplicación de fungicida (Picoxystrobina 20% + Cyproconazole 8%).

M1: control sin aplicación; M2: aplicación entre V8 y V10; M3: aplicación en R1; M4: aplicación en R3 y M5: tres aplicaciones (2+3+4).

Cuadro 1. Rendimiento en grano (kg.ha<sup>-1</sup>), según momento de control con fungicida (Picoxystrobina 20% + Cyproconazole 8%) en cuatro híbridos de maíz de siembra tardía.

Momento de control con fungida	Rendimiento en grano (kg.ha <sup>-1</sup> ) de los híbridos				Medias
	P1833H	31Y05HR	P2049H	P1780Y	
M1 (Testigo sin aplicación)	6903,34	4441,05	6275,08	7175,59	6198,77 a
M2 (V8)	7313,79	6296,29	6696,86	9119,10	7356,52 b
M3 (R1)	9115,36	7266,51	8824,34	10216,92	8855,79 c
M4 (R4)	8108,29	6869,81	7362,18	9073,76	7853,52 b
M5 (V8 + R1 + R4)	10028,82	8959,05	9637,38	10354,99	9745,07 d
Medias	8293,93 c	6766,55 a	7759,18 b	9188,07 d	8001,93

Letras distintas indican diferencias significativas, Test LSD Fisher (P ≤ 0.05).

MS.m<sup>-2</sup>, respectivamente (Cuadro 2). También, se hallaron diferencias entre momentos de aplicación de fungicida, notorias tanto para la proporción de tallos y hojas, como para la partición hacia la espiga.

En esto, destaca la aplicación en R1 que arrojó un valor de 1.928,46 g MS.m<sup>-2</sup>, que comparado

a los 1.295,32 g MS.m<sup>-2</sup> del testigo representa un aumento de 48,9%.

De acuerdo a la evolución en el tiempo de la producción de MS, se aprecia que 15 días antes de R1, prácticamente no existían diferencias entre tratamientos. Estas se originaron durante los estadios reproductivos, posteriores a

Cuadro 2. Biomasa (g MS.m<sup>-2</sup>) a madurez fisiológica y sus particiones, evaluados en cuatro híbridos y cinco momentos de control con fungicida.

Híbridos	Tallo y hojas (g MS.m <sup>-2</sup> )	Espiga (g MS.m <sup>-2</sup> )	Total (g MS.m <sup>-2</sup> )	Incremento con respecto al testigo (%)	Índice de cosecha (%)
P1833H	1052,15 a	846,64 a	1898,80 b	-	44,59
31Y05HR	741,10 b	692,54 c	1433,65 c	-	48,31
P2049H	706,15 b	792,52 b	1498,67 c	-	52,88
P1780Y	1124,61 a	936,36 a	2060,97 a	-	45,43
DMS (0.05)	153,48	81,15	132,13	-	-
Momento de control con fungida					
M1 (testigo sin aplicación)	659,21 d	636,11 d	1295,32 d	-	49,11
M2 (V8)	773,92 cd	753,78 c	1527,70 c	17,94	49,34
M3 (R1)	1027,45 b	901,02 b	1928,46 b	48,87	46,72
M (R4)	862,17 bc	800,85 c	1663,02 c	28,38	48,16
M5 (V8+R1+ R4)	1207,29 a	993,32 a	2200,61 a	69,89	45,14
Medias	906,00	817,01	1723,02	-	47,42
DMS (0.05)	171,60	90,73	147,73	-	-
CV %	26,85	15,75	12,16	-	-

DMS (0.05) = diferencia mínima significativa al nivel de significancia del 5%. CV (%) = coeficiente de variación en %. Letras distintas indican diferencias significativas, Test LSD Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

floración (Figura 3). La figura muestra que existieron variaciones entre tratamientos en el incremento de MS a través del tiempo, especialmente durante las etapas de llenado de grano; lo que indica que la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en dicho período podría haber sido afectada.

En cuanto a los componentes del rendimiento de los híbridos, la variable afectada principalmente fue el NG ( $<P=0.0001$ ), con medias entre 2.640,08 granos.m<sup>-2</sup> (31Y05HR) y 3.589,05 granos.m<sup>-2</sup> (P1780Y). Para los momentos de aplicación de fungicida también existieron diferencias notorias respecto a NG, aunque la mayor significancia fue para la variable PMG entre los tratamientos ( $P=0.0001$ ). Esto evidenció el incompleto llenado de las espigas que tenían altos niveles de incidencia de la enfermedad durante los estadios reproductivos posteriores a R1 (Cuadro 3).

Los resultados coinciden con otros estudios, donde en lotes con altos niveles de intensidad de tizón foliar común se observó madurez anticipada, incompleto llenado de espigas y disminución del peso de los granos (Couretot 2011). Las diferencias entre híbridos respecto a PMG no fueron significativas.

A partir de estos datos se logró realizar un análisis multivariado a través de un gráfico de dispersión. En este se representan el rendimiento y sus componentes (NG y PMG), y su relación con la incidencia de tizón en los sucesivos estadios fenológicos (V8, R1, R3 y R5) del cultivo (Figura 4). Se observa que la presencia de la enfermedad afectó negativamente el rendimiento; por la reducción del número de granos con incidencia en etapas tempranas (V8 y R1) y la restricción del llenado de granos, cuando la enfermedad se manifestó en estadios reproductivos tardíos (R3 y R5).

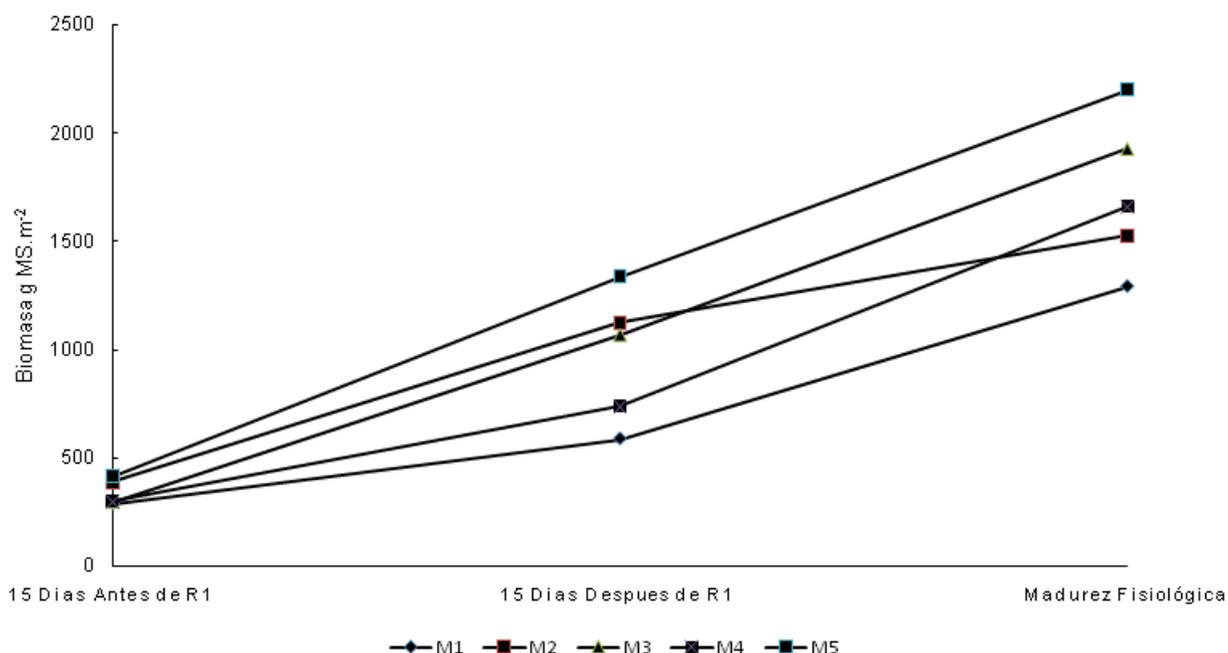


Figura 3. Evolución de la biomasa total del cultivo durante el período reproductivo según el momento de aplicación del fungicida.

M1: control sin aplicación; M2: aplicación entre V8 y V10; M3: aplicación en R1; M4: aplicación en R3 y M5: tres aplicaciones (2+3+4).

Cuadro 3. Rendimiento en grano (kg.ha<sup>-1</sup>) y sus componentes peso de mil granos y número de granos por tratamiento de control con fungicida.

Momento de aplicación	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )	PMG (g)	NG.m <sup>-2</sup>	Incremento de rendimiento respecto al testigo (%)
M1 (testigo sin aplicación)	6198,77 a	210,62 a	2923 a	-
M2 (V8)	7356,52 b	239,03 b	3084 ab	18,68
M3 (R1)	8855,79 c	277,52 d	3201 bc	42,86
M4 (R4)	7853,52 b	260,95 c	3018 ab	26,69
M5 (V8+R1+R4)	9745,07 d	294,40 e	3333 c	57,21
Medias	8001,93	256,50	3112	
DMS (0.05)	593,52	7,95	223,40	
CV %	21,32	8,91	20,64	

DMS (0.05)=diferencia mínima significativa al nivel de significancia del 5%. CV %=coeficiente de variación en %. Letras distintas indican diferencias significativas, Test LSD Fisher (P≤ 0.05).PMG: peso de mil granos y NG: números de granos.

### CONCLUSIONES

La presencia de tizón foliar (*E. turcicum*) se detectó desde el estadio V8. Con variación durante los estadios del cultivo, entre los distintos híbridos de maíz evaluados y con los tratamientos de control. La mayor presencia de

la enfermedad, se presentó hacia fines de ciclo fenológico, lo que restringió el llenado de granos y afectó negativamente el rendimiento.

Con respecto a los componentes del rendimiento, la variable que mejor explicó las diferencias entre híbridos fue el número de granos (NG). No se

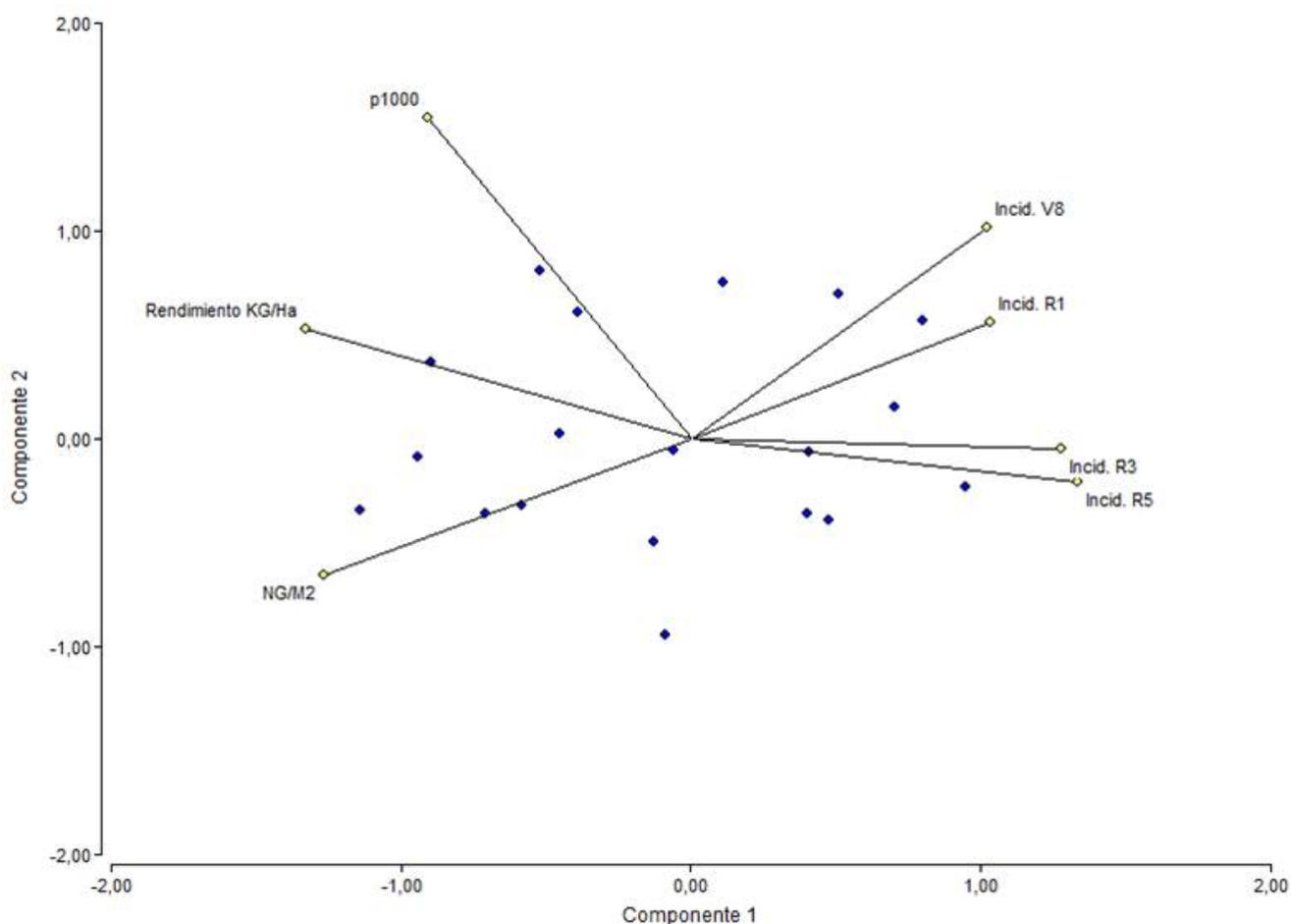


Figura 4. Análisis de componentes principales de las variables rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y sus componentes pesos (g) de mil granos (PMG) y números de granos (NG) por  $\text{m}^{-2}$ , e incidencias en distintos momentos (V8, R1, R3 y R5).

encontraron diferencias significativas en el peso de mil granos (PMG) entre los híbridos. Para los momentos de aplicación de fungicida existieron diferencias notorias respecto al NG, aunque la mayor significancia fue para la variable PMG.

Los tratamientos con mayor rendimiento en grano fueron para la aplicación en R1 (floración femenina) y para las tres aplicaciones acumuladas (en V8, R1 y R4), que correspondieron a M4 y M5, respectivamente.

Dado que las condiciones que propician el avance de la enfermedad se presentan especialmente ante fechas de siembras tardías de maíz, en la región noreste de Argentina, se recomienda monitorearla en el desarrollo del cultivo para

evaluar la necesidad o no de un tratamiento con fungicida.

### LITERATURA CITADA

- Bruniard, E. 2000. Los regímenes climáticos y la vegetación natural. Aportes para un modelo fitoclimático mundial. Academia Nacional de Geografía. Publicación Especial N° 16. Buenos Aires, Argentina. 79 p.
- Carmona, M. 2010. Determinantes de la decisión de aplicación de fungicidas en soja y maíz. Conferencia de Congreso Mundo Soja-Maíz 2010. Buenos Aires, Argentina. 15-16 junio de 2010. (Actas).

- Couretot, L. 2011. Principales enfermedades del cultivo de maíz. VI Jornada de Actualización Técnica de Maíz. Pergamino, Argentina. 9 Agosto de 2011. (Actas).
- Couretot, L; Parisi, L; Ferraris, G; Magnone, G. 2012. Efecto de fungicidas foliares y momento de aplicación sobre la severidad de tizón foliar y enfermedades de raíz y tallo en maíz. XIV Jornadas Fitosanitarias Argentinas. 65 p. (Resúmenes).
- De Souza, J. 2007. Enfermedades del maíz en Entre Ríos. Actualización Técnica. Maíz, Girasol y Sorgo. INTA EEA Paraná, Argentina. Serie Extensión N° 44: 80-85.
- Di Rienzo, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2012. InfoStat versión 2012 (en línea). Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado: 28 feb. 2016. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>
- Escobar, EH; Ligier, D; Melgar, M; Matteio, H; Vallejos, O. 1996. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Provincia de Corrientes, Argentina. Publicación del Convenio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-ICA) y Provincia de Corrientes-CFI, Argentina. 129 p.
- Formento, AN; Vicentín, G. 2005. Mancha ocular en maíz (*Aureobasidium zeae* Syn. *Kabatiella zeae*). INTA EEA Paraná, Argentina. Consultado: 02 dic. 2013. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccionvegetal/maiz/enfermedad/20314>
- García M, PJ; Cabrera P, SR; Sánchez, JJ; Pérez C, AA. 2008. Evaluación de un biofungicida para el control de la mancha bandeada del maíz causada por *Rhizoctonia solani* Kühn en siembras comerciales en Portuguesa, Venezuela. *Agronomía Tropical* 58(4): 383-390.
- González, AJ; González-Varela, G. 2007. Ensayos in vitro de fungicidas frente a *Exserohilum turcicum*, agente causal del tizón norteño del maíz, en Asturias. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*. 33:289-295.
- Gutiérrez, SA; Cundom, MA; Gasoni, L; Barrera, V. 2007. First record of *Rhizoctonia zeae* on corn in Argentina. *Australasian Plant Disease. Notes* 2: 137-138.
- Laguna, IG; Nome, SF; Conci, L; Conforto, C; Eyherabide, G; Giménez MD; Pecci, C; González, M; Guzmán, F; Incremona, M; Lenardon, S; Marino de Remes, AM; Pérez, BA; Presello, D; Rodríguez Pardina, P; Sagadin, M; Sillón, M; Truol, G; Copia, P; Botta, G. 2010. Enfermedades de *Zea mays* L. (maíz) en Argentina. *Atlas Fitopatológico Argentino* 3(1). Eds. Nome, SF; Docampo, DM y Conci, LR. ISSN 1851-8974.
- Lafitte, HR. 1994. Identifying Production Problems in Tropical Maize: A Field Guide. México, D.F. CIMMYT. 122 p.
- Ritchie, SW; Hanway, JJ; Benson, GO. 1986. How a corn plant develops. Iowa State Univ. Coop. Ext. Serv. Spec. Rep. 48. 21 p.
- Romero, JL; Cúndom, MA; Bóbeda, G; Galdeano, E. 2012. Curvas de progreso del tizón foliar del norte y la roya común del maíz en Chaco, Argentina. Congreso Paulista de Fitopatología. San Pablo, Brasil. 14-16 febrero de 2012. (Actas).
- Shaner, G; Buechley, G; Johnson, R. 2006. Control of leaf diseases of seed corn in Indiana with foliar fungicides, 2005. F&N Tests, Report No. 61:FC037.
- Tambussi, EA. 2004. Fotosíntesis, fotoprotección, productividad y estrés abiótico: algunos casos de estudio. Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona, España. 42 p.
- White, DG. 1999. Compendium of corn diseases. Ed. American Phytopathological Society, St. Paul, MN., USA. 3rd Ed. 78 p.



## Patogenicidad de nematodos entomopatógenos nativos sobre dos moscas de importancia agrícola en Venezuela

### Pathogenicity of native entomopathogenic nematodes on two flies of agricultural importance in Venezuela

Ligia Carolina Rosales<sup>1\*</sup>, Renato Crozzoli<sup>2</sup>, Liliana Puente<sup>1</sup>, Eutimio González<sup>3</sup>, Ana Castillo<sup>3</sup>, Pedro Morales<sup>1</sup>, Mayra Rodríguez H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA CENIAP), Maracay, Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía (UCV-FAGRO), Instituto Zoológico Agrícola. <sup>3</sup>UCV-FAGRO, Instituto Química Agrícola, Maracay, Venezuela. <sup>4</sup>Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), Laboratorio Nematología, San José de las Lajas, Cuba.

\*Correo electrónico: carolina.rosalesa@gmail.com

#### RESUMEN

Los cultivos de frutas y hortalizas son afectados por insectos plaga que disminuyen la producción o la calidad. El uso de nematodos entomopatógenos surge como una alternativa de control, por su inocuidad al ambiente y fácil utilización. Para conocer la potencialidad de cepas venezolanas, se evaluó la patogenicidad de tres cepas nativas de nematodos entomopatógenos sobre dos plagas de interés agrícola en el país. Se efectuaron bioensayos con las cepas INIA-4, INIA-9 e INIA-11. Se inocularon fases larvales de *Anastrepha obliqua* y *Bradysia difformis*. Se aplicaron cinco dosis de cada cepa (100; 400; 800; 1.200 y 1.600 JI/mL) y se determinó la mortalidad de los insectos a las 24; 48 y 72 h. Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente por el método no paramétrico de Kruskal-Wallis y las medias con la prueba de comparaciones por pares ( $P < 0,05$ ). Para calcular la  $DL_{50}$  se efectuó un análisis probit. Todas las cepas exhibieron patogenicidad. En larvas del último instar de *A. obliqua* (Cepa INIA-9) se obtuvo una mortalidad del 100% con las dosis de 80 JI/mL y superiores. El análisis Probit indica que la Cepa INIA-11 presentó la  $DL_{95}$  más baja con un valor de 28,00 JI/mL para *A. obliqua*; seguida de la cepa INIA-9 con 57,01 JI/larva para *B. difformis*. Los resultados obtenidos evidencian la potencialidad de estos organismos como controladores biológicos de las plagas señaladas, que puede ser reproducido de forma masiva y utilizarse como una alternativa dentro de un programa de Manejo integrado de plagas.

**Palabras clave:** control biológico, *Fungus gnat*, *Heterorhabditis*, manejo integrado de plagas.

Recibido: 18/04/16 Aprobado: 15/11/16

#### ABSTRACT

Fruit and vegetable crops are affected by pest insects that reduce production or quality. The use of entomopathogenic nematodes emerges as an alternative control due to its innocuousness to the environment and its easy use. In order to know the potential use of Venezuelan strains, the pathogenicity of three native strains of entomopathogenic nematodes was evaluated on two pests of agricultural interest in the country. Bioassays were carried out using the INIA-4, INIA-9 and INIA-11 strains. Larval stages of *Anastrepha obliqua* and *Bradysia difformis* were inoculated. Five doses of each strain were applied (100, 400, 800, 1,200 and 1,600 JI / mL) and insect mortality was determined at 24, 48 and 72 h. Statistic analyses were performed using the Kruskal-Wallis non parametric test and the pair wise comparison test. A Probit analysis was used in order to calculate the LD50. All strains exhibited pathogenicity. Total mortality was obtained in the last instar larvae of *A. obliqua* (INIA-9 strain) at 80 JI / mL and higher dose. The Probit Analysis indicates that the INIA-11 strain presented the lowest LD95 value of 28.00 IJ / mL for *A. obliqua*; followed by the INIA-9 strain with 57.01 IJ/larvae for *B. difformis*. The results obtained show the potential use of the mentioned nematodes as a biological control over the indicated pests. It also offers a native microorganism that can be massively reproduced and used within an integrated pest management program.

**Key words:** biological control, *Fungus gnat*, *Heterorhabditis*, integrated pest management.

## INTRODUCCION

En Venezuela, para el control de insectos plagas en los cultivos se usan numerosos productos químicos. Estos, aplicados en exceso pueden alterar el equilibrio ambiental, causar la aparición de resistencia en los insectos plaga y desequilibrar las poblaciones de artrópodos beneficiosos. Situación compleja que propicia un incremento en la demanda de otras alternativas de manejo selectivo y menos agresivas al ambiente (García y Zambrano 2007).

Los cultivos de frutas y hortalizas no escapan a esa situación. Estos son afectados por numerosas plagas que requieren ser controladas. La producción de esos rubros se dirige al consumo fresco, principalmente; por esto, las regulaciones sobre límites de residuos permitidos son un factor determinante para la comercialización. Pérez *et al.* (2013) reportan que en evaluaciones de hortalizas hasta el 50% presentaron residuos químicos. Esto representa un riesgo a la salud humana y refuerza la necesidad de usar alternativas diferentes al control químico.

Entre las plagas más comunes de frutas y hortalizas están las moscas. La mosca del mango *Anastrepha obliqua* Mcquart (Diptera:Tephritidae) constituye una limitante al cultivo del mango. Se reportan pérdidas de hasta 30% por los daños que causan las fases larvales, de *A. obliqua*, al alimentarse de la pulpa del fruto. Los adultos, generalmente, no producen daño (Barranco 2003). La mosca negra, *Bradysia difformis* Frey, 1948 (Diptera:Sciaridae), en su fase larval, causa estragos en semilleros de hortalizas, frutales y en plantas ornamentales porque se alimenta de las raíces e impide el apropiado desarrollo de las mismas (Villanueva *et al.* 2013)

Los nematodos entomopatógenos se utilizan en el manejo de plagas, con demostrada eficacia, en diversos países (Sánchez 2002; López-Nuñez 2006; Quintero *et al.* 2012; Stock y Goodrich 2012). En el mercado venezolano son insuficientes los productos a base de estos nematodos y es necesario aumentar la producción como valiosos biorreguladores. Aun cuando existen trabajos precedentes de aislamiento, diagnóstico y evaluación de nematodos entomopatógenos (Rosales y Suárez 1998; Xuejuan *et al.* 2000;

San Blas *et al.* 2015), en el país, no es común el uso por la poca disponibilidad comercial.

El objetivo de este estudio fue evaluar la patogenicidad de tres cepas nativas de nematodos entomopatógenos sobre dos plagas de interés agrícola. Se pretende obtener cepas seleccionadas de comprobada efectividad para el desarrollo masivo de productos a base de nematodos entomopatógenos para uso agrícola en Venezuela.

## MATERIALES Y METODOS

### Mosca del mango (*A. obliqua*)

Para el estudio fueron utilizadas las cepas nativas: INIA-4, INIA-9 e INIA-11, todas colectadas en Venezuela. Se utilizaron larvas de *A. obliqua* de una población silvestre provenientes de frutos de mango colectados en la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (FAGRO-UCV), Maracay. Se evaluó la mortalidad de las larvas cuando se encontraban en sus dos últimos instares; esto corresponde con el momento en que salen las larvas de los frutos y caen al suelo y son susceptibles de ser atacadas por los nematodos.

**Bioensayo 1.** En placas Petri de 6 cm de diámetro, forradas internamente con papel de filtro, se colocó 1 mL de suspensión de cada una de las cepas: INIA-4, INIA-9 e INIA-11, que contenía 100; 400; 800; 1.200 y 1.600 juveniles infectivos (JI)/mL. Luego se colocaron 10 larvas por placa, se sellaron con parafilm incubaron a 28°C y se registró la mortalidad a las 24; 48 y 72 h. Se realizaron 15 repeticiones/tratamiento más cinco placas testigo, que se asperjaron con agua destilada estéril.

**Bioensayo 2.** Se prepararon las unidades experimentales en envases plásticos que contenían 300 cm<sup>3</sup> de suelo estéril. Posterior a la inoculación de los JI de nematodos se colocaron 10 larvas de moscas del último instar. Cada tratamiento se replicó 10 veces y los envases se distribuyeron al azar en el umbráculo de Protección Vegetal del INIA-CENIAP, con una temperatura promedio de 32±3,2°C y una HR de 72%.

La concentración de JI fue la recomendada por Toledo *et al.* (2006), de 125 JI/cm<sup>2</sup> aplicados a

la superficie del sustrato en los envases. Las evaluaciones se efectuaron a los 2; 4; 6 y 8 días después de la inoculación, cuando los envases se transportaron al laboratorio. El sustrato se tamizó para ubicar las larvas y pupas con síntomas de parasitismo, las cuales fueron colocadas en placas Petri y disectadas para confirmar la presencia de nematodos.

### **Mosca Negra o Fungus gnat (*Bradysia difformis*)**

En este caso se usaron dos cepas INIA-9 e INIA-11. Se utilizaron larvas de tercer y cuarto instar de una población silvestre de *B. difformis* que causan daños a las raíces de plantas. Las larvas provienen de raíces de plántulas de pimentón, sembradas en bandejas de germinación dentro de casas de cultivo del estado Aragua.

**Bioensayo 3.** En placas Petri de 6 cm de diámetro, forradas internamente con papel de filtro, se colocó 1 mL de suspensión de cada una de las poblaciones, que contenía 100; 400; 800, 1.200 y 1.600 JI/mL. Se colocaron 10 larvas/placa. Las placas se sellaron con parafilm y se incubaron a 28°C. Se determinó la mortalidad a las 24; 48 y 72 h. Se realizaron 15 repeticiones/tratamiento, más cinco placas testigo con agua destilada estéril.

La mortalidad se determinó con observación de los síntomas típicos de inmovilidad del insecto, detención de la alimentación, cambio de coloración y con una disección de los insectos al sexto día de la inoculación.

Para todas las pruebas, la comparación de mortalidad entre aislamientos se realizó con el análisis no paramétrico de Kruskal Wallis y la prueba de comparación de pares (Statistix 8.0).

Se calculó la  $DL_{50}$  y  $DL_{95}$ , con el análisis Probit, programa INISAV (2001).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Potencialidad de las poblaciones seleccionadas como biorreguladoras de dos insectos plaga de importancia en Venezuela.

### **Mosca del mango *A. obliqua***

Las tres cepas evaluadas sobre las larvas de *A. obliqua* causaron parasitismo. No se detectaron diferencias significativas en la mortalidad, lo cual indica similar efectividad de las tres contra este insecto (Cuadro 1).

Con respecto a la acción individual de cada una de las cepas, si se observaron diferencias significativas. INIA-4 e INIA-11 causaron altos valores de mortalidad en larvas de *A. obliqua* con las dosis de 100 y 400 JI/mL, con promedios de mortalidad de 76 y 90%, respectivamente y de 100% con las dosis  $\geq$  800 JI/mL. La cepa INIA-9 logró el 100% de mortalidad con una dosis de 1.200 JI/mL. La cepa INIA-11 presentó diferencias estadísticas significativas con respecto al testigo en la dosis más baja. Las otras cepas mostraron diferencias significativas con relación al testigo a partir de la dosis de 100 JI/mL, tal como se detalla en el Cuadro 2.

A partir de la dosis de 400 JI/mL las cepas en estudio presentaron un comportamiento similar. Asimismo, se observa que la cepa INIA-11 obtuvo 100% de mortalidad a las 48 h con la dosis de 1.200 JI/mL, mientras que, la cepa INIA-4 se obtuvo con la dosis de 1600 JI/mL. La cepa INIA-9 necesitó 72 h para alcanzar 100% de mortalidad.

Cuadro 1. Valores promedios y total de mortalidad para larvas de *A. obliqua* a las 72 h de inoculación *in vitro*, con tres cepas de nematodos entomopatógenos.

Cepas de nematodos entomopatógenos	Promedio de larvas muertas por placa Petri	Total general de larvas muertas	Mortalidad (%)
INIA-4	7,16 $\pm$ 4,09 a	645	86,00
INIA-9	7,78 $\pm$ 3,55 a	701	93,46
INIA-11	8,12 $\pm$ 3,60 a	731	97,46

Los valores señalados con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas entre sí, según la prueba de comparación por pares ( $P > 0,05$ )

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad de larvas de *A. obliqua* entre 24 y 72 horas con diferentes concentraciones de tres cepas de nematodos entomopatógenos.

Concentración Juveniles Infecciosos/mL	Mortalidad (%)								
	Cepa INIA - 4			Cepa INIA- 9			Cepa INIA - 11		
	Horas			Horas			Horas		
	24	48	72	24	48	72	24	48	72
0	2a	2a	2a	2a	3a	3a	0a	1a	2a
100	2a	24b	34a	24b	32b	76b	40b	80b	90b
400	20b	72c	94b	46bc	66b	90bc	54b	78b	94b
800	40b	88c	100b	62c	72b	98c	62bc	94bc	100b
1200	72c	92bc	100 b	68c	90c	100c	80c	100c	100b
1600	64c	100 c	100b	70 c	92 c	100c	88c	100c	100b

Los valores señalados con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas entre sí, según la prueba de comparación por pares ( $P>0,05$ ).

Es importante resaltar, que el análisis Probit es usado comúnmente para evaluar productos cuyo ingrediente activo es una molécula química. Cuando se trabaja con organismos vivos, el análisis Probit permite hacer una aproximación al comportamiento de estos organismos, al incrementar la dosis de aplicación. Siempre van a intervenir un sin número de variables externas y otras intrínsecas de los nematodos entomopatógenos. La interacción de esas variables es la que determinará la acción final de los nematodos en el bioensayo. Aunado a esto, influye la procedencia de la plaga a evaluar, bien sea de una cría estandarizada de laboratorio o de una población silvestre, donde hay más heterogeneidad del material de trabajo en cuanto a edad y procedencia genética.

Reyes (2003) evaluó en larvas de tercer estadio de *Anastrepha luden* Loew, la dosis de 2.000 JI/mL y obtuvo los siguientes valores de mortalidad: *Heterorhabditis indica* 71,13%; *Steinernema carpocapsae* cepa All 51,2%; *Heterorhabditis bacteriophora* HP88 47,9% y *Steinernema riobrave* 38,6%.

En un estudio de la infectividad de *H. bacteriophora* al tercer instar de *Anastrepha serpentina* Wiedemann, bajo condiciones de laboratorio, Toledo *et al.* (2006) encontraron que se requieren dosis de 36 JI/cm<sup>2</sup> para alcanzar 50% de mortalidad; así como, valores cercanos a los 700 JI/cm<sup>2</sup> para obtener 90% de mortalidad,

lo que se considera un nivel significativo de control de esta plaga. Igualmente, Heve *et al.* (2016) lograron control de larvas y pupas de *Anastrepha suspensa* con dosis de 200 JI/mL en condiciones de laboratorio.

Otra especie de mosca de fruta, estrechamente relacionada, *Ceratitits capitata* Wiedemann, 1824 (Diptera: Tephritidae), se ha controlado con estos nematodos obteniéndose desde 33,8 hasta 98,5% de efectividad, al asperjar 50 JI/pupa o 100 JI/larva (Da Silva *et al.* 2009; Rhode 2010; De Minas *et al.* 2011). Los autores evidenciaron que los nematodos entomopatógenos tienen amplio rango de acción; en todos los casos hay un porcentaje de mortalidad que contribuye a la reducción de la plaga.

Con respecto al análisis Probit se encontró el valor más bajo de DL<sub>50</sub> en la cepa INIA-11 con 0,04 JI/mL, seguido de INIA-9 con 2,91 JI/mL e INIA-4 con DL<sub>50</sub> de 26,73 JI/mL (Cuadro 3).

Los intervalos de confianza de las tres cepas se solapan para cada una de estas; por lo que, se puede asumir que la misma dosis utilizada para lograr una mortalidad de 50% de la población, servirá para provocar la muerte del 95% de la plaga evaluada. En las Figuras 1, 2 y 3 se observa la representación gráfica de la mortalidad de cada cepa en función de la concentración de aplicación. Por la pendiente de la recta, en estas, se evidencia que la cepa

INIA-11 ejerce una acción más virulenta y rápida a menor concentración, seguida de INIA-9.

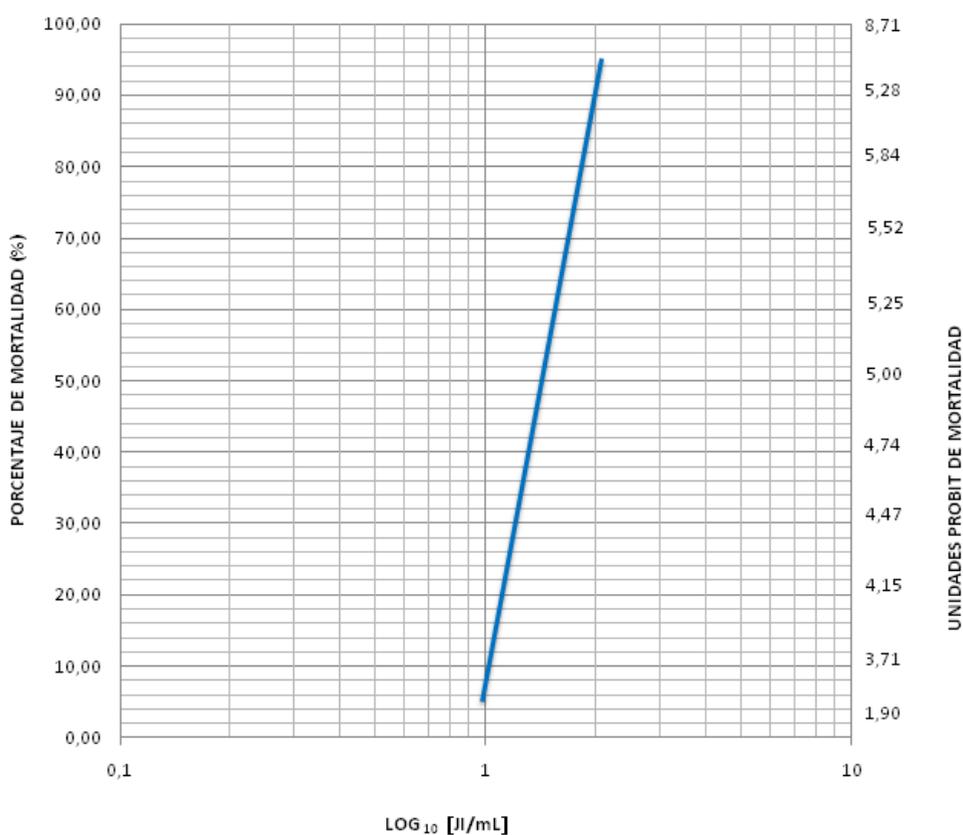
Toledo et al. (2009) utilizaron *S. carpocapsae* asperjado en arena que contenían larvas de *A. obliqua* del último instar y obtuvieron una  $DL_{50}$  de 157 IJ/cm<sup>2</sup>. Barbosa-Negrisoni et al. (2009) evaluaron *H. bacteriophora* Poinar RS88 y *S. riobrave* Cabanillas, Poinar & Raulston RS59, sobre larvas del último instar de *Anastrepha fraterculus* Wiedemann (Diptera:Tephritidae) encontrando  $DL_{90}$  de 1630; 457 y 2851; 423 JI/cm<sup>2</sup>, respectivamente, para los dos nematodos mencionados previamente.

Foekel et al. (2016) encontraron valores de  $DL_{50}$  de 96.3 y  $DL_{90}$  de 314 para *A. obliqua*. En el uso

Cuadro 3. Valores del análisis Probit, para *A. obliqua* inoculadas con tres cepas de nematodos entomopatógenos.

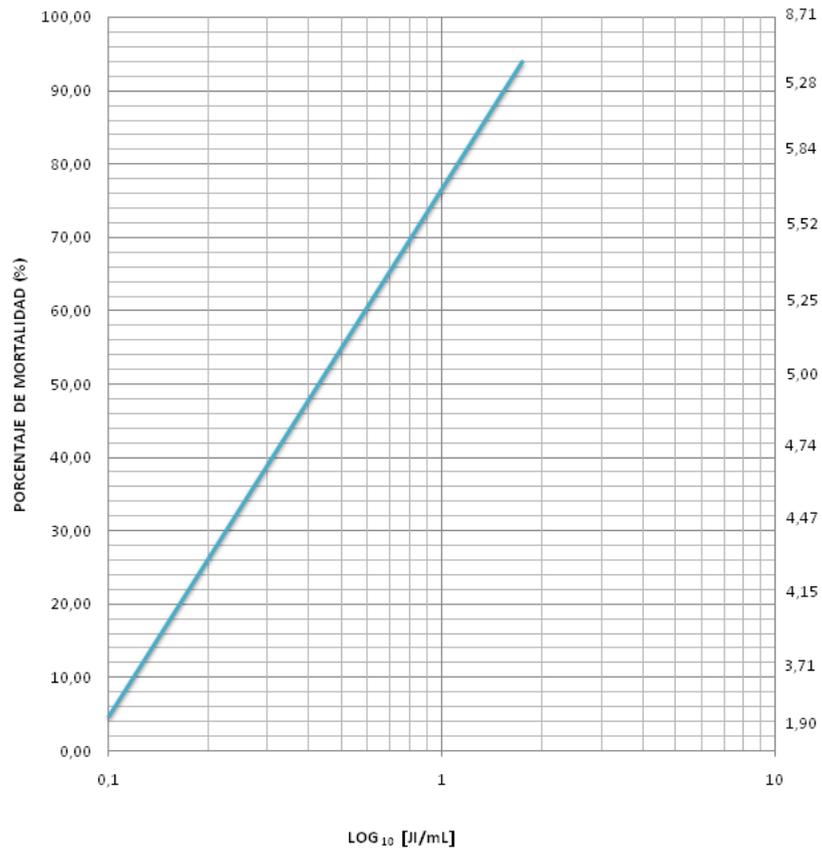
Análisis Probit	Cepas de nematodos entomopatógenos		
	INIA - 4	INIA-9	INIA-11
$DL_{50}$	26,73	2,91	0,04
Límites de Confianza	9,24-89,26	0 - 48,90	0 - 19,94
$DL_{95}$	78,82	57,01	28,00
Límites de Confianza	14,19-180,01	8,42-473,79	0 - 72,16
$X^2$	0,25	3.114	0,028

DL= dosis letal.  $X^2$ = Chi cuadrado de heterogeneidad



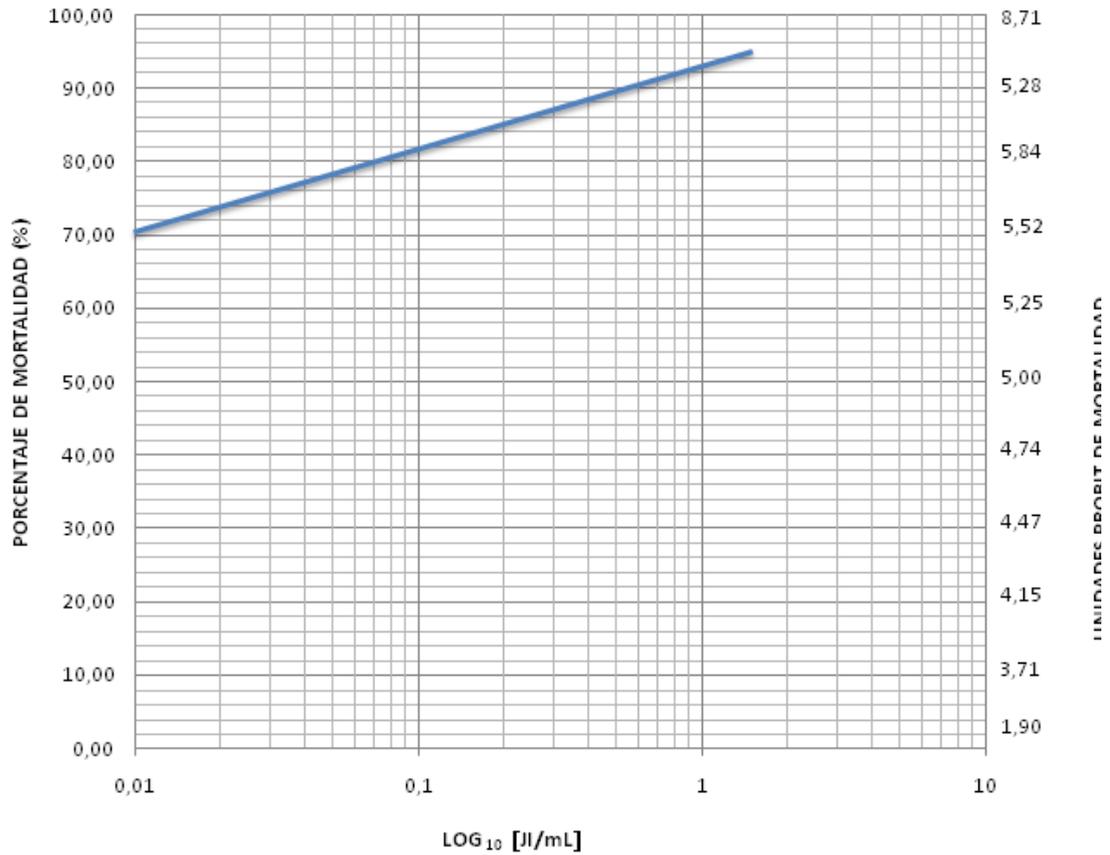
Selección	Probit 3,35 (CL <sub>5</sub> )	Probit 5,00 (CL <sub>50</sub> )	Probit 6,64 (CL <sub>95</sub> )	Ecuación de Regresión	R <sup>2</sup>
S <sub>0</sub>	9,06	26,73	78,82	y= 0,0029 + 3,502 [Log <sub>10</sub> X]	0,8621

Figura 1. Representación gráfica de la tendencia en la respuesta de mortalidad acumulada a las 72 h (Unidades Probit y Unidades Porcentuales) para larvas de *A. obliqua* (Macquart) correspondiente a la S<sub>0</sub> en función de la acción de una mezcla acuosa contentiva de diferentes concentraciones [JI/mL] de *Heterorhabditis indica*, cepa INIA- 4



Selección	Probit 3,35 (CL <sub>5</sub> )	Probit 5,00 (CL <sub>50</sub> )	Probit 6,64 (CL <sub>95</sub> )	Ecuación de Regresión	R <sup>2</sup>
S <sub>0</sub>	0,15	2,91	57,01	y= 4,4084 + 1,2734[Log <sub>10</sub> X]	0,9430

Figura 2. Representación gráfica de la tendencia en la respuesta de mortalidad acumulada a las 72h (Unidades Probit y Unidades Porcentuales) para larvas de *A. obliqua* (Macquart) correspondiente a la S<sub>0</sub> en función de la acción de una mezcla acuosa contentiva de diferentes concentraciones [JI/mL] de *Heterorhabditis* sp; cepa INIA - 9



Selección	Probit 3,35 (CL <sub>5</sub> )	Probit 5,00 (CL <sub>50</sub> )	Probit 6,64 (CL <sub>95</sub> )	Ecuación de Regresión	R <sup>2</sup>
S <sub>0</sub>	0,00	0,04	28,00	y= 5,8006 + 0,5838[Log <sub>10</sub> X]	0,5312

Figura 3. Representación gráfica de la tendencia en la respuesta de mortalidad acumulada a las 72 h (Unidades Probit y Unidades Porcentuales) para larvas de *A. obliqua* (Macquart) correspondiente a la S0 en función de la acción de una mezcla acuosa contentiva de diferentes concentraciones [JI/mL] de *Heterorhabditis* sp; cepa INIA-11

de envases con suelo simula el hábitat natural de la plaga, con lo que se obtienen datos más cercanos a lo que ocurre en la naturaleza.

Se aprecia que existe una gran variabilidad en los niveles de inóculo utilizados para alcanzar niveles similares de mortalidad, por lo que se reitera la importancia de evaluar en cada caso, la especie del insecto con la cepa del nematodo. Los datos de investigaciones previas siempre van a ser referenciales, más no determinantes, al momento de decidir cuál especie de nematodo o cuál dosis utilizar en una situación particular.

En el bioensayo 2, en envases con arena, las cepas evaluadas presentaron parasitismo sobre las larvas de *A. obliqua*, y la mayor mortalidad fue causada por INIA-9 aunque sin diferencia estadísticamente significativa con respecto a INIA-11 (Cuadro 4). En este bioensayo se evidenció que los valores de mortalidad fueron menores a los obtenidos *in vitro* para la misma especie, similar a lo obtenido por Chaneiko *et al.* (2015).

Barbosa *et al.* (2009) encontraron una reducción en la efectividad de la acción de los nematodos entomopatógenos, al ser evaluados en condiciones de umbráculo. Los experimentos en invernadero no mostraron diferencias en la mortalidad con cualquiera de los nematodos, y en el campo, *H. bacteriophora* RS88 y RS59 y *S. riobravae*, rociadas individualmente sobre la fruta natural y artificialmente infestados, obtuvieron una mortalidad de 51,3%, 28,1% y 20%, 24,3%, respectivamente.

Toledo *et al.* (2009) evaluaron la acción de *H. bacteriophora* y *S. carpocapsae* sobre larvas de *A. obliqua* inoculadas en envases con arena y encontraron mortalidades entre 60 y 82%, valores que variaban dependiendo del tipo de suelo logrando la mayor mortalidad en suelos areno-arcillosos. Estos valores son equivalentes a los encontrados para este bioensayo con inoculación de las larvas directamente en el suelo.

#### **Mosca negra o Fungus gnat (*Bradysia difformis*)**

La evaluación de dosis de nematodos entomopatógenos contra la mosca negra es un paso crucial para determinar la más adecuada, de manera que sea efectiva y que represente un menor costo para el productor (Martins 2010), por ser una plaga asociada a cultivos de alto valor comercial. Al evaluar las dos cepas de nematodos entomopatógenos no hubo diferencias significativas entre los tratamientos y ambas poblaciones, INIA-9 e INIA-11, causaron mortalidad de las larvas de *B. difformis* (Cuadro 5).

La evaluación de diferentes concentraciones de nematodos entomopatógenos sobre *B. difformis* evidenciaron diferencias significativas con relación al control en todas las concentraciones evaluadas, excepto en el caso de la población INIA-9 en la concentración de 100 JI/mL. Se obtuvieron valores de mortalidad por encima de 90% con las concentraciones de 1.600 JI/mL en ambas poblaciones y la de 1.200 JI/mL en la población INIA-9. En el caso de la población

Cuadro 4. Valores porcentuales de mortalidad para larvas de *A. obliqua* en cuatro fechas inoculadas con tres poblaciones de nematodos entomopatógenos en condiciones de umbráculo.

Cepas de nematodos entomopatógenos	Mortalidad (%)			
	días			
	2	4	6	8
Testigo	0 a	3,2 a	7,2 a	9,2a
INIA-4	31,2 a	48,8 b	62,4 b	63,2b
INIA-9	62,4 b	71,6 c	74,8bc	85,2c
INIA-11	58,0 b	63,6 c	64,8c	74,8c

Los valores señalados con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas entre sí, según la prueba de comparación por pares ( $P > 0,05$ ).

Cuadro 5. Valores promedios y totales de mortalidad para larvas de *Bradysia difformis* a las 72 h de inoculación *in vitro* con dos poblaciones de nematodos entomopatógenos.

Cepas de nematodos entomopatógenos	Promedio de larvas muertas por placa Petri	Total general de larvas muertas	Mortalidad (%)
INIA-9	6,66 ± 3,28 a	597	79,6
INIA-11	7,10 ± 3,42 a	639	85,2

Los valores señalados con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas entre sí, según la prueba de comparación por pares (P>0,05)

INIA-11, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos, pero sí con el testigo (Cuadro 6).

En pruebas de laboratorio Hyeong *et al.* (2001), evaluaron *S. carpocapsae* sobre todas las fases inmaduras de *fungus gnat* y reportaron que las más sensibles son las larvas de tercero y cuarto instar, con una mortalidad de 35%. Martins (2010), al evaluar *H. indica* en condiciones de laboratorio logró una mortalidad de 96% y

Cuadro 6. Valores porcentuales de mortalidad acumulada de larvas de *B. difformis* 72 h después de la aplicación de diferentes concentraciones de dos poblaciones de nematodos entomopatógenos.

Concentración JI/mL	Mortalidad (%)	
	Cepas de nematodos entomopatógenos	
	INIA-9	INIA-11
0	10 a	8 a
100	52 ab	72 b
400	74 bc	80 b
800	88 bc	86 b
1200	90 c	86 b
1600	90 c	94 b

Los valores señalados con la misma letra en cada columna no presentan diferencias significativas entre sí, según la prueba de comparación de pares (P>0,05).

Villanueva (2013) obtuvo mortalidades *in vitro* en un rango de 60 – 100% de larvas y pupas de *B. difformis* inoculadas conjuntamente con *H. bacteriophora* y *S. feltiae*.

Al efectuar el análisis Probit los resultados muestran diferencias en la virulencia de las cepas evaluadas contra *B. difformis*. La DL<sub>50</sub> para INIA-9 fue de 13,17 mientras que para INIA-11 fue de 1,75; cinco veces menor (Cuadro 7).

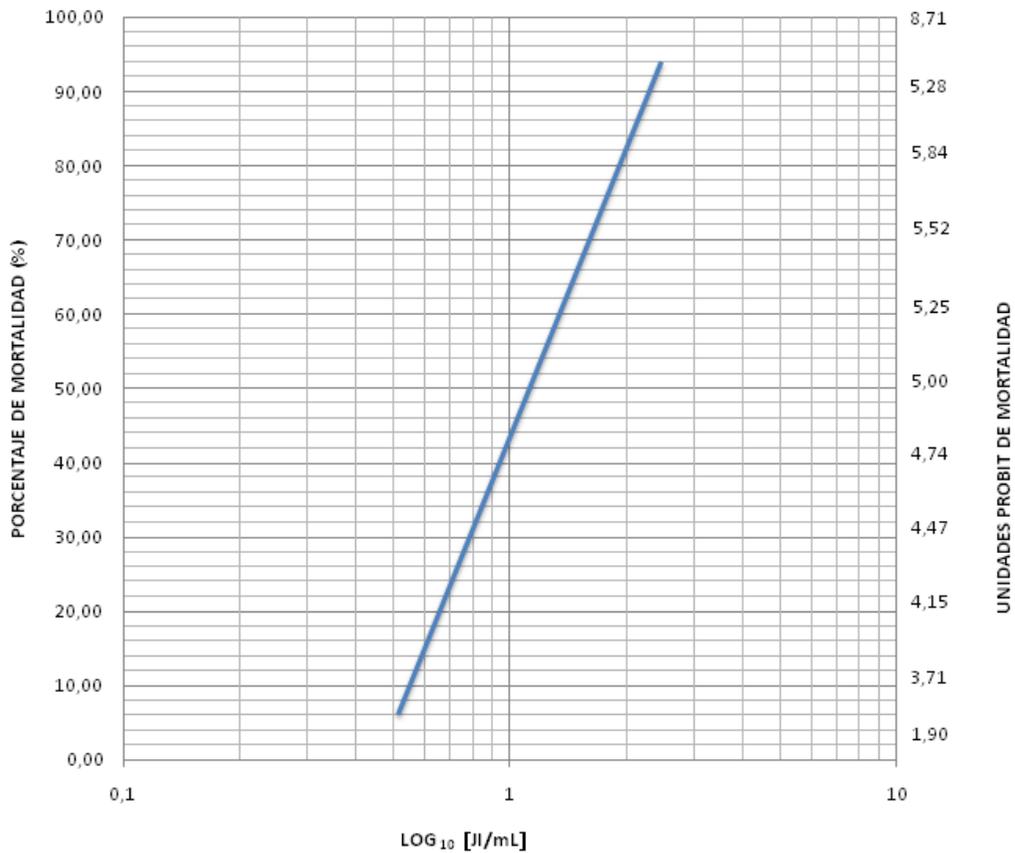
Teóricamente, en este caso sería la cepa a seleccionar para ser aplicada ya que se requeriría menos cantidad de material biológico para causar 50% de mortalidad. Sin embargo, al analizar la DL<sub>95</sub>, ocurre lo contrario, la cepa INIA-9 presenta el menor valor (306,86 JI/mL). En general estos microorganismos deben ser aplicados en grandes cantidades para que la acción que ellos ejercen pueda ser evidenciada a nivel de campo. Esta prueba permite orientar la toma de decisiones sobre la concentración definitiva del inóculo de nematodos a aplicar.

En las Figuras 4 y 5, se observa la representación gráfica de la tendencia de la mortalidad en

Cuadro 7. Valores del Análisis Probit, para *Bradysia difformis* inoculadas con dos cepas de nematodos entomopatógenos.

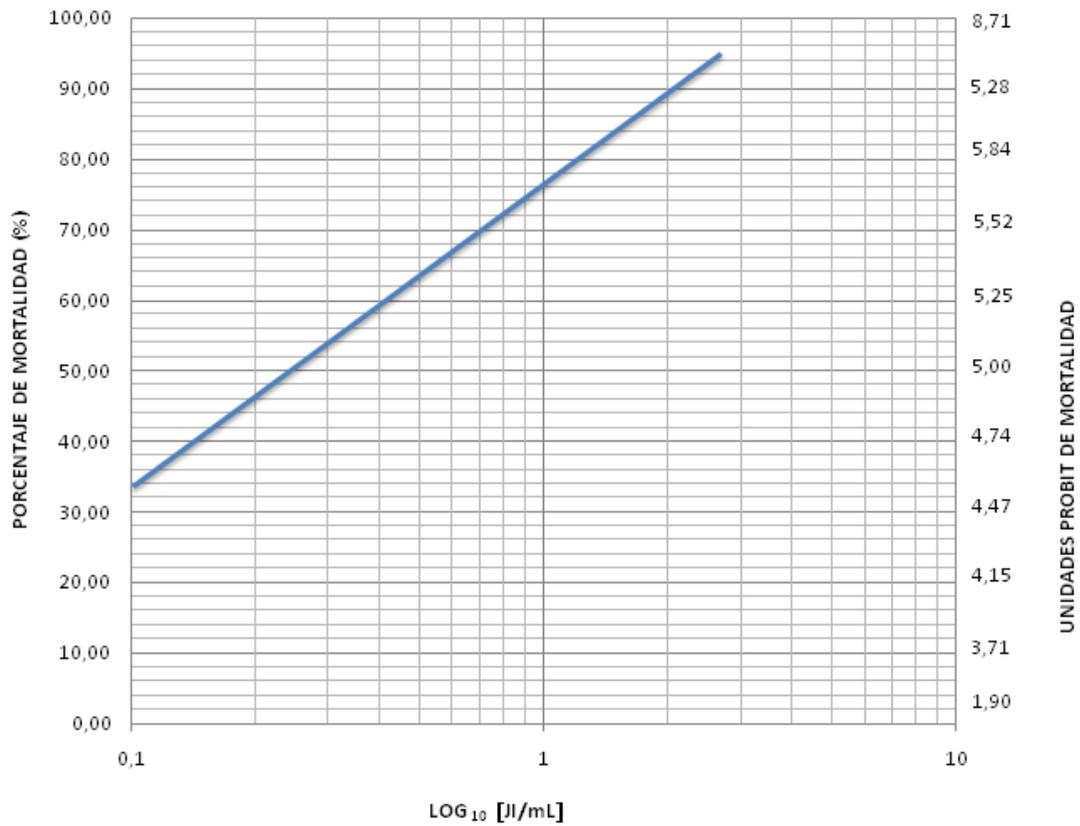
Análisis Probit	Cepas de nematodos entomopatógenos	
	INIA-9	INIA-11
CL <sub>50</sub>	13,17	1,75
Límites de Confianza	8,74-49,41	1,48-20,19
CL <sub>95</sub>	306,86	464,04
Límites de Confianza	248,03-928,54	37,99-548.81
X <sup>2</sup>	0,033	0,031

CL<sub>50</sub>: Concentración letal media; CL<sub>95</sub>: Concentración Letal al 95%; X<sup>2</sup> Chi cuadrado de heterogeneidad



Selección	Probit 3,35 (CL <sub>5</sub> )	Probit 5,00 (CL <sub>50</sub> )	Probit 6,64 (CL <sub>95</sub> )	Ecuación de Regresión	R <sup>2</sup>
S <sub>0</sub>	0,56	13,17	306,86	y= 3,6535 + 1,2029[Log <sub>10</sub> X]	0,7740

Figura 4. Representación gráfica de la tendencia en la respuesta de mortalidad acumulada a las 72h (Unidades Probit y Unidades Porcentuales) para larvas de *Bradysia difformis* correspondientes a la S<sub>0</sub> en función de la acción de una mezcla acuosa contentiva de diferentes concentraciones [JI/mL] de *Heterorhabditis* sp. , Cepa INIA -9.



Selección	Probit 3,35 (CL <sub>5</sub> )	Probit 5,00 (CL <sub>50</sub> )	Probit 6,64 (CL <sub>95</sub> )	Ecuación de Regresión	R <sup>2</sup>
S <sub>0</sub>	0,01	1,75	464,04	y= 4,8348 + 0,6788 [Log <sub>10</sub> X]	0,8235

Figura 5. Representación gráfica de la tendencia en la respuesta de mortalidad acumulada a las 72h (Unidades Probit y Unidades Porcentuales) para larvas de *Bradysia difformis* correspondiente a la S<sub>0</sub> en función de la acción de una mezcla acuosa contentiva de diferentes concentraciones [JI/mL] de *Heterorhabditissp.*, Cepa INIA-11.

función de la dosis utilizada, y se evidencia que la cepa INIA-11 es más efectiva en ejercer su acción parasitaria, aun cuando, las dos cepas logran alcanzar un alto porcentaje de mortalidad.

Gouge y Hague (1995) evaluaron el ciclo de *Steinernema feltiae* en *B. difformis paupera* Tuomikoski, encontraron que a las 45 h ya se había completado una generación del nematodo y el cadáver de las larvas se había desintegrado totalmente. Esto difiere de lo observado en este ensayo, donde las dos poblaciones evaluadas conservaron intacto el cadáver de las larvas hasta las 72 h.

Harris *et al.* (1995) realizaron ensayos en invernaderos y evaluaron el control de *fungus gnat* sobre *Euphorbia pulcherrima*. Se aplicó *S. feltiae*, *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*, un regulador de crecimiento y diazinón. *S. feltiae* logró un control de la plaga similar al del insecticida. Jagdale *et al.* (2004) usó *S. feltiae* a una dosis de  $2,5 - 5 \times 10^5$  JI/m<sup>2</sup> y se redujo significativamente la incidencia de la plaga. Por su parte, Vanninen (2010) empleó  $1,3 \times 10^6$  JI/m<sup>2</sup> de *S. carpocapsae* en Poinsettia y controló hasta 60% de adultos de *fungus gnat*.

Otras especies de nematodos entomopatógenos evaluadas son *Heterorhabditis marelatus* y *H. bacteriophora* las cuales, a una dosis de  $1,25 \times 10^5$  JI/m<sup>2</sup> en el cultivo de *E. pulcherrima* en invernaderos, controlaron hasta 54% de individuos (Jagdale *et al.* 2007b).

La aplicación de nematodos entomopatógenos para el control de *Bradysia difformis* es una estrategia ampliamente usada en otros países (Georgis *et al.* 2006; Cloyd 2010) y los resultados de estos ensayos sugieren que hay un gran potencial de las cepas venezolanas para el control de esta plaga.

## CONCLUSIONES

Los nematodos entomopatógenos nativos de las Cepas INIA-4, INIA-9 e INIA-11, son efectivos en el control de larvas de *A. obliqua* y *B. difformis*, dípteros de importancia agrícola en Venezuela.

Dosis iguales o superiores a 80 JI/mL pueden ser utilizadas en pruebas *in vitro* para evaluar cepas de nematodos entomopatógenos.

Se confirma la potencialidad de estos organismos para su uso en el control biológico de plagas.

## AGRADECIMIENTO

Al personal del INIA CENIAP, Ing. Agr. Johangel García y Edward Espín por su apoyo en los trabajos de campo y laboratorio. Este trabajo fue financiado por el Proyecto Cuba-Venezuela "Producción de nematodos entomopatógenos para el control de plagas agrícolas".

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barbosa – Negrisoli, C; García, M; Dolinski, C; Negrisoli, A; Benardi, D; Nava, E. 2009. Efficacy of indigenous entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Heterorhabditidae, Steinernematidae), from Rio Grande do Sul Brazil, against *Anastrepha fraterculus* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in peach orchards. *Journal Invertebrate Pathology* 102: 6-13.
- Barranco V, P. 2003. Dípteros de interés agronómico. Agromicidos plaga de cultivos hortícolas intensivos. *Bol. S.E.A.*, 33: 293 – 30.
- Cloyd, R. 2010. *Fungus gnat*. Management in greenhouses and nurseries. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service- MF 2937: 4 p. [On line]. Consultado 29 ene. 2015. Disponible en <http://www.ksre.ksu.edu>
- Da Silva, A; Batista, A; Leite, L; Tavares, F; Raga, A; Schmidt, F. 2009. Efeito de nematoides Entomopatogênicos na Mortalidade da Mosca-do- Mediterrâneo, *Ceratitis capitata*, e do Gorgulho-da-goiaba, *Conotrachelus psidii*. *Nematologia Brasileira*. 34: 31-40.
- De Minas, R.; Dolinski, C; Carvalho, D; de Souza, R. 2011. Controle biológico da mosca-do-mediterraneo *Ceratitis capitata* utilizando nematoides entomopatogênicos em laboratorio. *Scientia Agraria* 2:115-119.
- Foelkel, E; Bittencourt M, L; Voss, M. 2016. Virulence of nematodes against larvae of the south-American fruit fly in laboratory using soil from Porto Amazonas, Paraná,

- Brazil, substrate. *Ciência Rural* 46(3):405-410.
- García, R ; Zambrano, C. 2007. Uso de control biológico en frutales de Venezuela. Editado por INIA Convenio Integral de Cooperación Cuba Venezuela. ISBN 980-12-2418-5. 370 p.
- Georgis, R; Koppenhöfer, AM; Lacey, LA; Bélair, G; Duncan, LW; Grewal, PG; Samish, G; Tan, L; Torr, P; Van Tol, RW. 2006. Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control *Biological Control*. 38:103–123. Consultado 29 ene. 2015. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.11.005>
- Gouge, G; Hague, D. 1995. The development of *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) in the Sciarid fly *Bradysia difformis paupera* (Diptera: Sciaridae). *Annual Applied Biology* 126:395-401.
- Heve, W; El-Borai, F; Carrillo, D; Duncan, L. 2016. Biological control potential of entomopathogenic nematodes for management of Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa* Loew (Tephritidae). Consultado 29 ene. 2015. Disponible en <https://doi.org/10.1002/ps.4447>
- Hyeong, K; Choo, H; Kaya, H; Lee, D; Lee, W; Lee, S; Jeon, H. 2004. *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) as a biological control agent against the fungus Gnat *Bradysia difformis agrestis* (Diptera: Sciaridae) in propagation houses. *Biocontrol Science and Technology* 14:7-12.
- Jagdale, G; Casey, M; Grewal, P; Lindquist, RK. 2004. Application rate and timing, potting medium, and host plant effects on the efficacy of *Steinernema feltiae* against the fungus gnat, *Bradysia difformis coprophila*, in floriculture. *Biological Control*. 29: 296 – 305. Consultado 29 ene. 2015. Disponible en [http://dx.doi.org/10.1016/S1049-9644\(03\)00164-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1049-9644(03)00164-6)
- López – Nuñez, JC. 2011. Uso de nematodos entomopatógenos en el manejo integrado de la broca del café: Una herramienta para el beneficio de los caficultores. *En: Experiencias con nematodos entomopatógenos. Retos y oportunidades para América Latina. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo (CYTED). Red de implementación de enemigos naturales para el control de plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de importancia en Iberoamérica COBIHO. Código 111RT0418. ISBN: 978-958-46-1409-4. Pp: 91-100.*
- Martins, F. 2010. Avaliação de nematodídeos entomopatógenos no controle de *Bradysia difformis mabiusi* (Diptera: Sciaridae). Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Proteção de Plantas). Botucatu – SP, Brasil. 167 p.
- Pérez, MA; Navarro, H; Miranda E. 2013. Resíduos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 29(4):45-64.
- Quintero, E; López, I; Kondo, T. 2012. Manejo integrado de plagas como estrategia para el control de lamosca del botón floral del maracuyá *Dasiops inedulis* Steyskal (Diptera: Lonchaeidae). *Revista Corpoica - Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 13(1):31-40.
- Rosales, LC; Suárez H, Z. 1998. Evaluación de nematodos entomopatógenos como posibles agentes de control biológico contra *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Revista de Entomología Venezolana* 13:122-140.
- San-Blas E; Rosales LC; Torres Á. 2015. Entomopathogenic Nematodes in Tropical Agriculture: Current Uses and Their Future in Venezuela. In: Campos-Herrera R. (eds) *Nematode Pathogenesis of Insects and Other Pests. Sustainability in Plant and Crop Protection*. Springer. Chapter 15:375-402.
- Stock, P; Goodrich, H. 2012. Nematodes parasites, pathogens and associates of insects and invertebrates of economic importance. In: *Manual of Techniques in*

Invertebrate Pathology Ed. By Lawrence A-Lacey. pp. 373-426.

- Toledo, J; Rasgado, MA; Ibarra, JE; Gómez, A; Liedo, P; William, T. 2006. Infection of *Anastrepha ludens* following soil applications of *Heterorhabditis bacteriophora* in a mango orchard. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 119:155–162.
- Toledo, J; Trevor W; Pérez, C; Liedo, P; Valle, J; Ibarra, J . 2009. Factores abióticos que afectan la capacidad de infección de *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) sobre larvas de *Anastrepha obliqua* (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol Ciencia y Tecnología* 19:887-898.
- Toledo, J; Sánchez, JE; Williams, T; Gómez A; Montoya, P; Ibarra, J. 2014. Effect of Soil Moisture on the Persistence and Efficacy of *Heterorhabditis bacteriophora* (Rhabditida: Heterorhabditidae) Against *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae) Larvae. *Florida Entomologist* 97(2):528-533. Consultado 29 ene. 2015. Disponible en <https://doi.org/10.1653/024.097.0225>
- Villanueva-Sánchez, E; Ibañez-Bernal, S; Lomeli-Flores, JR; Valdez-Carrasco, J. 2013. Identificación y caracterización de la mosca negra *Bradysia difformis difformis* (Diptera: Sciaridae) en el cultivo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) en el centro de México. *Acta Zoológica Mexicana*. 29(2):363-375.
- Xuejuan, F; Maggiorani, A; Gudiño, S. 2000. Uso de nematodos entomopatogenos como una alternativa en el control de polilla (*Tecia solanivora*), importante plaga de la papa (*Solanum tuberosum*). Mérida, Venezuela. *Revista Forestal Venezolana* 44:115 – 118.

## NOTA TÉCNICA

### Comportamiento de variables atmosféricas en el proceso de secado tradicional del cacao y su correlación con la humedad y acidez

#### Behavior of atmospheric variables in the traditional drying process of cocoa and its correlation with the humidity and acidity

Juan M. Teixeira-Da Silva\*; Jesús H. Bello-Solorzano; Nayarit E. Díaz-Delgado; César D. Lovera-Palacios

Fundación Instituto de Ingeniería para Investigación y Desarrollo Tecnológico (FIIIDT), Centro de Ingeniería Mecánica. Caracas, Venezuela. \*correo electrónico:juanmanuelteixeira@gmail.com

#### RESUMEN

Con el propósito de determinar el comportamiento de variables atmosféricas que influyen en el proceso de secado tradicional del cacao en Chuao, Venezuela; y su correlación con humedad y acidez se instaló una estación meteorológica digital en las inmediaciones del patio de secado. Se registró data de las variables temperatura (°C), humedad (%) e irradiación solar (W.m<sup>-2</sup>). Las mediciones se realizaron a intervalos de 15 min. Simultáneamente se tomaron 96 muestras por triplicado de la masa de cacao de 20 g, cada 20 min durante los nueve días del proceso. Se identificaron y empaquetaron en bolsas herméticas y selladas al vacío; luego, se conservaron en un congelador para garantizar la no modificación de sus características hasta el traslado al laboratorio para análisis de humedad final y acidez titulable. Se utilizó software Wheaterlink® para análisis de las variables atmosféricas y software Curve Expert Basic 1.40 para obtener líneas de tendencia, que se presentan como polinomios, con sus respectivos coeficientes de correlación (CR) y desviación estándar (DS) de cada variable. La temperatura con DS=0,416217 y CR=0,989267; la irradiación solar con DS=30,287368 y CR=0,993219 y la humedad ambiental con DS=1,211358 y CR=0,991878. Los resultados para humedad inicial, crítica y final del cacao fueron 50,93%; 30,37% y 6,96%, respectivamente; asociados a un tiempo crítico de 380 min y total de deshidratado de 1.900 min, con comportamiento higroscópico del cacao en horas nocturnas. El contenido de ácido acético estuvo entre 0,84 – 0,98%. La correlación variables atmosféricas y humedad del cacao obtuvo un CR=0,996363 y DS=1,131872.

**Palabras clave:** comportamiento higroscópico, humedad crítica, secado solar, tiempo crítico, *Theobroma cacao* L.

Recibido: 15/02/15 Aprobado: 15/11/16

#### ABSTRACT

In order to determine the behavior of atmospheric variables that influence the traditional drying process of cocoa in Chuao, Venezuela; and its correlation with humidity and acidity was installed a digital weather station in the vicinity of the drying yard. Data was recorded on the variables temperature (°C), humidity (%) and solar irradiation (W.m<sup>-2</sup>). The measurements were made at 15 min intervals. Simultaneously 96 samples were taken in triplicate of the mass of cocoa of 20 g, every 20 min during the nine days of the process. They were identified and packaged in airtight bags and vacuum sealed; then, they were kept in a freezer to guarantee the non-modification of their characteristics until the transfer to the laboratory for final moisture analysis and titratable acidity. Wheaterlink® software was used to analyze atmospheric variables and Curve Expert Basic 1.40 software to obtain trend lines, which are presented as polynomials, with their respective correlation coefficients (CR) and standard deviations (SD) for each variable. The temperature with DS = 0.416217 and CR = 0.9889267; solar irradiation with DS= 30.287368 and CR = 0.993219 and ambient humidity with DS = 1.211358 and CR= 0.991878. The results for initial, critical and final cocoa moisture were 50.93%; 30.37% and 6.96%, respectively; associated with a critical time of 380 min and dehydrated total of 1900 min, with hygroscopic behavior of cocoa at night. The acetic acid content was between 0.84 - 0.98%. The correlation between atmospheric variables and humidity of the cocoa had a CR = 0.996363 and DS =1.131872.

**Key words:** hygroscopic behavior, critical humidity, solar drying, critical time, *Theobroma cacao* L.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de secado del cacao disminuye la cantidad de agua contenida en los granos para ser conservados y cumplir con la etapa de fermentación interna. De esa manera, se completa la acción de los precursores de sabor y olor característicos del chocolate. El secado del grano de cacao es una de las etapas del beneficio postcosecha, que debe realizarse con cuidado, para garantizar la calidad integral del producto final (Zambrano *et al.* 2010). Determinadas variables como el tiempo, temperatura y humedad establecen la efectividad del secado de cacao (Tinoco y Ospina 2010).

Al ser la radiación solar absorbida directamente por el cacao, para evaporar el agua contenida en el grano, resulta en un uso más eficiente de la energía (Pastrana 2014). No obstante, posee limitaciones por ser un método laborioso y dependiente de las severas condiciones climáticas de la región, que son variables de una zona a otra (Álvarez *et al.* 2010).

Las técnicas de secado varían entre los agricultores y abarca desde el secado natural al sol hasta el artificial mediante el uso de aire caliente (Oke y Omotayo 2012). El secado artificial produce la principal transformación del grano en la postcosecha y, a su vez, es el procedimiento que más atención requiere para no afectar la calidad. De la energía utilizada en el proceso de producción de granos, el secado consume alrededor del 50 %; al tomar en cuenta los factores de calidad y consumo energético, se puede apreciar la importancia que adquiere la correcta realización del secado (Tinoco y Ospina 2010).

Habitualmente el proceso de secado del cacao se lleva a cabo usando el deshidratado natural tradicional al sol (Manoj y Manivannan 2013); se realiza en patios de secado, con la exposición del cacao al aire libre y a la radiación solar directa. Este tipo de secado por convección natural sólo depende de la irradiación solar (Pangavhane *et al.* 2002); por lo que se presenta como la propuesta más conveniente para los sectores rurales donde la energía eléctrica es escasa o no está disponible.

Los problemas asociados al deshidratado al sol son: sobre-deshidratación, deshidratación insuficiente, rehidratación por efectos de lluvia,

decoloración debida a los efectos de la radiación ultravioleta y contaminación por agentes externos como aves, insectos, microorganismos y humos (Dilip y Rajeev 2004).

En Venezuela, el cacao es secado al sol mediante protocolos no uniformes que dependen de las costumbres de los agricultores y de la disponibilidad de infraestructura para su ejecución (Zambrano *et al.* 2010). Sin embargo, por ser un rubro de importancia económica en el país, con proyección de exportación, es necesario usar innovaciones tecnológicas postcosecha. Al respecto, se tiene que tomar en cuenta las variables que influyen en el proceso de secado del grano y que mantengan la calidad final del mismo.

El cacao cultivado en Chuao es principalmente Criollo y presenta una gran variabilidad genética, con introgresiones de cacao Trinitario que le dan una mayor diversidad y le proporcionan su calidad y aroma, permitiéndole distinguirse como el mejor de los cacaos cultivados (González 2007). El siguiente estudio tuvo como objetivo determinar el comportamiento de las variables atmosféricas que influyen en el proceso de secado tradicional del cacao de Chuao, estado Aragua y su correlación con las variables humedad y acidez final del cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante en el proceso de secado de cacao, en la zafra decembrina del año 2007, en Chuao, estado Aragua, Venezuela. Esta es una localidad costera cuyas coordenadas geográficas son 10° 29' 32,45" N y 67° 31' 39,14" O. El periodo de cosecha correspondió a nueve días; este coincidió con el proceso de secado en su totalidad, desde la salida del cacao del fermentador hasta alcanzar la humedad final del producto, mediante exposición directa al sol en patio.

En las inmediaciones del patio de secado, se instaló una estación meteorológica digital para el registro de la data medioambiental que influyó directamente sobre proceso de secado. Se determinó la temperatura ambiental (°C), humedad ambiental (%) e irradiación solar ( $W.m^{-2}$ ). Las mediciones se realizaron a intervalos estándar de 15 minutos.

Para determinar la humedad del grano y acidez titulable se tomaron 96 muestras por triplicado de la masa de cacao, cada una de 20 g. Estas fueron obtenidas durante los nueve días en el proceso de secado, cada 20 min (desde la colocación de la masa de cacao para su exposición al sol en el patio, hasta su recogida). En algunos casos no fue posible tomar el mismo número de muestras, por las condiciones de nubosidad de la zona que limitó el proceso de secado.

Las muestras se identificaron y empaquetaron en bolsas herméticas, selladas al vacío y se conservaron en un congelador en el rango de temperatura de -24 °C y 14 °C, para garantizar que no se modificaran sus características. Posteriormente, se llevaron al laboratorio del Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos (ICTA), Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela para los análisis respectivos. La humedad fue determinada en estufa a 105 °C, según método N° 931.04 (AOAC 1990) y los resultados se expresaron en porcentaje (%). La acidez total titulable se fijó según el método N° 942.15 (AOAC 1980) y se reportó en términos de miliequivalentes de ácido acético.

Cada vez que el cacao se recogió del patio y se guardó en el sitio de almacenamiento nocturno, se evaluaron las condiciones de temperatura y humedad ambiental, bajo las cuales estaba expuesto durante la noche. La toma de muestras y registro de la información se llevó a cabo sin interferir con las actividades propias del proceso de secado, que la comunidad de Chuao ejecuta desde tiempos ancestrales. De esta manera la exploración fue obtenida sin perturbaciones externas, más que las propias de la zona.

Se procedió al análisis sistemático del comportamiento de las variables atmosféricas medidas en tiempo real, por medio del software Wheaterlink®. Para la obtención de las líneas de tendencia promedio con sus respectivos coeficientes de correlación (CR) y desviación

estándar (DS) relacionadas con cada variable, se usó del software Curve Expert Basic 1.40.

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos en laboratorio se realizaron análisis de varianza (ANOVA), a fin de evaluar si el tiempo y/o el día de secado presentaban algún efecto sobre estos parámetros, a un nivel de significancia de 5%; en caso afirmativo, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan, para esto se utilizó el software Statgraphics Plus 5.1.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la data correspondiente a los días de medición para las variables atmosféricas, se tomó como referencia el “tiempo cero minutos” que coincide con las 00:00 (medianoche); por lo que, 510 min serán las 08:30 a.m., 810 min se corresponde con las 01:30 p.m., y así sucesivamente.

### Variables atmosféricas que influyen en el proceso de secado del cacao de Chuao

#### Temperatura ambiental promedio en función del tiempo $T(t)$ :

La Figura 1 muestra el comportamiento de la variable temperatura ambiental promedio con polinomio de grado 19, de la forma,

$$T(t) = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + \dots + s^{19}$$

una desviación estándar (DS)= 0,416217y un coeficiente de correlación (CR) = 0,989267.

Los valores promedios mínimos y máximos para el comportamiento de la temperatura ambiental para el estado Aragua, reportados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMEH) son de 20,77 - 30,88 °C.

Se aprecia el incremento de la temperatura ambiental desde un valor cercano a los 22 °C, 510 minutos (08:30 a.m.); hasta superar los 30 °C en el tiempo 810 minutos (01:30 p.m.). De allí, inicia un prolongado y sostenido descenso de la temperatura ambiental hasta la mañana

<sup>1</sup>Coefficientes polinomio temperatura ambiental promedio

a = 2.408266E+01    b = -9.817462E-02    c = 7.591900E-03    d = -2.139287E-04    e = 3.0347989E-06  
f = -2.559479E-08    g = 1.400017E-10    h = -5.205994E-13    i = 1.341799E-15    j = -2.369258E-18  
k = 2.644044E-21    l = -1.155148E-24    m = -1.739549E-27    n = 4.138330E-30    o = -4.470683E-33  
p = 3.068993E-36    q = -1.407014E-39    r = 4.202885E-43    s = -7.437222E-47    t = 5.934954E-51

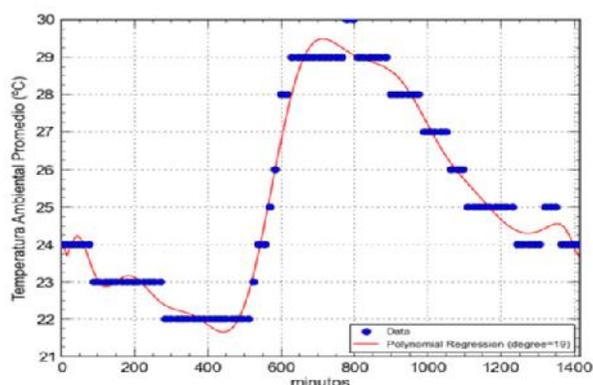


Figura 1. Temperatura ambiental promedio (°C) en función del tiempo (min) de secado del cacao en Chuao, estado Aragua en la zafra decembrina 2007.

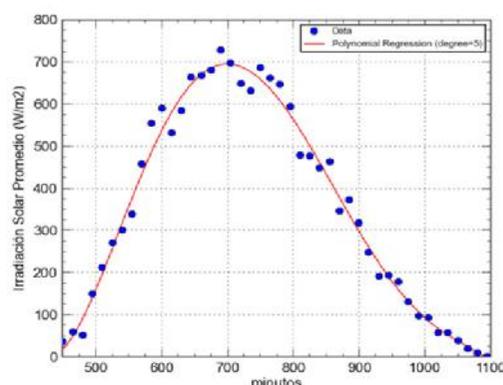


Figura 2. Irradiación solar promedio en función del tiempo (min) de secado del cacao en Chuao, estado Aragua en la zafra decembrina 2007.

del siguiente día, aproximándose el valor de la temperatura nuevamente a los 22 °C iniciales.

#### Irradiación solar promedio en función del tiempo $I(t)$ .

La Figura 2 permite observar la aproximación para el comportamiento de la irradiación solar promedio en función de la hora del día. El resultado fue un polinomio de grado 5, de la forma:

$$I(t) = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + f^5^2$$

cuya DS = 30,287368 y CR = 0,993219.

Al contrastar las gráficas de temperatura ambiental promedio (Figura 1) e irradiación solar promedio (Figura 2), se evidencia una estrecha relación entre ambas variables. Se observa que la temperatura ambiental promedio  $T(t)$ , mantiene su incremento al pasar el punto de máxima irradiación solar (tiempo: 720 minutos o 12:00 del mediodía); es decir, que la temperatura ambiental continuó elevándose aproximadamente durante una hora y media más, después de la máxima irradiación solar. Esto es una consecuencia directa del calentamiento

del suelo y edificaciones contiguas al patio de secado. Al descender los niveles de irradiación solar, los mismos liberan energía en forma de calor sensible que se transfiere por convección al aire circundante e incrementa la temperatura. Los valores obtenidos concuerdan con la estimación del potencial de energía solar en Venezuela en la franja costera (Posso *et al.* 2014).

#### Humedad ambiental promedio en función del tiempo $H(t)$ .

La Figura 3, muestra la curva que mejor aproximación estadística presenta para este caso; un polinomio de grado 19 de la forma

$$H(t) = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + \dots + s^{19}^3$$

con una DS= 1,211358 y un CR= 0,991878.

El INAMEH reporta como valor promedio mínimo 54,05 % y máximo 90,86 % para el comportamiento de la humedad ambiental para el estado Aragua. En la Figura 3, se aprecia el descenso de la humedad ambiental aproximadamente en el mismo periodo de tiempo

<sup>2</sup>Coefficientes polinomio irradiación solar promedio

a = 3.696730E+04    b = -2.741207E+02    c = 7.693878E-01    d = -1.020102E-03    e = 6.4552407E-07    f = -1.575636E-10

<sup>3</sup>Coefficientes polinomio humedad ambiental promedio

a = 8.575043E+01    b = 2.6643026E-01    c = -2.052879E-02    d = 5.980317E-04    e = -9.003569E-06  
f = 8.071765E-08    g = -4.655883E-10    h = 1.801660E-12    i = -4.736994E-15    j = 8.213198E-18  
k = -7.966363E-21    l = -5.758933E-25    m = 1.551844E-26    n = -2.726694E-29    o = 2.774189E-32  
p = -1.881530E-35    q = 8.667583E-39    r = -2.620871E-42    s = 4.711367E-46    t = -3.825817E-50

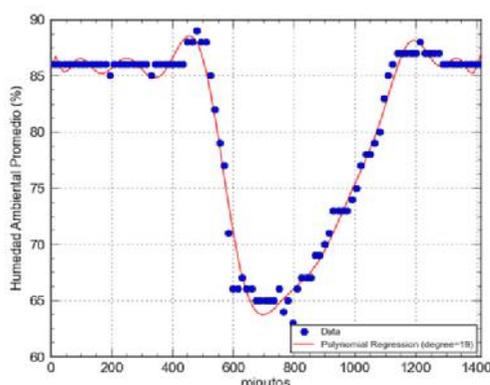


Figura 3. Humedad ambiental promedio  $H(t)$  desecado del cacao en Chuao, estado Aragua en la zafra decembrina 2007.

en el que se consigue la mayor irradiación solar y la mayor temperatura ambiente.

Los resultados revelan que la humedad relativa del ambiente inicia un proceso de descenso desde 87% en el tiempo 0 (00:00) hasta 63% a los 760 minutos (12:40 p.m.). Luego gana humedad nuevamente, con una tasa de variación similar a la de descenso hasta adentrada la noche

(10:00 p.m.), punto donde alcanzó una humedad de 87%; de allí, hasta la mañana siguiente, la razón de incremento de la humedad decrece haciendo la pendiente de la curva casi horizontal hasta la mañana del día siguiente.

Variables patrón: humedad y acidez final del cacao

El Cuadro 1 muestra los resultados obtenidos para el porcentaje de humedad (%) de los granos de cacao en función del tiempo de secado (min) para cada día de secado.

Se evidencia una disminución del contenido de humedad en la medida en que aumenta el tiempo de secado y con el transcurso de los días. Se aprecia que durante los tres (3) primeros días, la pérdida de humedad fue rápida. A partir del cuarto día, este comportamiento cambia y se observa que la pérdida de humedad es cada vez más lenta hasta llegar al séptimo día. Además, se presentó un comportamiento higroscópico en la masa de cacao durante el período de almacenamiento nocturno (valores en negrilla en los días 3; 4; 6; 7 y 8); donde experimentó

Cuadro 1. Valores obtenidos para la humedad (%) del cacao en función del tiempo (min) para los diferentes días de secado.

Tiempo (min)	Humedad (%) del cacao por días de secado								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	50,93 d	37,72 bcd	33,21 g	24,02 g	14,31 e	9,88 b	9,64 j	7,78 g	6,92 d
20	50,42 d	39,14 e	32,75 g	21,37 f	12,73 d	9,82 b	8,34 i	6,74 cd	5,70 a
40	50,25 d	38,10 cd	30,37 f	18,95 e	11,77 c	<b>8,97 a</b>	8,26 i	6,92 cde	5,98 ab
60	44,07 b	37,14 b	26,41 d	18,36 e	12,00 c		8,11 hi	6,83 e	6,10 c
80	45,79 c	38,49 de	27,76 e	18,04 e	11,95 c		7,72 fg	6,63 bc	6,21 c
100	46,59 c	37,27 bc	29,38 f	15,70 d	12,64 d		7,51 def	6,54 bc	5,98 ab
120	43,89 b	37,06 b	25,64 cd	18,04 e	10,90 b		7,48 def	7,27 ef	6,96 d
140	41,13 b	33,69 a	24,24 b	15,70 d	10,93 b		7,07 c	6,18 ab	
160	40,39 a		24,88 cb	16,23 d	10,47 b		7,83 gh	6,51 bc	
180			25,04 cd	15,94 d	10,89 b		7,25 cd	7,46 fg	
200			<b>22,79 a</b>	14,72 bc	10,49 b		7,55 ef	7,00 de	
220				14,33 ab	10,59 b		7,49 def	6,48 bc	
240				15,96 ab	9,36 a		7,28 cd	<b>5,84 a</b>	
260				13,56 a	10,70 b		6,76 b		
280				14,07 ab			6,43 a		

Cada valor representa el promedio de tres determinaciones (n=3). Los valores en cada fila con al menos una letra en común no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí a un nivel de significancia de 5% (P<0.05).

pequeños incrementos en su contenido de humedad debido a la absorción de agua proveniente de la humedad del aire circundante.

En la Figura 4, se presenta la curva de secado obtenida en el patio de secado solar tradicional de la localidad bajo estudio durante la zafra decembrina 2007. Esto se corresponde con el comportamiento de la pérdida de humedad del cacao durante el proceso de deshidratado solar consecutivamente día por día.

Se destacan dos puntos: en el primero, la tasa de extracción de humedad de los granos de cacao expuestos directamente al sol en función del tiempo de exposición. En segundo lugar, la humedad de la masa de cacao al iniciar el proceso de secado fue de aproximadamente 51%. Al finalizar el proceso la humedad alcanzó

el valor de 7%, aproximadamente; valores equivalentes con lo expresado por el Instituto Nacional de Nutrición (INN 2001).

En la Figura 5 se observa la línea de tendencia para la variación de la humedad del cacao. Se desprende que la mejor aproximación estadística que representa el comportamiento de la humedad del cacao durante el proceso de secado tradicional al sol resulta en un polinomio de grado 5, de la forma:

$$\text{Humedad cacao } (t) = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 + f^5$$

con CR = 0,996363 y una DS = 1,131872. Por otra parte, de la línea de tendencia se verifica que la humedad crítica resulta en 30,37%, asociada al tiempo crítico de 380 min y un tiempo total de deshidratado de 1.900 min consecutivos.

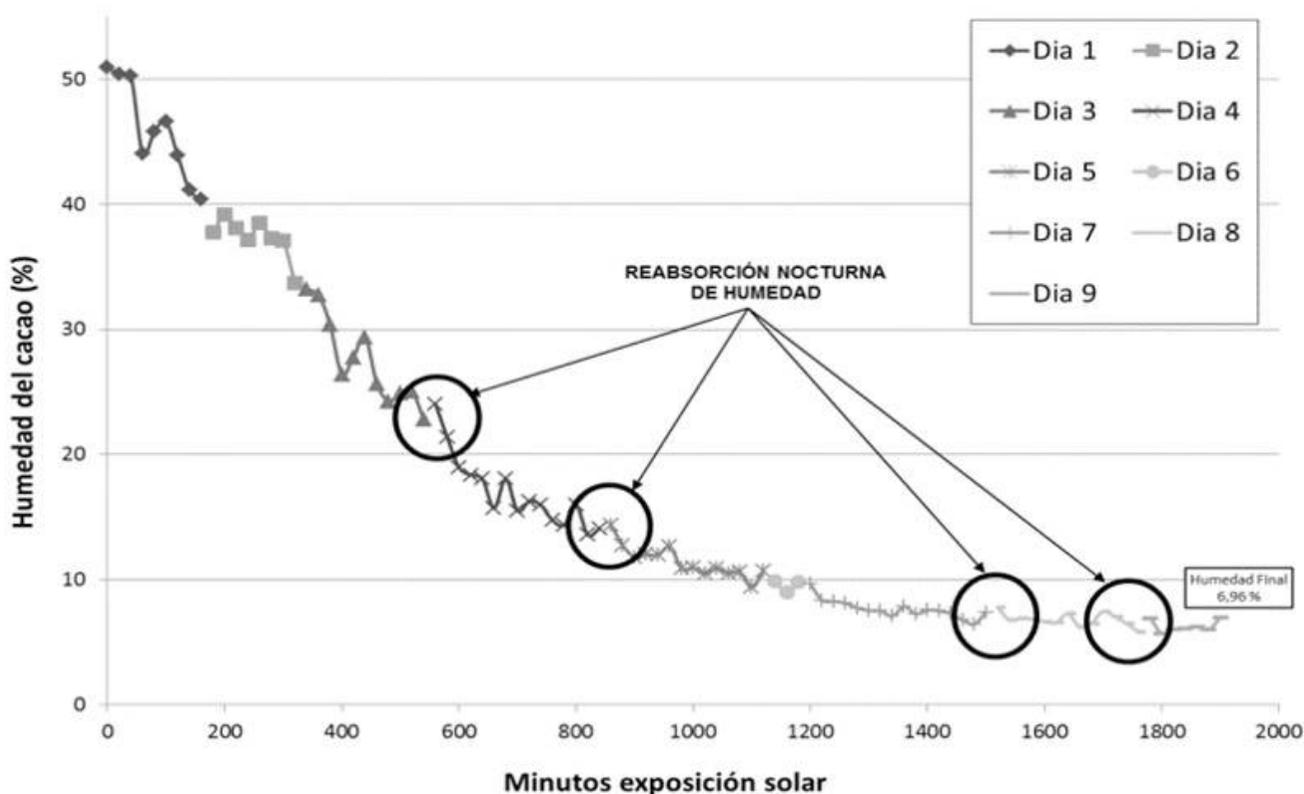


Figura 4. Curva de secado del cacao de Chuao, estado Aragua, obtenida en patio de secado tradicional al sol en la zafra decembrina 2007.

<sup>4</sup>Coefficientes polinomio línea de tendencia para variación de humedad del cacao

a = 5.025871E+01 b = -4.768937E-02 c = -4.296358E-05 d = 9.493200E-08 e = -5.400390E-11 f = 1.028359E-14

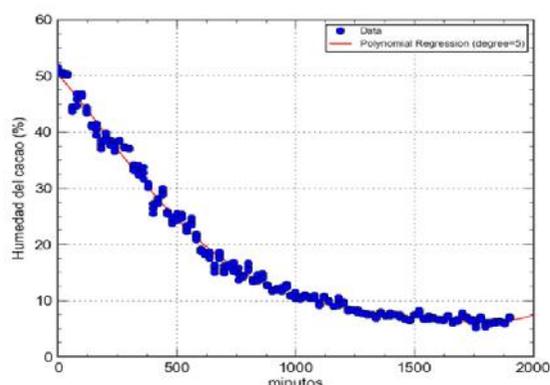


Figura 5. Línea de tendencia para variación de la humedad del cacao de Chuao, estado Aragua, durante zafra decembrina 2007.

El Cuadro 2, muestra los valores de la acidez titulable de las muestras de cacao evaluadas. Se observa que los valores promedios ( $X^*$ ) de este parámetro para cada uno de los diferentes días de secado oscilaron entre 0,84 y 0,98 %.

Los valores difieren de los obtenidos por Grazani et al. (2003) en granos forastero trinitario

cosechado en Cumboto, estado Aragua y que oscilaron entre 0,3 - 0,35 %; mientras que, Ortíz et al. (2004) reportan valores de 1,01 - 1,10 % en mezclas de cacao tipo forastero y criollo fermentados y secados de la misma localidad (Cumboto); estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos en el presente estudio.

## CONCLUSIONES

El comportamiento de la variable temperatura ambiental promedio  $T(t)$ , se presenta como un polinomio de grado 19, con una DS = 0,416217 y un CR = 0,989267. La irradiación solar promedio  $I(t)$ , un polinomio de grado 5, cuya DS = 30,287368 y CR = 0,993219. La variable humedad ambiental promedio  $H(t)$ , representada mediante un polinomio de grado 19, con una DS= 1,211358 y un CR= 0,991878.

La humedad de la masa de cacao al iniciar el proceso de secado es de 50,93 % y la humedad al finalizar el proceso alcanzó el valor de 6,96%.

El cacao mostró un comportamiento higroscópico durante el periodo de almacenamiento nocturno,

Cuadro 1. Valores obtenidos para la humedad (%) del cacao en función del tiempo (min) para los diferentes días de secado.

Tiempo (min)	Humedad (%) del cacao por días de secado								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,95 abe	0,91 bde	0,90 ac	0,78 af	0,89 a	0,74 ag	0,95 a	0,84 bcfg	1,06 d
20	0,85 abe	0,88 bde	0,85 ac	0,75 af	0,95 a	1,08 ag	0,82 a	0,96 bcfg	0,99 d
40	1,13 abe	0,89 bde	0,77 ac	0,79 af	0,93 a	<b>0,76 ag</b>	0,78 a	0,71 bcfg	1,03 d
60	0,77 abe	0,90 bde	0,76 ac	0,79 af	0,77 a		0,87 a	1,18 bcfg	1,07 d
80	0,89 abe	0,93 bde	0,83 ac	0,85 af	0,79 a		0,85 a	0,99 bcfg	0,79 d
100	0,86 abe	0,91 bde	0,90 ac	0,83 af	0,82 a		0,81 a	0,94 bcfg	0,70 d
120	0,79 abe	0,91 bde	0,97 ac	0,77 af	0,88 a		0,96 a	0,72 bcfg	1,16 d
140	0,91 abe	1,17 db	0,80 ac	0,97 af	0,85 a		0,82 a	0,80bcfg	
160	0,79 abe		0,88 ac	0,89 af	0,74 a		0,60 a	0,89 bcfg	
180			0,89 ac	0,86 af	0,94 a		0,83 a	0,85 bcfg	
200			<b>0,84 ac</b>	0,85 af	0,85 a		0,73 a	1,06 bcfg	
220				0,78 af	0,76 a		0,80 a	0,93 bcfg	
240				0,86 af	0,72 a		0,85 a	<b>0,83 bcfg</b>	
260				0,93 af	0,81a		0,83 a		
280				0,82 af			0,76 a		
$X^*$	0,89 abe	0,94 bde	0,85 ac	0,84 af	0,84 a	0,86 ag	0,82 a	0,91 bcfg	0,98 d

Cada valor representa el promedio de tres determinaciones (n=3). Los valores en cada fila con al menos una letra en común no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí a un nivel de significancia de 5% ( $P < 0.05$ ).

donde experimentó pequeños incrementos de humedad debido a la absorción de agua proveniente de la humedad del aire circundante.

La correlación entre variables atmosféricas y la variación de la humedad del cacao durante el secado, se presenta con una línea de tendencia en un polinomio de grado 5 con  $CR = 0,996363$  y una  $DS = 1,131872$ . La humedad crítica resultó en 30,37%, asociada al tiempo crítico de 380 minutos y un tiempo de deshidratado de 1.900 minutos consecutivos.

El rango para la acidez total titulable estuvo comprendido entre 0,84 - 0,98 %.

### LITERATURA CITADA

- Álvarez, C; Tovar, L; García, H; Morillo, F; Sánchez, P; Girón, C; De Farías, A. 2010. Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola* 10(1):76–87.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, USA). 1980. *Official Methods of Analysis* (en línea). Consultado 15 jun. 2007. Disponible en: <https://archive.org/stream/gov.law.aoac.methods.1980/aoac.methods.1980>.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists, USA). 1990. *Official Methods of Analysis* (en línea). Consultado 15 jun. 2007. Disponible en: <https://archive.org/details/gov.law.aoac.methods.1.1990>.
- Dilip, J; Rajeev, KJ. 2004. Performance evaluation of an inclined multi-pass solar air heater with in-built thermal storage on deep-bed drying application. *Journal of Food Engineering* 65:497–509.
- Graziani de Fariñas, L; Ortiz de Bertorelli, L; Parra, P. 2003. Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Trop.* 53 (2):133–144.
- González, E. 2007. Denominación de origen “Cacao Chuao”, Venezuela. IICA & FAO: 14.
- INAMEH (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, Venezuela). Sistema de consultas de datos hidrometeorológicos, datos en hora legal de Venezuela (HLV) (en línea). Consultado 20 jun. 2007. Disponible en: <http://estaciones.inameh.gob.ve/descargaDatos/vistas/bajarArchivo.php>.
- INN (Instituto Nacional de Nutrición, Venezuela). 2001. *Tabla de Composición de Alimentos para uso práctico*. Revisión 1999. Primera reimpresión; 539 p.
- Manoj, M; Manivannan, A. 2013. Simulation of solar dryer utilizing greenhouse effect for cocoa bean drying. *International Journal of Advanced Engineering Technology* April-June: 24-27.
- Oke, DO; Omotayo, KF. 2012. Effect of forced-air artificial intermittent drying on cocoa beans in South-Western Nigeria. *Journal of Cereals and Oil seeds* 3(1): 1-5.
- Ortiz de Bertorelli, L; Camacho, G; Graziani de Fariñas, L. 2004. Efecto del secado sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agronomía Tropical* 54(1): 31–34.
- Pangavhane, DR; Sawhney, RL; Sarsavadia, PN. 2002. Design, development and performance testings of a new natural convection solar dryer. *Energy* 27: 579-590.
- Pastrana, A. 2014. Nopal (*Opuntia lasiacantha*) drying using an indirect solar dryer. *Energy Procedia* 57:2984–2993.
- Posso, F; González, J; Guerra, F; Gómez, H. 2014. Estimación del potencial de energía solar en Venezuela utilizando sistemas de información geográfica. *Revista Geográfica Venezolana* 55(1): 27-43.
- Tinoco, HA; Ospina, DY. 2010. Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado *Revista EIA* 13: 53-63.
- Zambrano, A; Gómez, A; Ramos, G; Romero, C; Lacruz, C; Rivas, E. 2010. Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agronomía Tropical* 60(4): 389-396.

## NOTA TÉCNICA

### Caracterización de 24 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* L.

#### Characterization of 24 accessions of *Phaseolus vulgaris* L. and three of *P. lunatus* L.

Oralys León-Brito<sup>1\*</sup>, Delvalle Mark<sup>2</sup>, Ramiro De La Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA)-Centro Nacional de Investigaciones Agrícola (CENIAP), Maracay, Venezuela. <sup>2</sup>INIA-Monagas, Maturín, Venezuela. <sup>3</sup>INIA-Portuguesa, Guanare, Venezuela. \*Correo electrónico: oralys927@gmail.com

#### RESUMEN

Los recursos fitogenéticos representan el germoplasma básico en la mejora genética de los cultivos. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar 24 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* L. Estas son provenientes de diferentes regiones de Venezuela y están conservadas en el Banco de Germoplasma de Leguminosas del INIA-CENIAP. El ensayo se estableció en la localidad de Ipure, municipio Acosta, estado Monagas. Cada accesión fue sembrada en una hilera de 3 m, con distancia entre hileras de 0,60 m y 0,20 m entre plantas, colocándose dos semillas por punto. Se evaluaron caracteres cualitativos y cuantitativos en 10 plantas seleccionadas al azar por accesión, con los descriptores del CIAT e IPGRI. Se efectuó un análisis de agrupamiento jerárquico y distancia euclidiana promedio para agrupar las accesiones con los caracteres cuantitativos, número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vaina (NSV) y peso de 100 semillas. También la estadística descriptiva de los grupos conformados. Los datos fueron procesados con el programa InfoStat®. El color morado de la flor predominó en 85,19%. El 62,96% de las accesiones mostraron hábito de crecimiento indeterminado. En las características de las semillas se encontró que 77,78% son de tamaño pequeña, 81,48% color negra, con brillo de intensidad opaco (96,30%). La forma de la semilla fue la de mayor variación, aunque el 74,07% arriñonada recta en el lado del hilo. El análisis de conglomerados permitió diferenciar siete grupos. Dos accesiones de *P. vulgaris* y una de *P. lunatus* se distinguieron del resto.

**Palabras clave:** Banco de germoplasma, leguminosa, recursos fitogenéticos, variabilidad genética.

Recibido: 22/03/16 Aprobado: 29/11/16

#### ABSTRACT

Plant genetic resources represent the basic germplasm of genetic improvement of crops. The objective of the present work was to characterize of 24 accessions of *Phaseolus vulgaris* L. and three of *P. lunatus* L. These are from different regions of Venezuela and conserved in the Leguminous Germplasm Bank of INIA-CENIAP. The assay was established in town of Ipure, Acosta municipality, Monagas state. Each accession was planted in a row of 3 m, with distance between rows of 0.60 m and 0.20 m between plants, placing two seeds per point. Qualitative and quantitative characteristics were evaluated in 10 plants selected at random by accession, with descriptors of CIAT and IPGRI. A hierarchical clustering analysis and average Euclidean distance was performed with the quantitative characteristics number of pods per plant (NVP), number of seeds per pod (NSV) and weight of 100 seeds for the conformation of the groups. Also the descriptive statistic of the conformed groups. The data was processed through the InfoStat® program. The purple color of the flower predominated in 85.19%. The 62.96% of the accessions showed indeterminate growth habit. In the characteristics of the seeds it was found that 77.78% are small, 81.48% black, with opaque intensity brightness (96.30%). The shape of the seed was the one with the greatest variation, although 74.07% straight kidney on the side of the thread. The cluster analysis allowed differentiates seven groups. Two accessions of *P. vulgaris* and one of *P. lunatus* were distinguished from the rest.

**Key words:** Germplasm Bank, legume, plant genetic resources, genetic variability.

## INTRODUCCIÓN

Los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (RFAA) representan elementos esenciales en el mejoramiento genético de los cultivos; principalmente ante las nuevas plagas y cambios de las condiciones ambientales (Andreas 2006 y Griffin *et al.* 2015). La conservación de estos recursos permite recuperar el cultivo de especies y variedades tradicionales (Griffin *et al.* 2015).

La caracterización y evaluación de los recursos fitogenéticos son fundamental para el desarrollo de programas de mejoramiento convencional, mejoramiento participativo y mejoramiento asistido con técnicas biotecnológicas (Vargas-Vásquez *et al.* 2008 y Griffin *et al.* 2015). Además, cumplen una función vital en el desarrollo sostenible de la agricultura, ayudan a aumentar la producción de alimentos y a combatir el hambre y la pobreza (Rao 2007).

En Venezuela, el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) cuenta con la Unidad de Conservación de Recursos Fitogenéticos (UCRFG), ubicada en el Centro de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP) en Maracay, estado Aragua. En el Banco de Germoplasma de Leguminosas de esa Unidad se resguarda y conserva una colección con más de 3.000 accesiones del género *Phaseolus*. Estos corresponden a cultivares locales e introducidos. Se ha evaluado una proporción de estos recursos genéticos, de acuerdo a caracteres morfológicos y moleculares (Medina *et al.* 2013 y Pérez *et al.* 2013).

Las leguminosas de grano, representan rubros estratégicos para la alimentación de la población venezolana. Por tal razón, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar 24 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* L.; que son provenientes de diferentes regiones agroecológicas del país y están conservadas en el Banco de Germoplasma de leguminosas del INIA-CENIAP.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la localidad Ipure, municipio Acosta del estado Monagas, con coordenadas de 10°06'45,9" N y 63°45'15" O y altitud de 630 m.s.n.m. La zona se caracteriza

por un bosque húmedo montañoso de clima templado, con temperatura promedio anual de 23,7 °C y precipitación anual de 975 mm.

Previo al establecimiento del ensayo se efectuó un análisis de suelo con fines de fertilidad a una profundidad de 20 cm, en el Laboratorio de suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícola en el estado Guárico (INIA-Guárico). Los resultados arrojaron un suelo de textura franco-arcillosa, con presencia de 7 mg.kg<sup>-1</sup> de fósforo (bajo), 93 mg.kg<sup>-1</sup> de potasio (medio), 1000 mg.kg<sup>-1</sup> de calcio (alto), más 150 mg.kg<sup>-1</sup> de magnesio (alto), 6,32% de materia orgánica (alta), pH de 6,0 y conductividad eléctrica menor a 0,05 en 1:5 dS m<sup>-1</sup> (baja).

El ensayo se desarrollo durante el periodo octubre 2008-enero 2009. Las 24 accesiones de *P. vulgaris* L. y tres *P. lunatus* L. evaluadas se seleccionaron con base en la procedencia; y, se encuentran depositadas en el Banco de Germoplasma de Leguminosas de la UCRFG del INIA-CENIAP, Maracay, estado Aragua (Cuadro 1). Cada accesión se sembró en una hilera de tres metros, con una distancia entre hileras de 0,60 m y 0,20 m entre plantas, colocándose dos semillas por punto.

El manejo agronómico del experimento se ejecutó de acuerdo al aplicado por los agricultores de la zona, con uso limitado de agroquímicos. Se efectuaron labores de campo como control de malezas manual y se aplicó riego por gravedad mediante surcos con una frecuencia de siete días, durante el desarrollo del cultivo.

Se evaluaron caracteres cualitativos y cuantitativos en 10 plantas seleccionadas al azar por accesión, de acuerdo a los descriptores del CIAT (Muñoz *et al.* 1993) y del IPGRI (2001). Estos corresponden a color de la flor, hábito de crecimiento de las plantas, color de la semilla, brillo de la semilla y forma de la semilla, número de vainas por planta (NVP), número de semillas por vainas (NSV) y peso de 100 semillas (P100S) ajustado a un 12% de humedad.

Se realizó un análisis de agrupamiento jerárquico, con la distancia euclideana promedio para la conformación de los grupos. El corte que definió el número de grupos del dendrograma fue por el método visual, donde se especifica el nivel de agrupamiento por conveniencia (Albuquerque 2005; Barroso y Artes 2003), eligiéndose como

Cuadro 1. Datos de pasaporte de las 24 accesiones de *P. vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* LW. caracterizadas.

N°	Especie	Nomenclatura de colecta	Código ingreso BGL	Nombre vulgar	Localidad	Estado	Altitud m.s.n.m.	Latitud	Longitud
1	<i>P. vulgaris</i> L.	DP-06-06-064	I-2539	Guarere	Mercado Municipal de la Grita, municipio Jáuregui.	Táchira	1450	8°08'00"	71°59'00"
2		MGM-08-02-026	I-2239	La Poncha	Río Cocollar.	Monagas	673	10°09'00"	63°46'00"
3		MGM-10-02-040	I-2315	Caraota negra	Escaguey.	Mérida	2219	8° 41' 26"	70° 59' 19"
4		MGM-10-02-104	I-2370	Caraota rosada	San Pablo, Las Cuatro Esquinas.	Mérida	1473	8° 16' 43"	71° 48' 45"
5		AB-02-01-017	I-2208	Caraota negra	Los Médanos.	Apure	179	7°43'00"	67°08'79"
6		MGM-10-02-032	I-2307	Caraota negra	Las Piedras, Bodega Las Piedras, municipio Cardenal Quintero.	Mérida	1704	8° 53' 23"	70° 38' 16"
7		MGM-08-02-013	I-2233	Tococa	Agua Blanca.	Sucre	464	10°14'00"	63°49'01"
8		DP-06-06-065	I-2540	Caraota negra	Mercado Municipal de la Grita, municipio Jáuregui.	Táchira	1450	8°08'00"	71°59'00"
9		DP-06-06-121	I-2583	Caraota negra de la Grita	Mercado de la Ermita, San Cristóbal, municipio San Cristóbal.	Táchira	900	7°46'05"	72°13'56"
10		DP-03-01-020	I-2147	Caraota negra criolla.	San Francisco de Macaira.	Guárico	1681	9°57'33"	66°15'59"
11		AM-01-00-001	I-2035	Caraota papa	Santa Rosa del Sur.	Carabobo	790	10°09'	67°38'21"
12		JA-01-00-009	I-2034	Caraota negra de matices	Las Tortugas, Piritu.	Portuguesa	230	9°25'35"	68°12'49"
13		MGM-10-02-003	I-2282	Caraota negra	El Encanto Fresco, Los Gochos, Calle Sucre. Guanare.	Portuguesa	194	9° 02' 29"	69° 45' 18"
14		MEM-10-00-013	I-2048	Duaqueña, Chimbirita, Tartaguita	Guapa Arriba, municipio Andrés Eloy Blanco.	Lara	859	9°39'30"	69°36'25"

...continua

## ...continuación Cuadro 1.

N°	Especie	Nomenclatura de colecta	Código ingreso BGL	Nombre vulgar	Localidad	Estado	Altitud m.s.n.m.	Latitud	Longitud
15		MGM-10-02-029	I-2305	Caraota negra	Pueblo Llano.	Mérida	2194	8° 54' 58"	70° 39' 34"
16		MEM-03-02-018	I-2220	caraota negra	El Guamal- Eneal, municipio Crespo.	Lara	781	10°18'00"	69°10'00"
17		DP-06-06-113	I-2576	Caraota negra de zorca	Mercado de la Ermita, San Cristóbal, municipio San Cristóbal.	Táchira	900	7°46'05"	72°13'56"
18		MGM-10-02-043	I-2318	Caraota negra	Tabay.	Mérida	1724	8° 37' 54"	71° 04' 48"
19		DP-0301-017	I-2144	Guaimarita	El Roble.	Miranda	147	9°54'24"	66°24'55"
0	<i>P. vulgaris</i> L.	DON-12-06-006	I-2491	Caraota negra	Monte Carmelo.	Lara	1651	9°43'53"	69°37'1"
21		DP-06-06-076	I-2550	Caraota negra	municipio José María Vargas	Táchira	2200	8°02'06"	72°03'26"
22		DP-06-06-116	I-2579	Negra de matica	Mercado de la Ermita, San Cristóbal, municipio San Cristóbal.	Táchira	900	7°46'05"	72°13'56"
23		DP-03-01-026	I-2148	Caraota negra de Macaira.	San Rafael de Orituco.	Guárico	60	9°49'21"	66°24'18"
24		DP-06-06-115	I-2578	Blanca	Mercado de la Ermita, San Cristóbal, municipio San Cristóbal.	Táchira	900	7°46'05"	72°13'56"
25		DON-06-01-001	I - 56	Tapiramo blanco con vinotinto	S/I	S/I	S/I	S/I	S/I
26	<i>P. lunatu</i> L.	AM-02-00-010	I - 26	Tapiramo	Mercado Mayorista, Barquisimeto.	Lara	312	10°03'00"	69°08'01"
27		DP-03-01-021	I - 40	Guaracara	San Francisco de Macaira.	Guárico	1681	9°57'33"	66°15'59"

Fuente: Banco de Germoplasma de Leguminosas (BGL) de la UCRFG del INIA-CENIAP- Maracay, estado Aragua. S/I: Sin información.

punto de corte la distancia euclídeana promedio de 0,80. Posteriormente se efectuó la estadística descriptiva de los grupos conformados. Los datos fueron procesados a través del InfoStat® (Di Renzo et al. 2016).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La descripción de los caracteres cualitativos color de la flor, hábito de crecimiento, tamaño, forma, color y brillo de la semilla; de las accesiones caracterizadas se presentan en el Cuadro 2. En el color de la flor predominó el morado (85,19%), seguido de blanca (11,11%) y lila (3,70%).

El hábito de crecimiento fue 37,04% determinado y 62,96% indeterminado. Castañeda y Granda (2016) indican que el hábito de crecimiento se refiere a la forma general de la planta, lo cual abarca una serie de componentes como la duración del tallo y el patrón de ramificación.

Cuando el tallo termina en una inflorescencia, se dice que la planta es de hábito de crecimiento determinado; si por el contrario, el tallo presenta en su parte terminal un meristemo vegetativo, la planta es de hábito de crecimiento indeterminado (Morros 2001). Esta característica puede definirse como la interacción de varios caracteres de la planta que determinan su arquitectura final (CIAT 1984) y es un indicador variable entre genotipos Medina et al. (2013).

En referencia a las características de las semillas se encontró que el tamaño estuvo representado en mayor porcentaje (77,78%) por las semillas pequeñas. El 22,22% restante correspondió a las semillas medianas y grandes, con igual proporción (11,11%) para ambos tamaños. Esta medida se determina con el peso de 100 semillas y de acuerdo a las normas internacionales de la ISTA (Muñoz et al. 1993). Las semillas con peso menor a 25 g, se clasifican como pequeñas; mediana, si el peso está entre 25-40 g y grande cuando el peso es mayor a 40 g.

En un estudio de variabilidad genética en acervos primarios de caraota, Medina et al. (2013) concluyeron que el tamaño de semilla pequeña estuvo asociado con el acervo Mesoamericano; todas las semillas grandes estuvieron asociadas con el acervo Andino. Demostraron que el tamaño de semilla es un carácter morfológico eficiente para separar los grupos de accesiones

de acuerdo a los centros de domesticación de la caraota en Venezuela.

En cuanto al color, el mayor porcentaje fue de semillas negras (81,48%) y el resto blanca (11,11%), marrón (3,70%) y rosada (3,70%). El predominio de accesiones con semillas de color negra, principalmente de la especie *P. vulgaris* L., está relacionado con la preferencia de las caraotas negras en la población venezolana. En la intensidad del brillo se encontró que el 96,30% de las accesiones presentaron semillas opacas y 3,70% brillante, que correspondió a una de las especies de *P. lunatus* L.; mientras que, las semillas de las 24 accesiones de *P. vulgaris* L. fueron opacas, condición que mostró también las dos accesiones restantes de *P. lunatus* L.

La forma de la semilla fue la característica de mayor variación, aunque el 74,07% correspondió a arriñonada, recta en el lado del hilo. Las otras formas fueron arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo (7,41%), ovoide (7,41%), elíptica (3,70%), alargada ovoide (3,70%) y alargada casi cuadrada (3,70%); esta última se presentó en una accesión *P. lunatus* L. y las dos restantes de esta especie se caracterizaron por semillas de forma arriñonada, recta en el lado del hilo.

Franco e Hidalgo (2003) indican que las técnicas estadísticas multivariadas son herramientas útiles para caracterizar germoplasma. Estas consisten en agrupar un conjunto de accesiones, de acuerdo al análisis simultáneamente de varias características; además de considerar la relación existente entre todos los caracteres en estudio. De acuerdo a los caracteres cuantitativos, NVP, NSV y P100S, de las 27 accesiones del género *Phaseolus*, el análisis de conglomerados permitió distinguir siete grupos (Figura 1). Se utilizó como índice de similaridad la distancia euclídeana promedio de 0,80. En el Cuadro 3 se muestra la estadística descriptiva de los grupos.

El grupo 1 lo constituyen siete accesiones, de las cuales una pertenece a la especie *P. lunatus* L. y seis a *P. vulgaris* L. De acuerdo a los coeficientes de variación mostrados en las características cuantitativas evaluadas, el grupo fue uniforme (Cuadro 3). Estas accesiones proceden de diferentes áreas geográficas del país y, también, muestran características cualitativas uniformes, con excepción del hábito de crecimiento (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de los caracteres cualitativos evaluados en 24 accesiones *P. vulgaris* L. y *P. lunatus* L. conservadas en el Banco de germoplasma de leguminosas de la UCRFG del INIA CENIAP, Maracay, Venezuela.

N° accesión	Código de ingreso BGL*	Especie	Color de la flor	Hábito de crecimiento	Tamaño	Semilla		
						Forma	Color	Brillo
1	I-2539		Morada	Determinado	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
2	I-2239		Blanca	Indeterminada	Mediada	arriñonada, recta en el lado del hilo	Blanca	Opaca
3	I-2315		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
4	I-2370		Blanca	Determinado	Grande	alargada ovoide	Marrón	Opaca
5	I-2208		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
6	I-2307		Morada	Determinado	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
7	I-2233		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
8	I-2540	<i>P. vulgaris</i> L.	Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
9	I-2583		Morada	Determinado	Pequeña	Ovoide	Negra	Opaca
10	I-2147		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
11	I-2035		Lila	Indeterminada	Grande	Elíptica	Rosada	Opaca
12	I-2034		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo	Negra	Opaca
13	I-2282		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
14	I-2048		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca

...continúa

...continuación Cuadro 2.

N° accesión	Código de ingreso BGL*	Especie	Color de la flor	Hábito de crecimiento	Semilla			
					Tamaño	Forma	Color	Brillo
15	I-2305		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
16	I-2220		Morada	Indeterminada	Mediada	arriñonada, curva en el lado opuesto al hilo	Negra	Opaca
17	I-2576		Morada	Determinada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
18	I-2318		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
19	I-2144		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
20	I-2491	<i>P. vulgaris</i> L.	Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
21	I-2550		Morada	Determinada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
22	I-2579		Morada	Determinada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
23	I-2148		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
24	I-2578		Blanca	Determinada	Mediada	alargada ovoide	Blanca	Opaca
25	I - 56		Blanca	Determinada	Grande	alargada, casi cuadrada	Blanca	Brillante
26	I - 26	<i>P. lunatus</i> L.	Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca
27	I - 40		Morada	Indeterminada	Pequeña	arriñonada, recta en el lado del hilo	Negra	Opaca

\*Banco de Germoplasma de Leguminosas (BGL) de la UCRFG del INIA-CENIAP- Maracay, estado Aragua.

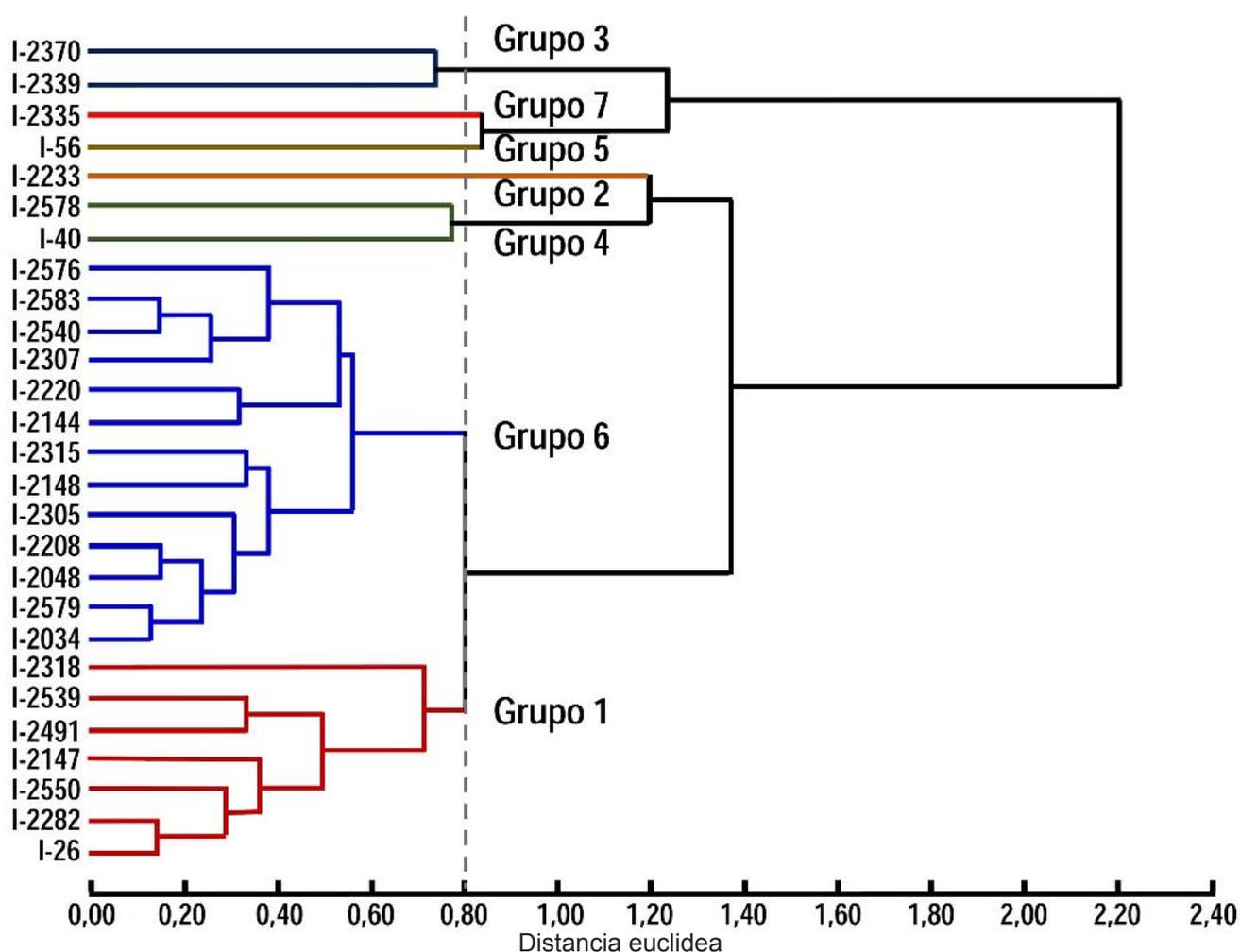


Figura 1. Dendrograma de agrupamiento por similitud de caracteres cuantitativos NVP, NSV y P100S evaluados en 24 accesiones de *P. vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* L.

De los siete grupos conformados, tres (2; 5 y 7) están integrados por una accesión cada uno. De estos, el grupo 2 y el 7 lo componen las únicas accesiones de *P. vulgaris* L. evaluadas de los estados Sucre y Carabobo, respectivamente. El grupo 5, corresponde a una de las tres accesiones de la especie *P. lunatus* L., que se distinguió de las otras dos en todas los caracteres evaluados.

El grupo 3 lo constituyen dos accesiones de la especie *P. vulgaris* L., que presentan semejanza en el NVP, NSV e intensidad del brillo de la semilla. El resto de los caracteres cualitativos y cuantitativos evaluados no coinciden. Con respecto al P100S, este grupo mostró el coeficiente de variación más alto (19,47%, Cuadro 3). Esto indica que las accesiones que lo integran (I-2239 e I-2370) tienen tamaño

de semilla diferente (mediana y grande, respectivamente).

El grupo 4 también conformado por dos accesiones, una de *P. lunatus* L. y una de *P. vulgaris* L., con un NVP promedio de 9,75 y coeficiente de variación de 7,98%. Para el NSV y P100S los coeficientes de variación superaron el 10%, con 13,99% y 14,11%, respectivamente (Cuadro 3), que son valores aceptables. Con excepción del brillo de la semilla (Cuadro 2), el resto de los caracteres cualitativos de las dos accesiones mostraron diferencias.

El grupo 6 fue el más numeroso, con 13 accesiones de *P. vulgaris* L. Estas corresponden con áreas agrícolas de diferentes estados del país. Los coeficientes de variación de las

Cuadro 3. Estadística descriptiva de grupos similares de 24 accesiones de *P. vulgaris* L. y tres de *P. lunatus* L. conformados de acuerdo a los caracteres cuantitativos evaluados.

Grupo	N° de accesiones	NVP			NSV			P100S		
		Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV	Media	D.E.	CV
1	7	16,99	1,23	7,24	5,43	0,35	6,44	20,93	1,17	5,60
2	1	9,50	0,00	0,00	6,10	0,00	0,00	18,40	0,00	0,00
3	2	13,15	0,21	1,61	3,60	0,14	3,93	35,95	7,00	19,47
4	2	9,75	0,78	7,98	4,55	0,64	13,99	23,55	3,32	14,11
5	1	9,50	0,00	0,00	2,90	0,00	0,00	48,50	0,00	0,00
6	13	13,89	0,71	5,08	5,25	0,36	6,85	20,55	2,64	12,85
7	1	8,60	0,00	0,00	3,80	0,00	0,00	41,90	0,00	0,00

NVP: número de vainas por plantas. NSV: número de semillas por vainas. D.E.: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación (%).

características cuantitativas (Cuadro 3) muestran uniformidad para el NVP y NSV, así como un valor aceptable del P100S. En las características cualitativas de esas accesiones (Cuadro 2) se muestra diversidad en el color de la flor, hábito de crecimiento, tamaño y forma de las semillas.

### CONCLUSIÓN

El análisis de conglomerado, con los caracteres cuantitativos NVP, NSV y P100S, permitió distinguir siete grupos. En estos, las tres accesiones de la especie *P. lunatus* L. se ubicaron en diferentes grupos, donde la I-56 fue la más variable y la única que representó el grupo V. De las 24 accesiones de *P. vulgaris* L., la I-2233 e I-2335 se diferenciaron del resto, de acuerdo a la mayoría de los caracteres evaluados y su procedencia.

### AGRADECIMIENTO

A Nayiri Camacaro, responsable de la UCRFG del INIA-CENIAP, por proporcionar las semillas y datos de pasaporte de las accesiones. A Renny Barrios, del INIA-Monagas, por su apoyo en el análisis estadístico de los resultados. A los agricultores de caraota de la comunidad de Ipure, municipio Acosta del estado Monagas, por facilitar el área de siembra del ensayo y apoyo en el desarrollo y evaluación de las accesiones en campo.

### LITERATURA CITADA

- Andreas W, E. 2006. Flujos de germoplasma facilitado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza dentro y fuera de Latinoamérica. Informe Especial Recursos Fitogenéticos. Recursos Naturales y Ambientes N° 53. 62-71 p.
- Albuquerque, MA. 2005. Estabilidade em análise de agrupamento (Cluster Analysis). Dissertação Mestrado em Biometria - Pernambuco, Brasil Universidade Federal Rural de Pernambuco. 62 p.
- Barroso, L; Artes, R. 2003. Análise Multivariada. Lavras: UFLA. 157 p.
- Castañeda, R; Granda, Y. 2016. Conociendo el material local de caraota negra Carmelinia. INIA Divulga 35: 19-23.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Morfología de la planta de frijol común; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audiotutorial sobre el mismo tema. Contenido científico: Debouck, Daniel G.; Hidalgo Rigoberto. Producción: Ospina O., Héctor F.; Flor M.; Carlos A. Cali, Colombia. CIAT. 56 p. (Serie 04SB-09.01).
- Di Renzo, JÁ; Casanoves, F; Balzarini, MG; González, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat,

- FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Franco, TL; Hidalgo, R. (eds). 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico N° 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
- Griffin, M; Pérez, D; Camacaro, N; Marín, C; León-Brito, O. 2015. Caracterización morfológica de semilla de accesiones locales del género *Vigna* conservadas en el Banco de Germoplasma del INIA-CENIAP. *Agronomía Tropical* 65 (3-4): 175-188.
- IPGRI. 2001. Descriptores para *Phaseolus vulgaris*. International Board of Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia. 45 p.
- Medina, A; Ramis, C; Pérez, D; Lagarde, P; De Farías, Y. 2013. Caracterización de variabilidad genética en acervos primarios de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), útiles para programas de premejoramiento genético. *Revista de la Facultad de Agronomía (UCV)* 39(1): 20-29.
- Morros, ME. 2001. Cultivo de la caraota con énfasis en el estado Lara. Maracay, Venezuela. Instituto de Investigaciones Agrícolas (INIA). Centro de Investigaciones Agropecuarias del estado Lara. Serie D N°2. INIA Ed. Lara, Venezuela. 74 p.
- Muñoz, G; Giraldo, G; Fernández, J. 1993. Descriptores varietales: Arroz, frijol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. pp. 51-80.
- Pérez, D; Camacaro, N; Morros, ME; Higuera, A. 2013. Leguminosas de grano comestible en Venezuela. Caraota, frijol y quinchoncho. *Agricultura en Venezuela* N° 1. José Luis Berroterán (Editor). Ediciones ONCTI, Caracas (Venezuela). 157 p.
- Rao, NK; Hanson, J; Dulloo, ME; Ghosh, K; Novell, D; Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma. *Manuales para Bancos de Germoplasma* N° 8. Bioversity International, Roma, Italia. 167 p.
- Vargas-Vázquez, MLP; Muruaga-Martínez, JS; Pérez-Herrera, P; Gill-Langarica, HR; Esquivel-Esquivel, G; Martínez-Damián, MÁ; Rosales-Serna, R; Mayek-Pérez, N. 2008. Caracterización morfoagronómica de la colección núcleo de la forma cultivada de frijol común del INIFAP. *Agrociencia* 42(7): 787-797.

## NORMAS DE PUBLICACIÓN (Instrucción a los Autores)

Agronomía Tropical publica cuatro categorías de trabajos: Artículos Científicos, Notas Técnicas, Trabajos Especiales y Revisiones Bibliográficas.

**a) Artículo Científico:** es un texto de carácter académico-científico que muestra el cumplimiento de normas específicas tanto en su estructura general como en su contenido. Cubre una extensa variedad de temas relacionados con la investigación e innovación tecnológica en las diversas disciplinas del conocimiento agrícola, bajo los paradigmas de investigación cuantitativo y cualitativo. Se redactan en vocabulario especializado y formal. Estos deberán ser de carácter innovadores y constituir un aporte al conocimiento científico, tecnológico o metodológico en el área de la producción agropecuaria sustentable y temas afines. La extensión del trabajo no debe exceder de 25 páginas a doble espacio, incluyendo cuadros, figuras y literatura citada. El trabajo debe incluir las siguientes secciones:

Estudios con enfoque cuantitativo:	Estudios con enfoque cualitativo:
- Introducción: Problema, justificación y objetivos.	- Introducción: Objeto de estudio, justificación y propósitos.
- Materiales y Métodos	- Metodología
- Resultados y Discusión	- Resultados y Hallazgos
- Conclusiones	- Conclusiones y/o aproximaciones
- Agradecimientos (opcional)	- Agradecimientos (opcional)
- Literatura citada.	- Literatura citada.

**b) Nota Técnica:** Son textos cortos que describen técnicas experimentales, equipos, fenómenos naturales, especies nuevas, resultados parciales o detalle de un trabajo que pueden tener algún interés en sí, aún desligados del conjunto de trabajo que se está realizando. Se usa también para adelantar información sobre resultados obtenidos u observaciones efectuadas, acerca de las cuales se informara después detalladamente en artículos, boletines o informes técnicos; también se aceptan reseñas de libros recientemente publicados. El mismo no deberá exceder de 12 páginas.

**c) Revisiones Bibliográficas:** son artículos acerca de temas que por los avances científicos, tecnológicos o metodológicos logrados en los mismos, requieren de una visión más completa, con el fin de facilitar la comprensión de los alcances de dichos adelantos. La información debe ser tratada en forma de disertación, análisis analítico o descriptivo, confrontación o comparación. Estos serán solicitados a especialistas de reconocida trayectoria profesional que hayan realizado aportes en los temas requeridos. El texto se presentará de forma libre y no deberá exceder de 8 páginas.

**d) Trabajos Especiales:** son trabajos de un área temática actualizada, de orden científico o técnico, así como de eventos científicos de relevancia nacional e internacional, donde entra a discusión temas de aspecto social, académico, científico, de interés de la sociedad. Los temas serán solicitados a especialistas de reconocida trayectoria profesional y que hayan realizado aportes importantes en los temas sugeridos. El texto se presentará de forma libre y no deberá exceder de 8 páginas.

Para publicar trabajos en las revistas científicas del INIA, los usuarios deben cumplir con los siguientes aspectos:

- a) **Idioma:** Los trabajos pueden escribirse en español, inglés o portugués.
- b) **Formato:** Deben ser escritos utilizando preferiblemente los procesadores de palabras *Open Office Writer*® o en su defecto *Microsoft Office Word*® en cualquiera de sus versiones recientes, fuente Arial tamaño 12 a doble espacio para el texto; para las tablas y referencias Arial tamaño 11.
- c) **Título:** El título será en el idioma correspondiente, con su respectiva traducción en el resumen. Se escribe en letras mayúsculas y minúsculas, debe ser claro y conciso. No debe exceder de 20 palabras. Debe identificar y describir concretamente el contenido del trabajo, sin abreviaturas. Sólo deben incluirse los nombres comunes de plantas, insectos u otras especies cuando se requiere, dejando como palabra clave el nombre científico de los mismos. No debe exceder de dos líneas sin puntos, exceptuando cuando exista alguna subdivisión del mismo.
- d) **Autor (es) y Afiliación:** Primer nombre completo, inicial del segundo y apellidos completos. Después de los nombres se usarán números en subíndices para identificar la información del autor o autores tal como: cargo, institución, correo electrónico, dirección postal donde trabajan. Debe usar el nombre completo de la institución con la abreviatura o siglas entre paréntesis. Igualmente, identificar con un asterisco al autor (es) que fungirá como autor de correspondencia. De manera opcional podrá indicarse alguna aclaratoria sobre la fuente de financiamiento de la investigación y proyecto al cual pertenece.
- e) **Resumen, Abstract o Resumem:** Cada trabajo debe tener un resumen de un párrafo no mayor de 250 palabras, que sea claro y comprensible, en los idiomas correspondientes. Para el caso de estudios con enfoque cuantitativo, se debe indicar de manera sucinta: objetivo (s), el problema, los métodos experimentales, resultados y conclusiones, sin sobrecargarlos con valores numéricos; para estudios con enfoque cualitativo se deben indicar: el propósito, objeto de estudio, la metodología, resultados y aproximaciones. Las referencias a cuadros, figuras y las abreviaturas no definidas, no son aceptables. Los entes biológicos y los suelos deben ser identificados por sus nombres científicos cuando son mencionados por primera vez en el resumen y la primera vez que aparezcan en el cuerpo del trabajo, sin repetirse en el cuerpo del artículo. El idioma del resumen será como se indica a continuación:
  - Trabajo en español: resumen en español e inglés (*Abstract*).
  - Trabajo en inglés: resumen en inglés (*Abstract*) y español (Resumen).
  - Trabajo en portugués: resumen en portugués (Resumem) y español (Resumen).
- f) **Palabras clave:** Son aquellas que permiten identificar el tópico que se discute en el texto, tratando de no repetir las que se usen en el título. Debe incluir los nombres científicos de los entes biológicos. Las palabras clave deben permitir localizar el trabajo en los índices y bases de datos agrícolas como el Sistema Agris de la FAO. Máximo seis (6) palabras.
- g) **Introducción:** Su contenido debe expresar además de la importancia del tema a tratar, una breve referencia de los antecedentes que motivaron a la realización del trabajo; puede incluirse la revisión de literatura con las investigaciones más recientes que aporten ideas fundamentales para la realización del

- *Suplemento de revista*

Leng R. A. 1993. Overcoming low productivity of ruminants in tropical developing countries. *J. Anim. Sci.*, 71(Suppl. 1):284. (Abstracts).

- *Libros*

Maynard L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz y R. G. Warner. 1989. *Nutrición animal*. Ed. McGraw-Hill, S. A., México. 7ma Ed.

- *Capítulos de libros*

Toledo J.M. y R. Schultze-Kraft. 1985. Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales. *En*: Toledo J.M. (Ed.). *Manual para la Evaluación Agronómica*. R.I.E.P.T. CIAT, Cali, Colombia, pp. 91-110.

- *Congresos, Simposia, Reuniones y/o Memorias*

Bracho M., O. Abreu F. y A. Del Villar. 1992. Influencia del peso al parto sobre la producción de leche en vacas doble propósito. I Jornadas Técnicas FONAIAP, Maracaibo, Venezuela. 612 p. (Resúmenes).

Espinoza F., Y. Díaz, P. Argenti, E. Perdomo y L. León. 1998. Estudios preliminares del género *Pachyrhizus* DC. En Venezuela. *En*: Sørensen M., J. Estrella, O. Hamann y S. A. Ríos (Eds.). *Proceedings of 2nd International Symposium on Tuberous Legumes*. Celaya, Guanajuato, México, pp. 139-154.

- *Tesis y Trabajos de Ascenso*

Noguera E. 1985. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo mediante análisis de registros del rebaño de una estación experimental dedicada a la producción de leche. Tesis de *M.Sc.* Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracay, Venezuela. 93 p.

García A. 1991. Evaluación del comportamiento productivo y reproductivo del rebaño de vacas inscritas en el ROPL en el período 1986 1990. Trabajo de Ascenso. Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias, Maracaibo, Venezuela. 33 p.

- *Revistas y otras fuentes electrónicas:*

Los documentos electrónicos se tratan como una variante de la publicación impresa tradicional. En forma electrónica se encuentran actualmente monografías, publicaciones periódicas, mensajes, conferencias, reuniones, bases de datos, programas de computadora u otros. Por tanto se seguirán las normas establecidas para cada uno de ellos y además se incluirán otros elementos que permitan identificar el medio en que están disponibles: en línea, disco compacto, disquetes, mensajes electrónicos, cintas magnéticas. La fuente de información para el documento electrónico es el documento mismo. Si éste carece de información, puede ser tomada del recipiente (caja, sobre, otro), sitio web, o material impreso complementario.

Venezian, E. y E. Muchnik. 1994. Structural adjustments and agricultural research in Chile. ISNAR Briefing paper N° 9. Disponible en línea: <http://www.cgiar.org/isnar> [Fecha de consulta].

- *Publicaciones Misceláneas*

Argenti P. y F. Espinoza. 1993. *Leucaena (Leucaena leucocephala)*. Pub. FONAIAP (Serie B), Maracay, Venezuela. 20 p.

Para publicar los artículos en las revistas científicas se debe cumplir con las siguientes convenciones tipográficas y estilo:

- a) Título del trabajo en negrilla con la primera letra en mayúscula. Nombres de los autores en minúsculas con mayúsculas las iniciales y sus procedencia en cursiva.
- b) Los títulos principales de sección (Resumen, Introducción, Materiales y Métodos o Metodología, Resultados, Discusión, Agradecimientos y Literatura Citada se indican en negrita y colocado en el margen izquierdo. Interlineado en 1.5 y primera letra en mayúscula.
- c) Los subtítulos en cursiva y sólo la letra inicial en mayúscula. Las dos clases son: (i) cursiva secundarios un puntuado, partidas hombro; (ii) cursiva, texto y puntuado run-on (títulos secundarios).
- d) La secuencia es siempre (i) a (ii).
- e) Los Cuadros y Figuras se escriben con las letras C y F en mayúscula.
- f) Abreviaturas: cuando las abreviaturas se definen en el texto, deben ser escritas en mayúscula y negrilla en la primera aparición.
- g) Los entes biológicos deben ser identificados por sus nombres científicos completos (binomial) en el título así como en el resumen, abstract o resumem y la primera vez que se mencionan en el cuerpo de trabajo.
- h) Los nombres de productos comerciales deben evitarse, prefiriéndose el nombre genérico. Cuando ello sea posible utilice seguido del símbolo®.
- i) Los nombres de las variedades, cultivares e híbridos deberán acompañarse de virgulillas o comillas simples sólo cuando se mencionen por primera vez en el resumen, en el abstract o resumem y en el cuerpo del artículo.
- j) Los suelos deben ser identificados taxonómicamente; si el nombre de la serie no es muy conocido deberá señalarse la familia.
- k) Los símbolos no tienen plural ni llevan punto (.) después de ellos, y sólo se escriben en mayúsculas aquellos derivados de nombre propios Celsius, Kelvin, Joule.
- l) Los decimales deben separarse con coma (,) y no con punto (.). Las unidades de mil o millón se indicarán con un espacio en blanco.
- m) La abreviatura correspondiente a Agronomía Tropical es Agronomía Trop. y de Zootecnia Tropical es Zootecnia Trop.
- n) Los símbolos a usar son:

Ácido Graso Volátil	AGV	Índice de Conversión	IC
<i>Ad libitum</i>	Ad lib.	Kilocalorías	Kcal
Aminoácido	aa	Kilogramo	Kg
Bar	bar	Kilogramo/Hectárea	Kg ha <sup>-1</sup>
Bloques Multinutricionales	BM	Kilometro	Km
Centímetro	cm	Litro	l
Consumo de Materia Seca	CMS	Materia Orgánica	MO
Coeficientes de Variación	CV	Materia Seca	MS
Coeficiente de Correlación	r	Metro	m
Coeficiente de Determinación	R <sup>2</sup>	Metro Cuadrado	m <sup>2</sup>
Decímetro	dm	Metro Cúbico	m <sup>3</sup>
Desviación Estándar	DE	Metros Sobre el Nivel del Mar	m.s.n.m.
Diferencia Predicha	DP	Micra	μ
Digestibilidad <i>in vivo</i>	DIV	Micromilímetro	microm
Digestibilidad <i>in vitro</i>	Div	Miliequivalentes	Meq por 100g
Energía Digestible	ED	Miligramo	mg
Energía Metabolizable	EM	Mililitros	ml
Error Estándar	EE	Mililitros por Litros	ml/l
Extracto Libre de Nitrógeno	ELN	Milímetro	mm
Fibra Ácido Detergente	FAD	Minuto	min
Fibra de Detergente Neutra	FDN	Número de la Población	N
Ganancia Diaria de Peso	GDP	Nitrógeno No Proteico	NNO
Grado Absoluto	°abs	Partes por Millón	ppm
Grados Centígrados	°C	Peso al Nacer	PN
Grados Fahrenheit	°F	Peso al Destete	PD
Grados de Libertad	gl	Porcentaje	%
Grado Kelvin	°K	Por Mil	‰
Gramo	g	Probabilidad	P
Gramo por Kilogramo	g kg <sup>-1</sup>	Proteína Cruda	PC
Gramos por Litros	g/l - g.l	Segundo	s
Gramo Joule	J	Tonelada	t
Hectárea (s)	ha	Tonelada/Hectárea	t ha <sup>-1</sup>
Heredabilidad	h <sup>2</sup>	Tonelada Métrica	Tm

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

Agronomía  
Tropical

