

# APF

Revista Agropecuaria y Forestal

ISSN 2306-8795

Volumen 3 (1) 2014



Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales  
(SODIAF)





## ***“La investigación al servicio de la producción”***

La Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF) se fundó el 20 de febrero del año 1992 y es una organización sin fines de lucro, que agrupa a más de 200 investigadores agropecuarios y forestales del país.

### **Valores de la SODIAF:**

- *Calidad de la investigación*
- *Formación y crecimiento de sus miembros*
- *Promoción y difusión de las investigaciones*
- *Cooperación con instituciones nacionales e internacionales*
- *Establecimiento de un código ético*
- *Solidaridad con la mejora de las condiciones de trabajo para los investigadores*
- *Creación de opinión sobre nuevas tecnologías y problemas agropecuarios*

### **Misión de la SODIAF**

Es una Sociedad sin fines de lucro, comprometida con la formación, crecimiento, ética y condiciones de trabajo de los investigadores, que promueve la calidad, difusión y pertinencia de las investigaciones, la cooperación nacional e internacional y que orienta a la sociedad sobre el desarrollo científico y tecnológico del sector agropecuario y forestal.

### **Visión de la SODIAF**

Asegurar la calidad y pertinencia de las investigaciones agropecuarias y forestales en la República Dominicana; ser la primera institución dominicana de orientación sobre el desarrollo de tecnologías agropecuarias y forestales; y procurar un ambiente adecuado para el ejercicio del investigador.

# Revista APF

Órgano de difusión de la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, SODIAF.

La Revista Agropecuaria y Forestal (APF) de la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales es un mecanismo para contribuir con la difusión e intercambio de información sobre el quehacer científico y tecnológico. Se pone a la disposición del Sistema Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales e investigadores de la región del Caribe y América Latina. Está dirigida a un público global, interesado en las disciplinas biofísicas o socioeconómicas que inciden en el desarrollo de la agropecuaria y los recursos naturales.

## Instituciones Auspiciadoras

- Ministerio de Agricultura (MA)
- Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF)
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)
- Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF)
- Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF)
- Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria (IIBI)

## Correspondencia:

Toda la correspondencia dirigida a la Revista debe dirigirse al Editor en Jefe:

### José Richard Ortiz

Editor en Jefe

Revista Agropecuaria y Forestal (APF)

José Amado Soler 50, Ensanche Paraíso,

Santo Domingo, República Dominicana

(Oficinas del Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. - CEDAF)

Teléfono: 809-565-5603 Ext 0 (CEDAF)

Fax: 809-544-4727 Atención SODIAF

Email: [sodiaf@sodiaf.org.do](mailto:sodiaf@sodiaf.org.do) • [editor.revista@sodiaf.org.do](mailto:editor.revista@sodiaf.org.do)

Sitio Web: [www.sodiaf.org.do](http://www.sodiaf.org.do)

**Cita correcta:** Revista APF. 2014. Volumen 3(1). Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF).

Revista electrónica: <http://www.sodiaf.org.do/revista/index.php>

## Editor en Jefe

*Ing. José Richard Ortiz, M.Sc*

## Editores Asociados

*Ing. Elpidio Aviles, M.Sc*

*Dr. Jesús Ma. Rosario Socorro, M.Sc*

## Consejo Editorial:

*Ing. César Moquete, M.Sc*

*Ing. Elpidio Avilés, M.Sc*

*Dr. Jesús Ma. Rosario Socorro, M.Sc*

*Dr. Pedro Antonio Núñez Ramos, M.Sc*

*Ing. Maira Castillo, M.Sc*

## Directiva SODIAF 2012-2014

*Dr. Jesús Ma. Rosario Socorro, M.Sc*  
*Presidente*

*Ing. Elpidio Aviles, M.Sc*  
*Secretario General*

*Ing. Rodys Elizabeth Colón, M.Sc*  
*Tesorera*

*Ing. Melvin Mejía, M.Sc*  
*Secretario de Organización, Actas y Correspondencias*

*Ing. Gonzalo Morales, M.Sc*  
*Secretario de Publicaciones*

*Ing. Sardis Medrano, M.Sc*  
*Secretaria de Prensa y Propaganda*

*Ing. Birmania Wagner*  
*Secretario de Relaciones Nacionales e Internacionales*

*Ing. Juliana A. Nova, M.Sc*  
*Primer Vocal*

*Ing. Ineko Hodai*  
*Segundo Vocal*

*Ing. Miguel Martínez, M.Sc*  
*Presidente de la Comisión de Ética y Disciplina*

*Dra. Quisqueya Pérez, M.Sc*  
*Miembro Comisión de Ética y Disciplina*

*Ing. Juan Valdez*  
*Miembro Comisión de Ética y Disciplina*

## Diseño y Diagramación

*Gonzalo Morales*

## Foto de Portada:

*Cacao (Theobroma cacao L.)*  
*Foto: Yadira García, IDIAF*

# Revista APF

Revista Agropecuaria y Forestal (APF)

Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales, SODIAF



## Contenido y Autores

Revista APF - Vol 3 No 1, 2014

Pág.

### iii Editorial

*Doctor Jesús María Rosario Socorro, MSc.*

*Presidente de la Junta Directiva SODIAF 2012-2014*

### 1-8 Comportamiento de nueve híbridos de arroz en tres localidades de la República Dominicana

*Ángel Adames, Dámaso Flores y Juliana Nova*

### 9-16 Evaluación de genotipos de arroz por época de siembra en la zona noroeste de la República Dominicana

*Ángel Adames*

### 17-22 Primer caso de resistencia a glifosato en la República Dominicana

*Francisco Jiménez, Pablo Fernández, Jesús Rosario, Fidel Gonzales y Rafael De Prado*

### 23-28 Estudios de características anatómicas foliares en *Sinapis alba* L. resistente al tribenuron metil

*Jesús Rosario y Rafael De Prado*

### 29-38 Momento óptimo de cosecha del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. 'Semil 34' en la República Dominicana

*María Cuevas*

### 39-46 Hierro y Zinc en el suelo y su expresión en el grano de arroz

*Juliana Nova, Ángel Pimentel, Ángel Adames, Freddy Contreras, Alejandro Pujols, Francisco Jiménez y José Mella*

## Notas Técnicas

### 47-50 Impacto de *Oebalus ornata* (Sailer) (Hemiptera: Pentatomidae) sobre la calidad del arroz en la República Dominicana

*Ana Victoria Núñez, Jesús Rosario y Alejandro Pujols*

### 51-54 Resistencia de variedades de trigo al herbicida imazamox en España

*Francisco Jiménez, Antonia Rojano, Nelson Espinoza y Rafael De Prado*

### 55-60 Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo

*Marisol Ventura, Alejandro María, José González, Orlando Rodríguez y Juan Almonte*

### 61-66 Comportamiento forrajero de tres *Pennisetum purpureum* Schumach

*Birmania Wagner y Rodys Colón*

## Instrucciones para los autores

### 67-72 Revista Científica Agropecuaria y Forestal (APF)

# Editorial

*A final del primer cuarto del siglo XXI, la República Dominicana, se abocará a la apertura de su mercado de alimentos agropecuarios a los países suscriptores del acuerdo de libre comercio entre Estados Unidos de Norteamérica, Centroamérica y el Caribe. Mientras el tiempo avanza, esfuerzos reales deben realizarse a fin de que el sector agropecuario nacional esté preparado para competir ante países que reconocieron en la investigación agropecuaria y forestal la única alternativa viable y sostenible para disponer de tecnologías conducentes a la transformación de la agricultura, de forma que fuera posible la obtención de productos agrícolas y pecuarios de alta calidad y a precios similares a los existentes en otros países firmantes de este acuerdo.*

*Siempre se ha reconocido la vocación y el potencial agrícola, pecuario y forestal de la República Dominicana, por la diversidad y calidad de los recursos productivos, como son: el suelo, agua y clima. Sin embargo, carecemos de planes adecuados para el crecimiento y desarrollo agropecuario, siempre fundamentados en el interés general de modernizar nuestra agricultura para abastecer el mercado interno y posicionar nuestra producción en los mercados internacionales. Con el poco interés que ha exhibido el Estado Dominicano, durante las últimas tres décadas, por ordenar y mejorar la generación y transferencia de tecnología agropecuaria y forestal, dado que los componentes bióticos y abióticos del sistema agrícola, pecuario y forestal son dinámicos y ante la realidad del cambio climático, a menos que cambie la situación actual, no se avizora un futuro halagüeño para el sector agropecuario y forestal nacional.*

*La SODIAF, institución fundada para trabajar por el fortalecimiento del Sistema Nacional de Investigación Agropecuaria y Forestal, creado mediante Ley 251-12, cuyo reglamento está elaborado y dos años después no ha sido ratificado y decretada la puesta en vigencia de la ley, ante la situación descrita llama a la reflexión sobre la delicada situación que vive el sistema de generación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario y forestal. Pues, las precariedades institucionales evidentes conllevaran a un colapso, evitable, si los representantes del Estado Dominicano ante el campo, entendieran que la obtención local de tecnologías es necesaria para la sobrevivencia, modernización y desarrollo de nuestra agricultura. La minimización del servicio oficial de investigación y la débil regulación de la participación de otras instituciones en el desarrollo de tecnologías en la agricultura, representan una amenaza para la sostenibilidad y competitividad de la agricultura dominicana ante la apertura total de nuestro país respecto a otros países signatarios del acuerdo de libre comercio en la agricultura.*

*Como es nuestro deber, ante esta situación, la SODIAF, continua aportando para ayudar a mejorar la competitividad de nuestra agricultura, dejando a disposición de la comunidad científica dominicana, de todas las instituciones del SINIAF y del sector agropecuario y forestal en general, el volumen 3 de la Revista Agrícola, Pecuaria y Forestal (Revista APF), edición que contiene varios artículos científicos de interés sobre relevantes tópicos de investigación en la agropecuaria nacional.*

*Nuestra sociedad científica agradece el esfuerzo y dedicación de los investigadores autores de los diferentes artículos incluidos en este volumen. Así como al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF), así como al cuerpo de editores, cuyo apoyo institucional y trabajo realizado hace posible esta edición de la Revista APF.*

**Doctor Jesús María Rosario Socorro, MSc.**  
Presidente de la Junta Directiva SODIAF 2012-2014



## Comportamiento de nueve híbridos de arroz en tres localidades de la República Dominicana

Ángel Adames<sup>1</sup>, Dámaso Flores<sup>1</sup> y Juliana Nova<sup>1</sup>

El arroz es una de las fuentes de alimento más importante del mundo, sin embargo, en los últimos años la tasa de crecimiento del rendimiento ha sido inferior a la tasa de crecimiento de la población. Para el 2025, la población demandará 200 millones de toneladas de arroz adicionales y los híbridos pueden ser una tecnología importante para suplir esa demanda. En tal sentido, esta investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el potencial productivo de nueve híbridos de arroz en tres localidades de la República Dominicana. Los experimentos se instalaron en la primera época de siembra del año 2012, en las localidades de Juma, Monseñor Nouel; Esperanza en Santiago Rodríguez y El Pozo en María Trinidad Sánchez, en la República Dominicana. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con nueve tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron los cultivares: 'IR78386H', 'IR81958H', 'IR82372H', 'IR81265H', 'IR82363H', 'IR80228H', 'IR83199H', 'Metizo 3', 'PSBRc 82', 'Juma 67' e 'Idiaf 3'. El tamaño de la unidad experimental fue de 20 m<sup>2</sup> y el área útil de 10 m<sup>2</sup>. Las variables evaluadas fueron: días a floración, panículas/m<sup>2</sup>, espiguillas/panícula, peso 1000 granos, fertilidad de espiguillas, rendimiento y arroz entero. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias con Tukey ( $p < 0.05$ ), utilizando el paquete estadístico InfoStat (2008). En la localidad de Juma se encontró diferencias significativas ( $p = 0.0006$ ) entre los tratamientos, con relación al rendimiento, de igual manera en Esperanza ( $p = 0.0035$ ) y en El Pozo ( $p = 0.0663$ ). Con Juma 67 se obtuvo un rendimiento de 8,933.3 kg.ha<sup>-1</sup>, mientras que los híbridos Metizo 3 fue de 8,618.7 kg.ha<sup>-1</sup> e IR78386H con 8,566.7 kg.ha<sup>-1</sup>, los cuales superaron a los híbridos PSBRc 8 y IR80228H, en Juma. En Esperanza, con Juma 67 se obtuvo rendimiento de 8,200.0 kg.ha<sup>-1</sup> que estadísticamente superior a los híbridos IR82372H con 5,333.3 kg.ha<sup>-1</sup> e IR83199H con 5,166.7 kg.ha<sup>-1</sup>; mientras que en El Pozo, Idiaf 3 con 8,033.3 kg.ha<sup>-1</sup> superó a los híbridos IR83199H con 5,666.7 kg.ha<sup>-1</sup> y PSBRc 82 con 5,166.7 kg.ha<sup>-1</sup>. Estos resultados indican que las variedades convencionales Juma 67 e Idiaf 3 tienen potencial productivo igual o superior a los híbridos bajo estudio.

**Palabras clave:** heterosis, potencial productivo

### INTRODUCCIÓN

El arroz es una de las fuentes de alimento más importante del mundo. Según FAO (2006), el requerimiento mundial de arroz para el año 2025 será de 800 millones de toneladas y en la actualidad se producen sólo 600 millones, por lo que se requieren 200 millones adicionales para suplir la demanda de la población mundial. Estudios realizados por el IRRI (1995), indican que aumentar el área de siembra es prácticamente imposible por lo que los científicos deben desarrollar cultivares cada vez más productivo. La relativa alta productividad de los híbridos se presenta como una alternativa a considerar para satisfacer la demanda de alimento de una población mundial creciente. Alvarado (1996), reporta que en los últimos años se ha observado un estancamiento en la productividad (7.0 a 9.0 t.ha<sup>-1</sup>), plantea que los métodos convencionales no han logrado desarrollar cultivares para incrementar el rendimiento y sugiere la utilización de metodologías de mejoramiento que permitan mejorar el potencial productivo del material genético actual. Este estancamiento en la productividad está asociado a la estrechez de la base genética del arroz, que ha sido señalada por varios autores como respon-

sable de la poca ganancia genética para rendimiento en granos, (Cuevas *et al.* 1992; Acevedo, *et al.* 2007).

El arroz híbrido es la explotación comercial de la primera generación F<sub>1</sub>, con el fin de aprovechar la heterosis o vigor híbrido. Esta tecnología fue desarrollada en China en el año 1976, por el investigador Luang Long Ping, conocido como el padre del arroz híbrido, el cual ha desarrollado materiales con potencial de producción de hasta 17 t.h<sup>-1</sup> (Cantrell 2006). En la década del 1970, científicos chinos demostraron que se puede aumentar el rendimiento de 15 a 20 % con la utilización de híbridos (Rodríguez *et al.* 2010). Según Virmani *et al.* (2005), 17 programas nacionales de mejoramiento de arroz están involucrados en el desarrollo de híbridos de arroz, estos son de: Bangladesh, Brasil, Colombia, Egipto, India, Indonesia, Corea del Norte, Corea del Sur, Japón, Malasia, Myanmar, Paquistán, Filipinas, Sri Lanka, Tailandia, Estados Unidos de América y Vietnam.

El cultivo de arroz híbrido se ha difundido en China, para el año 2008, el área de siembra alcanzó 18.6 millones de hectárea; 63 % del área total de China, con un ren-

<sup>1</sup> Investigadores en cereales. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Tel. 809 296-2542. correo electrónico: yeisyani@yahoo.com



dimiento promedio del 30 % mayor que las variedades convencionales (Li *et al.* 2009). En Estados Unidos de América, cultivares híbridos producen 20 % más rendimiento que las mejores variedades (Walton 2002).

En América Latina, los esfuerzos para el desarrollo de arroz híbrido comenzaron en la década de los 80, basándose principalmente en introducción de híbridos desarrollados en otras latitudes. La compañía Rice Tec Inc. fue la primera empresa en liberar híbridos comerciales para el cono sur de América Latina en el año 2004; luego de ocho años desde la liberación del primer híbrido, el área ocupada por estos cultivares permanece relativamente baja. Esto se debe principalmente a la calidad de grano, es decir, apariencia, rendimiento de grano entero y cocción inadecuada y a similar rendimiento de arroz paddy en comparación con las variedades convencionales (Torres *et al.* 2012). Sin embargo, el híbrido 'CT23957H' tuvo un rendimiento de 1.4 t.ha<sup>-1</sup> superior al mejor testigo convencional, también, mostró buena calidad de grano y de molinería.

En la República Dominicana, el desarrollo de híbridos ha sido limitado, en los últimos años, la compañía Prosedoca ha evaluado híbridos de arroz, pero no ha publicado los resultados. En el año 2005, el país, por medio del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) pasó a formar parte del Consorcio Internacional de Arroz Híbrido con sede en el IRRI, en Filipinas y, al final del 2011, se recibieron los primeros nueve híbridos como fruto de ese acuerdo, para ser evaluados en el país.

En investigaciones realizadas por Virmani *et al.* (1981), encontró heterosis significativa en el rendimiento de grano, peso del grano, granos por panícula, panículas por planta, días a floración y altura de la planta. Los cruzamientos con heterosis fueron significativos para el rendimiento, también mostraron heterosis los componentes del rendimiento (Athwal y Virmani 1972; Ghosh y Bairagi 1978; Maurya y Singh 1978; Virmani *et al.* 1988). En relación con las características agronómicas y morfológicas. Los híbridos mostraron un sistema radical más vigoroso, mejor habilidad de macollamiento, mayor longitud del tallo, panículas largas y mayor peso de granos, si comparado a las variedades locales. En cuanto a las características fisiológicas, presentaron: mayor actividad radical, mayor transporte y translocación de nutrimentos, menor intensidad respiratoria, mejor eficiencia en el uso de energía, mayor área foliar, capacidad fotosintética, adaptabilidad y resistencia al estrés ambiental (Neves *et al.* 1997).

Normalmente, los híbridos de arroz tienen mayor número de granos por panícula, mayor producción de materia seca, índice de cosecha y peso de 1000 granos, que se obtiene como consecuencia de la heterosis (Virmani 1999; Fujimaki y Matsuba 1997). Según Kuyeck (2000),

los híbridos de la especie indica, que se siembran en China a principios de cada año, son de baja calidad molinera, por lo que no son aceptados por los consumidores. En otras investigaciones, Rosa *et al.* (2008), encontraron que los híbridos evaluados superaron en 17 % a las variedades comerciales en rendimiento de granos, la longitud de panículas fue mayor, junto al número de granos por panícula y fertilidad de la panícula. No obstante, los híbridos presentaron problemas agronómicos relacionados con volcamiento (acame) y calidad de grano. En 1988, investigadores de China reportaron que las enfermedades fungosas y virales eran más frecuentes en los arroces híbridos; sin embargo, Torres *et al.* (2012), encontraron que el híbrido 'CT23957H' mostró resistencia a *Piricularia* en la hoja y cuello de la panícula, al escardado, al *Helminthosporium* y al complejo de hongos causantes del Manchado del grano.

En el año 2000, la compañía privada Rice Tec lanzó el primer híbrido comercial para cultivo en las áreas arroceras de Estados Unidos, el material fue nominado 'XL 6'. En ese año el rendimiento en granos promedio de dicho material fue de 2,000 kg.h<sup>-1</sup> más que las variedades comerciales en 19 ensayos en fincas de agricultores. En dos años de siembra, superó a la variedad 'Drew' en 96 % de las pruebas, con 2,098 kg.ha<sup>-1</sup> y a la variedad 'Wells' en el 100 % en 1,561 kg.ha<sup>-1</sup>. El ciclo del híbrido XL 6 es intermedio similar a la variedad 'Cocodrie' con un promedio de 109 días para la cosecha, es susceptible al acame, especialmente con altas dosis de nitrógeno, poco potasio y altas láminas de agua. La calidad molinera es inferior a las variedades comerciales con un promedio de 44 - 46 % de grano entero (Rice Tec 2001).

Según Martínez (2007), el potencial de rendimiento de las variedades modernas semi-enanas se ha estabilizado, se tiene que producir mayor cantidad de arroz en menos área, la demanda de arroz está aumentando en varias regiones del mundo, el arroz híbrido tiene el potencial de producir 15 a 20% más que las variedades convencionales y a que los híbridos han demostrado la capacidad de producir bajo condiciones adversas de suelo, malezas y sequía, se debe poner especial atención a esta tecnología.

Este estudio tiene el objetivo de evaluar el comportamiento de nueve híbridos de arroz introducidos del Consorcio Internacional de Híbridos de Filipinas, en tres localidades representativas de las principales regiones de producción de arroz en la República Dominicana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en la primera época de siembra del cultivo de arroz en el año 2012, en las localidades de Juma, provincia Monseñor Nouel, localizada a 18° 54" latitud norte y 70° 23" longitud oeste, altitud de 178



msnm. La temperatura media anual fue de 23.6° C y la pluviometría media anual de 2,100 mm. Suelo franco arcilloso, con 2.5% de materia orgánica y pH de 5.7. En la localidad de Esperanza, provincia Valverde, ubicada a 19° 33' latitud norte y 71° 14' longitud oeste y 78 msnm. Pluviometría media anual de 750 mm y temperatura promedio anual de 27.3° C. El suelo es de textura franco limosa con pH mayor de 7.5 y la localidad de El Pozo, provincia María Trinidad Sánchez, ubicada a 19° 22' latitud norte y 69° 50' longitud oeste y altitud de 3 msnm. Pluviometría media anual de 2,211 mm con temperatura promedio anual 25.6° C. El suelo es de textura franco arcillosa con pH de 6.0 y 4.7 % de materia orgánica.

Los tratamientos evaluados fueron los híbridos  $T_1$ = 'IR78386H';  $T_2$ = 'IR81958H';  $T_3$ = 'IR82372H';  $T_4$ = 'IR81265H';  $T_5$ = 'IR82363H';  $T_6$ = 'IR80228H';  $T_7$ = 'IR83199H';  $T_8$ = 'Metizo 3' y  $T_9$ = 'PSBRc 82'. Se utilizaron como testigo las variedades locales 'Juma 67' ( $T_{10}$ ) e 'Idiaf 3' ( $T_{11}$ ). El diseño experimental fue de bloques completos al azar. En total 11 tratamientos y tres repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue 20 m<sup>2</sup> y el área útil de 10 m<sup>2</sup>. El método de siembra fue de trasplante manual en hileras y el marco de plantación de 25 x 25 cm.

Las variables evaluadas fueron: días a flor, panículas/m<sup>2</sup>, espiguillas/panícula, peso 1000 granos (g), fertilidad de las espiguillas (%), rendimiento paddy (kg.ha<sup>-1</sup>), arroz entero (%). Los datos se analizaron con InfoStat (2008), integrándose las variables mediante el uso de técnicas multivariadas de varianza, MANOVA y ANOVA, con Tukey (P=0.05). Para la evaluación de las variables se utilizó el sistema de evaluación estándar para arroz del CIAT (1990).

### Días a flor

Número de días desde la imbibición de la semilla hasta que el 50 % de las plantas florecieron en una parcela.

### Componentes del rendimiento

Para el conteo de las panículas por m<sup>2</sup>, se tomaron 12 plantas al azar por cada unidad experimental, se contaron los tallos y se determinó la cantidad de panícula por m<sup>2</sup>. En cuanto al número de espiguillas por panícula, el peso de 1000 granos y la fertilidad del grano, se tomaron al azar 12 panículas de cada unidad experimental, se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas, se trasladaron al Laboratorio de Calidad de la Estación Experimental Arrocera de Juma del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), localizada en Juma, Bonao, provincia Monseñor Nouel, se desgranaron en forma manual, se contaron los granos, por medio de un contador electrónico. Se determinó el total de granos buenos y vanos por panícula, se pesaron posteriormente para obtener el porcentaje de fertilidad. Se contaron 1000 semillas de

cada unidad experimental con un contador electrónico, luego se pesaron en una balanza de precisión y el resultado se expresó en gramos.

### Rendimiento de arroz paddy y arroz entero

Se cosechó el arroz con un contenido de humedad de 21 a 24 %, dentro de un área efectiva de 10 m<sup>2</sup>, dejando un borde de 25 cm a cada lado del área útil. El arroz fue cosechado separadamente, trillado y colocado en sacos de polietileno de 22.7 kg. Posteriormente, fue secado, venteado y se tomó una muestra de 100 g para determinar la humedad final, se pesó en una balanza, el resultado se expresó en kg.ha<sup>-1</sup>. Después de pesado, se tomó una muestra de 500 g de cada unidad experimental, se envió al Laboratorio de Calidad de la Estación Experimental Arrocera de Juma del IDIAF en Juma, Bonao, se descascaró; se pulió, se separaron los granos partidos y entero y se determinó el porcentaje de arroz entero de cada muestra.

El manejo agronómico del cultivo incluyó el riego por inundación, control de malezas con productos químicos en pre y posemergencia. Las malezas que escaparon se controlaron manualmente. La fertilización se realizó con la dosis recomendadas para cada localidad: 130-100-100 kg/ha de N-P-K en Juma, 145-100-100 para Esperanza y 110-80-80 para El Pozo. El fertilizante fue distribuido en tres aplicaciones. No se realizó ningún control para las enfermedades y solo se realizó una aplicación de insecticida para proteger la panícula.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### a) Localidad de Juma, Bonao

En la Tabla 1, se presentan los resultados sobre el comportamiento de las variables evaluadas en la localidad de Juma, Bonao, las cuales indican diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos con relación a todas las variables evaluadas. Los híbridos evaluados no superaron a los testigos locales en cuanto a las variables: rendimiento de arroz paddy con  $P=0.0006$  y  $R^2=0.77$ , panículas por m<sup>2</sup> ( $P=0.0113$  y  $r^2=0.70$ ), espiguillas por panícula ( $P=0.2118$  y  $r^2=0.59$ ), peso de 1000 granos ( $P=0.0121$  y  $r^2=0.63$ ) y arroz entero ( $P=0.0001$  y  $r^2=0.92$ ). Los híbridos fueron superiores a los testigos locales con relación a las variables días a flor ( $P=0.0001$  y  $r^2=0.86$ ) y a la fertilidad de las espiguillas con  $P=0.0075$  y  $r^2=0.65$  (Tabla 1).

Con relación al rendimiento, el testigo Juma 67 con 8,933.3 kg.ha<sup>-1</sup> y los híbridos Metizo 3 con 8,618.7 kg.ha<sup>-1</sup> e IR78386H con 8566.7 kg.ha<sup>-1</sup>, superaron significativamente a IR80228H y PSBRc que tuvieron rendimiento de 6,533.3 y 6789.0 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, y fueron iguales a los demás híbridos evaluados. Estos resultados contradicen lo afirmado por Li *et al.* (2009) y Walton

Tabla 1. Comportamiento de las variables evaluadas de nueve híbridos y dos variedades locales de arroz, en Juma, Bonao, República Dominicana. Primera época de siembra 2012

Trat	Variables							
	Rend. (Kg.ha <sup>-1</sup> )	FL (días)	P/m <sup>2</sup>	E/p	P1000 granos (g)	F/P (%)	A/E (%)	
1	8,566.7 c	94 ab	281 cd	174 abc	25.3 abc	88 ab	59 bc	
2	6,853.3 ab	92 ab	209 ab	194 bc	28.7 c	86 ab	63 cd	
3	7,666.7 abc	93 ab	239 bcd	183 bc	25.3 abc	84 a	65 d	
4	7,966.7 abc	90 a	256 bcd	154 abc	24.7 a	91 ab	63 cd	
5	7,398.0 abc	92 ab	303 d	156 abc	28.3 bc	91 ab	53 a	
6	6,533.3 a	90 a	233 abc	140 ab	27.7 abc	91 ab	62 cd	
7	7,733.3 abc	92 ab	241 abcd	155 abc	27.3 abc	92 b	53 a	
8	8,618.7 c	93 ab	259 bcd	210 c	25.0 ab	89 ab	57 ab	
9	6,789.0 a	91 ab	233 abc	119 a	25.7 abc	91 ab	66 d	
10	8,933.3 c	103 c	270 bcd	174 abc	28.7 c	84 a	64 d	
11	7,433.3 abc	96 b	187 a	202 c	26.0 abc	90 ab	62 bcd	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

Leyenda: Rend.= rendimiento, FL=ciclo de floración, P/M<sup>2</sup>=panícula por m<sup>2</sup>, E/P=espiguillas por panícula, P1000=peso de mil grano, F/P=fertilidad de la panícula y A/E=arroz entero.

(2002), quienes encontraron que los híbridos superaron a las variedades tradicionales en un 30% en China y 20% en los Estados Unidos de América. También son diferentes a los resultados de Torres *et al.* (2012), quienes encontraron que el híbrido 'CT23957H' tuvo un rendimiento de 1.4 t.ha<sup>-1</sup> superior al mejor testigo tradicional. En cuanto a la variable días a flor, el híbridos IR80228H con ciclo de 90 días, fue significativamente más precoz que los testigos locales Idiaf 3 y Juma 67 que tuvieron 96 y 103 días a floración, respectivamente.

### Componentes del rendimiento

Los resultados muestran que el híbrido IR82363H con 303 panículas/m<sup>2</sup> fue significativamente superior al testigo Idiaf 3, que produjo 187 panículas/m<sup>2</sup> y que los híbridos IR81958H, PSBRc 82 y IR80228H que tuvieron 209, 233 y 233 panículas/m<sup>2</sup>, respectivamente, no superaron al testigo Juma 67. Con relación al número de espiguillas/panícula, los híbridos evaluados no superaron estadísticamente a los testigos Juma 67 e Idiaf 3. El mayor número de espiguillas/panícula se obtuvo con el híbrido Metizo 3 con 210 y el testigo Idiaf 3 con 202 panículas/m<sup>2</sup>, superando a los híbridos PSBRc 82 con 119 y a IR80228H con 140 espiguillas/panícula.

Para el peso de 1000 granos, los híbridos evaluados tuvieron peso igual o inferior a las variedades testigos. Los mayores pesos de 1000 granos se obtuvieron con la variedad local Juma 67 y el híbrido IR81958H con 28.7 g, mientras que el menor peso fue para el IR81265H con 24.7 g. Sin embargo, el híbrido IR83199H con una fertilidad de la panícula de 92% fue significativamente

superior al testigo Juma 67 que obtuvo 84 % y fue igual a los demás tratamientos (Tabla 1).

Estos resultados corroboran los encontrados por Virmani *et al.* (1981), sin embargo, contradicen los resultados encontrados por Athwal y Virmani (1972); Ghosh y Bairagi (1978), Maurya y Singh (1978) y Virmani *et al.* (1988), con relación al número de espiguillas por panícula, el peso de 1000 granos y la fertilidad de la panícula. También, son contrarios a los encontrados por Rosa *et al.* (2008), quienes encontraron que los híbridos superaron a las variedades comerciales en rendimiento, longitud de panículas, número de granos por panícula y fertilidad de la panícula.

### Arroz entero

Los híbridos evaluados no superaron significativamente a los testigos locales Juma 67 e Idiaf 3, pero presentaron diferencias entre sí. Los híbridos PSBRc 82, IR82372H y el testigo Juma 67 tuvieron los mayores porcentajes de arroz entero con 66, 65 y 64 %, respectivamente, superando estadísticamente a los híbridos IR83199H (53 %), IR82363H (53 %), Metizo 3 (57 %) e IR78386H (59 %). Los resultados encontrados en esta investigación, en cuanto a calidad de molinería son superiores a los reportados por Rice Tec (2001), que encontró rendimientos de arroz entero en híbridos entre 44 a 46 %. También, contradicen los resultados de Torres *et al.* (2012), quienes afirman que la baja calidad molinera es una de las causas por las cuales los híbridos no se han extendido en América Latina.

## b) Localidad de Esperanza, Mao

En la Tabla 2, se presentan los datos sobre el comportamiento de las variables evaluadas en la localidad de Esperanza, Mao, los cuales indican diferencias significativas entre los tratamientos con relación a todas las variables estudiadas. Los híbridos evaluados no superaron a los testigos locales en cuanto a rendimiento de arroz paddy con  $P=0.0035$  y  $r^2=0.72$ , espiguillas por panícula ( $P=0.0005$  y  $r^2=0.75$ ), peso de 1000 granos ( $P=0.0016$  y  $r^2=0.71$ ), y arroz entero ( $P=0.0001$  y  $r^2=0.88$ ). En esta localidad, los híbridos fueron superiores a los testigos locales con relación a panículas por  $m^2$  ( $P=0.0004$  y  $r^2=0.75$ ), fertilidad de la panícula ( $0.0072$  y  $r^2=0.70$ ) y días a floración ( $P=0.0001$  y  $r^2=0.90$ ).

Con relación al rendimiento, el testigo Juma 67 con  $8,200.0 \text{ kg.ha}^{-1}$  superó significativamente a los híbridos PSBRc 82 ( $4,733.3$ ), IR83199H ( $5,166.7$ ) y IR82372H ( $5,333.3$ ) y fue igual a los demás híbridos evaluados. Estos resultados contradicen las conclusiones de Li *et al.* (2009) y Walton (2002), quienes encontraron que los híbridos superaron a las variedades tradicionales en un 30 % en China y 20 % en Estados Unidos. También son diferentes a los resultados de Torres *et al.* (2012), quienes encontraron que el híbrido 'CT23957H' tuvo un rendimiento de  $1.4 \text{ t.ha}^{-1}$ , superior al mejor testigo tradicional.

En cuanto al ciclo de floración, los híbridos evaluados fueron significativamente más precoces que los testigos Juma 67 e Idiaf 3. El testigo Juma 67 con 109 días a floración presenta un ciclo intermedio e Idiaf 3 con 97 días, entra en la clasificación de ciclo semiprecoz,

mientras que los híbridos evaluados son de ciclo precoz y semiprecoz. Juma 67 con 109 días a floración presentó el ciclo más largo, mientras que el híbrido IR82372H con 87 días a flor, fue el más precoz.

## Componentes del rendimiento

Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos con relación a los componentes del rendimiento. Los híbridos evaluados superaron significativamente al testigo Idiaf 3 y fueron iguales al testigo Juma 67. El híbrido IR82363H con 303 panículas por  $m^2$  superó al testigo Idiaf 3 (187) y a los híbridos IR81958H (209), PSBRc 82 (233) y a IR80228H (233) panículas/ $m^2$ , respectivamente. Sin embargo, no se encontró diferencias significativas entre los testigos y los híbridos con relación al número de espiguillas por panícula, exceptuando el híbrido PSBRc 82, que produjo la menor cantidad de espiguillas/panícula con 119, los demás tratamientos fueron estadísticamente iguales.

Con relación a la variable peso de 1000 granos, los híbridos evaluados no superaron significativamente a los testigos locales. Juma 67, con peso de 1000 granos de 28.7 g y el híbrido IR81958H con 28.7 g presentaron el mayor peso del grano y el híbrido IR81265H tuvo el menor peso con 24.7 g, los demás tratamientos no presentaron diferencias. Sin embargo, los híbridos evaluados superaron significativamente al testigo Juma 67 con relación a la fertilidad de la panícula. El híbrido IR83199H con una fertilidad de 92.2 % fue significativamente superior al híbrido IR82372H con 83.4 y al testigo Juma 67 que tuvo 83.9 % y fue igual a los demás tratamientos (Tabla 2).

Tabla 2. Comportamiento de las variables evaluadas de nueve híbridos y dos variedades locales de arroz, en Esperanza, Valverde, República Dominicana. Primera época de siembra 2012

Trat	Variables							
	Rend. (Kg.ha <sup>-1</sup> )	FL (días)	P/m <sup>2</sup>	E/p	P1000 granos (g)	F/P (%)	A/E (%)	
1	6,133.3 abc	91 ab	281 cd	174 abc	25.3 abc	87.7 ab	58.2 cde	
2	6,200.0 abc	92 ab	209 ab	194 bc	28.7 c	85.9 ab	52.4 a	
3	5,333.3 ab	87 a	239 abcd	183 bc	25.3 abc	83.4 a	53.1 ab	
4	6,133.3 abc	88 a	256 bcd	154 abc	24.7 a	90.6 ab	60.2 de	
5	7,295.3 abc	94 ab	303 d	156 abc	28.3 bc	89.6 ab	55.2 abc	
6	6,866.7 abc	88 a	233 abc	140 ab	27.7 abc	91.3 ab	54.3 abc	
7	5,166.7 ab	89 a	241 abcd	155 abc	27.3 abc	92.2 b	56.7 bcd	
8	6,200.0 abc	92 ab	259 bcd	210 c	25.0 ab	88.6 ab	57.5 cd	
9	4,733.3 a	90 ab	233 abc	119 a	25.7 abc	90.9 ab	53.1 ab	
10	8,200.0 c	109 c	270 bcd	174 abc	28.7 c	83.9 a	55.4 abc	
11	7,466.7 bc	97 b	187 a	202 c	26.0 abc	90.4 ab	62.3 e	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )



Los resultados encontrados en esta localidad contradicen los encontrados por Virmani *et al.* (1981), con relación al número de tallos por planta y también los resultados encontrados por Athwal y Virmani (1972), Ghosh y Bairagi (1978), Maurya y Singh (1978) y Virmani *et al.* (1988), con relación al número de espiguillas por panícula, el peso de 1000 granos y la fertilidad de la panícula. Estos resultados difieren de Rosa *et al.* (2008), quienes encontraron que los híbridos superaron a las variedades comerciales en rendimiento, longitud de panículas, número de granos por panícula y fertilidad de la panícula.

### Arroz entero

Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos evaluados con relación a la calidad industrial. El testigo Idiaf 3 con 62.3 % de arroz entero superó a los demás tratamientos, exceptuando al híbrido IR81265H, que tuvo un rendimiento de arroz entero de 62.2 %. Los porcentajes más bajos de arroz entero lo obtuvieron los híbridos IR81958H con 52.4, IR82372H con 53.1 y PSBRc 82 con 53.1 %. Los resultados encontrados en esta investigación, en cuanto a calidad de molinería son similares a los reportados por Rice Tec (2001), que encontró rendimiento de arroz entero en híbridos entre 44 a 46 %. También, corroboran con Torres *et al.* (2012), quienes reportan la baja calidad molinera de los híbridos como una causa por la cual no se han extendido en América Latina (Tabla 2).

### c) Localidad El Pozo, Nagua

En la Tabla 3, se presentan los resultados sobre el comportamiento de nueve híbridos de arroz evaluados en la

localidad de El pozo, Nagua, provincia María Trinidad Sánchez. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos con relación a las variables rendimiento, ciclo de floración, fertilidad de la panícula, número de espiguillas por panícula y arroz entero, sin embargo, para el número de panícula/m<sup>2</sup> y el peso de 1000 granos no se encontró diferencias.

Los híbridos evaluados no superaron a los testigos locales en cuanto a las variables: rendimiento de arroz paddy con  $P=0.0663$  y  $r^2=0.55$ , panículas/m<sup>2</sup> ( $P=0.0318$  y  $R^2=0.57$ ), espiguillas por panícula ( $P=0.0257$  y  $r^2=0.58$ ), peso de 1000 granos ( $P=0.01892$  y  $r^2=0.44$ ) y arroz entero ( $P=0.0185$  y  $r^2=0.79$ ) y a la fertilidad de las espiguillas con  $P=0.0053$  y  $r^2=0.66$ . Los híbridos fueron superiores a los testigos locales con relación a la variable días a floración ( $P=0.0001$  y  $r^2=0.91$ ) (Tabla 3).

Con relación al rendimiento, el testigo Idiaf 3 con 8,033.3 kg.ha<sup>-1</sup> fue significativamente superior a los híbridos PS-BRc 82 con 5,166.7 e IR83199H con 5,666.7, los demás tratamientos fueron significativamente iguales. Estos resultados contradicen a Li *et al.* (2009) y Walton (2002), quienes encontraron que los híbridos superaron a las variedades tradicionales en un 30 % en China y un 20 % en Estados Unidos. También, sus resultados son diferentes que los de Torres *et al.* (2012), quienes encontraron que el híbrido 'CT23957H' tuvo un rendimiento de 1.4 t.ha<sup>-1</sup> superior al mejor testigo tradicional. En cuanto a la variable ciclo de floración, el híbrido IR83199H con ciclo de 85 días, fue más precoz que los testigos locales Idiaf 3 y Juma 67, con 93 y 102 días a flor, respectivamente.

Tabla 3. Comportamiento de las variables evaluadas de nueve híbridos y dos variedades locales de arroz, en El Pozo, Nagua, República Dominicana. Primera época de siembra 2012

Trat	Variables						
	Rend. (Kg.ha <sup>-1</sup> )	FL (días)	P/m²	E/p	P1000 granos (g)	F/P (%)	A/E (%)
1	5,900.0 ab	93 bc	261 a	207 ab	25.7 a	77.4 ab	60.4 ab
2	6,933.3 ab	91 bc	245 a	200 ab	26.7 a	85.4 b	60.6 ab
3	6,133.3 ab	91 bc	288 a	215 ab	26.0 a	78.8 ab	58.5 a
4	6,200.0 ab	89 ab	315 a	154 a	24.7 a	88.9 b	60.2 ab
5	6,666.6 ab	89 ab	293 a	182 ab	26.0 a	81.5 ab	63.9 ab
6	7,133.3 ab	89 ab	261 a	204 ab	27.0 a	83.7 ab	62.5 ab
7	5,666.7 a	85 a	240 a	192 ab	27.3 a	86.4 b	62.4 ab
8	6,766.7 ab	92 bc	334 a	204 ab	25.7 a	68.7 a	62.1 ab
9	5,166.7 a	90 ab	288 a	145 a	25.3 a	74.2 ab	63.2 ab
10	7,166.7 ab	102 c	321 a	196 ab	25.0 a	73.6 ab	60.0 ab
11	8,033.3 b	93 bc	238 a	239 b	27.3 a	79.4 ab	64.5 b

Medias con letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ )

## Componentes del rendimiento

Los tratamientos no mostraron diferencias entre los componentes de rendimiento número de panículas por m<sup>2</sup> y el peso de 1000 granos, sin embargo, se encontró diferencia entre los demás componentes del rendimiento.

El testigo Idiaf 3 tuvo la mayor cantidad de espiguillas por panícula con 239, superando a los híbridos PSBRc 82 (145) y IR81265H (154). En cuanto a la fertilidad de la panícula, los híbridos IR81265H con 88.9 %, IR83199H con 86.4 y IR81958H con 85.4 superaron a Mestizo 3 que tuvo fertilidad de 68.7 %.

Estos resultados son diferente a los encontrados en investigaciones realizadas por Virmani *et al.* (1981) con relación el número de tallos/m<sup>2</sup>; además, son contrarios a los resultados encontrados por Athwal y Virmani (1972), Ghosh Hajra y Bairagi (1978), Maurya y Singh (1978) y Virmani *et al.* (1988), con relación al número de espiguillas por panícula, el peso de 1000 granos y la fertilidad de la panícula. También, estos resultados contradicen a Rosa *et al.* (2008), quienes encontraron que los híbridos superaron a las variedades comerciales en rendimiento, número de granos por panícula y fertilidad de la panícula.

## Arroz Entero

En El Pozo, los híbridos evaluados no superaron significativamente a los testigos locales Juma 67 e Idiaf 3. El mayor rendimiento de arroz entero se obtuvo con la variedad Idiaf 3 con 64.5 %, el cual fue superior significativamente al R82372H con 58.5 %. Entre los demás tratamientos no se encontró diferencias significativas. Los resultados encontrados en esta investigación, en cuanto a calidad de molinería, son superiores a los reportados por Rice Tec (2001), que encontró rendimiento de arroz entero en híbrido entre 44 a 46 %. También, entran en contradicción con Torres *et al.* (2012), quienes afirman que la baja calidad molinera es una de las causas por las cuales los híbridos no se han extendido en América Latina.

## CONCLUSIONES

Los híbridos evaluados no mostraron potencial productivo superior a los testigos Juma 67 e Idiaf 3 en ningunas de las localidades en estudio.

Los híbridos evaluados fueron más precoces que los testigos locales Juma 67 e Idiaf 3.

Los híbridos evaluados presentaron rendimiento industrial competitivo con los testigos locales.

## LITERATURA CITADA

- Acevedo, M.; Torres, E.; Moreno, O.; Álvarez, R.; Torres, O.; Castrillo, W.; Torrealba, G.; Reyes, E.; Salazar, M.; Navas, M. 2007. Base genética de los cultivares de arroz de riego liberados en Venezuela. *Agronomía Tropical* 57 (3):197-204.
- Alvarado, J. 1996. Situación del arroz en Chile. Uso posible de híbridos. In: *Memorias II Reunión Grupo Técnico de Trabajo de Híbridos de Arroz para América Latina y El Caribe* (GRUTHA). Ibagué, CO
- Athwal, D.; Virmani, S. 1972. Cytoplasmic male sterility and hybrid breeding in rice. IRRI. Los Baños, PH. Pp. 615-621.
- Cantrell, R.; Hettel, G. 2004. New challenges and technological opportunities for rice-based production systems for food security and poverty alleviation in Asia and the Pacific. Roma, IT. (En Línea). Consultado el 2 de febrero 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/rice2004/en/pdf/cantrell.pdf>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO) 1980. Manual de evaluación estándar para arroz. Cali, CO. 7 p.
- Cuevas, F.; Guimarães, E.; Berrio, L.; González, D. 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America and the Caribbean, 1971 to 1989. *Crop Science* 23: 944-949.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para Agricultura y la Alimentación, IT). 2006. El cultivo de arroz. In *Congreso Internacional Arroz*. New Delhi, IN
- Fujimaki, H.; Matsuba, K. 1997. Characteristics of hybrid rice. In *Science of rice plant, genetics*. Food and Agricultural Policy Research Center. Tokio, JP.
- Ghosh, N.; Mallick, E.; Bairagi, P. 1978. Heterosis in indica rice. *Indian J. Agric. Sci.* 48 (7):384-387.
- IRRI (International Rice Research Institute, PH). 1995. Research program highlights. International Report. Manila, PH. p. 21.
- Kuyek, D. 2000. Grain, hybrid rice in Asia: An Unfolding Treta (En línea). Consultado el 15 de abril 2013. Disponible en: [www.grain.org/publications/reports/hybrid.htm](http://www.grain.org/publications/reports/hybrid.htm).
- Li, J.; Xin, Y.; Long, Y. 2009. Hybrid Rice Technology Development: Ensuring China Food Security. International Food Policy Research Institute. IFPRI. Discussion paper 00918. Washington, DC.
- Maurya, D.; Singh, D. 1978. Heterosis in rice. *Indian J. Genet Plant Breed.* 38 (1): 71-76.
- Neves, P.; Rangel, P.; Cutrim, V. 1997. Selección recurrente para la producción de arroz híbrido. En: *Selección recurrente en arroz*. Ed. Elcio P. Guimarães. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. Pp. 229-239.
- Rosa, M.; Pérez, M.; Reyes, E.; Moreno, O.; Delgado, N.; Torrealba, G.; Acevedo, M.; Castrillo, W.; Navas, M.; Salazar, M.; Torres, O.; Torres, E.; García, P.; Pérez, A. 2008. Evaluación comparativa de híbridos y variedades de arroz en los Llanos Centrococcidentales de Venezuela. *Agronomía Tropical* 58 (2): 34-38.
- Rodrigues, S.; Bolognini, E.; Londrera da Silva, L.; Sampocio, C.; Pereira, V.; Zolinger, L.; Klahold, C.; Golon, L. 2010. Componentes de produção e produtividade de arroz híbrido de sequeiro comparado a três cultivares convencionais. *Universidade Nacional de Colombia, Cali, CO. Acta Agronómica* 59 (4):435-441.
- Torres, E.; Amezcua, N.; Carabalí J. 2012. Avances en el desarrollo de híbridos de arroz en Colombia. Bogotá, CO. *Revista Arroz* 50: 39-42
- Walton, M. 2002. Hybrid rice for mechanized agriculture. In: Virmani, S.; Mao CX. and Hardy, B (eds) 2003. Hybrid rice for food security, poverty alleviation, and environmental protection. *Proceedings of the 4th International Symposium on Hybrid Rice*. Hanoi, VN. Pp 14-17.

Virmani, S.; Chaudhary, R.; Khush, G. 1988. Current outlook on hybrid rice. *Oryza* 18: 67-84.

Virmani, S.; Seddiq, E.; Muralidharan, K. 2005. Advances in hybrid rice technology. Proceeding for the 3rd international symposium on hybrid rice. International Rice Research Institute. Manila, PH.



## Evaluación de genotipos de arroz por época de siembra en la zona noroeste de la República Dominicana

Ángel Adames<sup>1</sup>

El arroz es el cultivo de mayor impacto económico, político y social de la República Dominicana. La región noroeste registra la mayor producción con un área de siembra estimada en 25,000 ha. En esa región predominan el sistema de retoño o soca y el método de siembra directa al voleo. Esta investigación se realizó en Esperanza, Mao, con el objetivo de determinar los genotipos con mejor adaptación y rendimiento en primera y segunda época de siembra de arroz en la región noroeste. Los tratamientos fueron: 'Juma 67', 'Idiaf 1' y 'Prosequisa 4', dispuestos en un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de 20 m<sup>2</sup>, el área útil 10 m<sup>2</sup> y el marco de plantación de 0.20 m x 0.20 m. Se evaluaron las variables días a flor, panículas/m<sup>2</sup>, espiguillas/panícula, fertilidad de espiguillas, peso de 1000 granos, rendimiento (kg/ha) y el porcentaje de arroz entero. Los datos se analizaron estadísticamente, utilizando la prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para comparar las medias. Se encontraron diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos, con relación al rendimiento en primera época de siembra; sin embargo, en la segunda época de siembra no hubo diferencias. La variedad Idiaf 1, con 8,588.0 kg.ha<sup>-1</sup>, superó a la variedad Juma 67 con 7,399.0 kg.ha<sup>-1</sup> y a Prosequisa 4 con 6,745.0 kg.ha<sup>-1</sup>. El rendimiento total anual mostró que Idiaf 1 con 15,425.5 kg.ha<sup>-1</sup> superó a Prosequisa 4 con 13,375.7 kg.ha<sup>-1</sup> y estadísticamente resultó igual a Juma 67 con 13,800.0 kg.ha<sup>-1</sup>. En las condiciones de este estudio, los resultados obtenidos mostraron que las respuestas de los genotipos evaluados en las distintas modalidades de cultivo estuvieron asociadas a las características del clima en ambas épocas de siembra en la zona del estudio. A la luz de estos resultados, se observó que Idiaf 1 y Juma 67 presentaron el mejor potencial de rendimiento en doble siembra para la región bajo estudio.

**Palabras clave:** potencial de rendimiento, sistema de cultivo

### INTRODUCCIÓN

El arroz es el principal alimento para la mitad de la población mundial. En la República Dominicana, es el cultivo mayor impacto nutricional, económico, político y social. Aporta el 25 % de las calorías y 12 % de las proteínas requeridas diariamente por la población dominicana.

El arroz bajo riego es el sistema de producción predominante en el país. Normalmente, se realizan dos siembras al año y la producción es establecida mediante las técnicas de trasplante y siembra directa de semillas pregerminadas. Por razones de sostenibilidad y rentabilidad, durante la segunda época de siembra, en zonas como la región noroeste, la mayoría de los productores realizan el cultivo bajo la modalidad de retoño o soca (Lara y Cruz 1989).

Por las condiciones agroclimáticas imperantes en la región noroeste, tiene los niveles de productividad más elevados del país. Se siembran unas 25,000 hectáreas anuales, en la primera época de siembra predomina la siembra directa al voleo y en la segunda la modalidad de retoño.

Aún cuando el retoño es el principal sistema de cultivo, se estima que el potencial de la región puede mejorarse mediante el uso del sistema de doble siembra. Hasta el año 1998, los productores de la región noroeste sembraban las variedades 'Juma 57', Prosequisa 4, 'ISA 40', 'Prosedoca 97' y 'Tanioka 10' (SEA 2002), pero la aparición del síndrome del Vaneamiento de la panícula del arroz provocó la salida de la mayoría de estas variedades (Rosario y Gómez 1999), reduciendo considerablemente la base y la diversidad genética de las variedades comerciales sembradas en la región. Esta situación puso en riesgo la sostenibilidad del cultivo en la región. La estrechez de la base y diversidad genética son los problemas principales en la producción de arroz en América Latina y el Caribe (Cuevas *et al.* 1991).

En las áreas arroceras dominicanas, el cultivo es sembrado en dos épocas bien definidas, en la primera, se establece el cultivo desde el 15 de diciembre hasta el 15 de marzo y la segunda, desde mayo hasta el 15 de agosto. En estudios realizados, se ha demostrado que durante la segunda época, el rendimiento se reduce en más de un 20%, con relación a la primera, (CEI-RD

<sup>1</sup> Investigador en arroz. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Correo electrónico: yeisyani@yahoo.com

2010). También, se ha detectado que los genotipos tienen diferente respuesta en relación a la época de siembra. En Honduras, las variedades 'Cuyamel', 'Casनावे' y 'Orizica', registraron el mayor rendimiento cuando fueron sembradas en mayo y junio, si comparadas a octubre y noviembre (SAG 2003). La variedad 'INCA LP-4', cultivada en enero y febrero fue superior en rendimiento, (Ruiz *et al.* 2009).

El método de siembra directa, en su modalidad al voleo, es utilizado frecuentemente a nivel mundial. De acuerdo a Sanzo *et al.* (2003), la siembra directa es cuando la semilla botánica se deposita directamente en el lugar definitivo del cultivo. Esta modalidad de siembra ha resultado en un menor rendimiento y menos beneficio económico en comparación con la modalidad de trasplante, observándose que esta última forma de cultivo puede resultar menos afectada por el Manchado de grano (Rodríguez *et al.* 2007; Cárdenas y Touma 2011).

La cantidad de semilla distribuida debe ser suficiente para tener un número óptimo de tallos/m<sup>2</sup>, para cada variedad, y que produzcan espigas que maduren uniformemente. Para las variedades de panícula corta, densa y tallo grueso, el número de tallos/m<sup>2</sup> óptimo está entre 250-300, mientras que en variedades de panícula larga y poco densas, de tallo fino, oscila entre 300-350. Esta cantidad de tallos puede conseguirse con dosis media de siembra de 140-180 kg de semilla por ha (Franquet y Borrás 2006). Según la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras, las densidades de siembra en la modalidad al voleo varían entre 130-143 kg de semilla por ha (SAG 2003).

A mediados del año 2002, el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) liberó la variedad de arroz 'Idiaf 1', también promovió la variedad 'Juma 67', liberada en el año 1998. Estas variedades por su composición genética, capacidad de retoño y la posibilidad de ser combinadas en doble siembra, son alternativas viables para la producción en la región del noroeste. En ese sentido, el objetivo de esta investigación fue determinar las variedades con mayor potencial de rendimiento para la producción de arroz en la región noroeste, bajo el sistema de doble siembra y utilizando el método de siembra directa, modalidad al voleo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Esperanza del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) en Mao, provincia Valverde, República Dominicana, localizada a 19° 33" latitud norte y 71° 14" longitud oeste, con una altitud de 78 msnm, pluviometría media anual de 750 mm y temperatura promedio de 27.3°C. El suelo es de origen calsimórfico con pH alcalino. El cultivo se estableció bajo riego por inundación. La preparación y nive-

lación del terreno se realizó en húmedo, utilizando motocultores pequeños y tracción animal. Para el control de caracoles, se aplicó un molusquicida a base de fentin acetato de estaño, a razón de 0.5 kg.ha<sup>-1</sup>. El control de malezas se realizó manualmente, no se realizó control de enfermedades ni de insectos. La fertilización se realizó con la dosis recomendada para la región de 140-100-100 kg.ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, fraccionada en cuatro aplicaciones.

La técnica experimental consistió en la utilización de un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos (T1='Juma 67', T2='Idiaf 1' y T3='Prosequisa 4') y cuatro repeticiones. La unidad experimental fue 20 m<sup>2</sup> y el área útil de 10 m<sup>2</sup>. El experimento fue establecido mediante siembra directa en primera etapa y retoño en la segunda. Se utilizó una densidad de siembra 116.4 kg de semilla por hectárea, al voleo.

Las variables evaluadas fueron: días a flor, panícula/m<sup>2</sup>, espiguillas/panícula, fertilidad de las espiguillas (%), peso de 1000 granos (g), rendimiento de arroz paddy (kg ha<sup>-1</sup>) y porcentaje de arroz entero. Los datos se analizaron utilizando el programa estadístico SANEST, la comparación de medias de tratamientos se realizó con la prueba de separación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Las variables fueron evaluadas siguiendo el sistema de evaluación estándar para experimentos en arroz del CIAT (1980).

### Días a floración y panícula por m<sup>2</sup>.

Se contaron los días desde la imbibición de la semilla hasta que el 50 % de los tallos florecieron totalmente. Para el conteo de las panículas se construyó un cuadrado de tubo de pvc equivalente a 0.5 m<sup>2</sup> y se seleccionaron cuatro sitios al azar por cada tratamiento y se contó la cantidad de tallos con panícula por sitio y se determinó la cantidad de panícula por m<sup>2</sup>.

### Componentes del rendimiento.

Se seleccionaron al azar 12 panículas por cada repetición de tratamiento y se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas. Luego, se realizaron los análisis correspondientes en el Laboratorio de Calidad de Semilla de la Estación Experimental Juma del IDIAF en Juma, Bonao, provincia Monseñor Nouel. Las panículas fueron desgranadas manualmente, y contados los granos con un contador electrónico. Fue determinado el total de granos comerciales y vanos por panícula y se determinó el porcentaje de fertilidad. Posteriormente, se contó 1,000 semillas por cada tratamiento por cada repetición con un contador electrónico, se pesaron en una balanza de precisión y el resultado se expresó en g.

### Rendimiento de arroz en cáscara y arroz entero.

El arroz fue cosechado con 21 a 24 % de humedad en el grano, en un área efectiva de 10 m<sup>2</sup>, dejando un borde de 25 cm a cada lado. El arroz fue cosechado en cada unidad experimental, trillado y depositado en sacos de polietileno de 22.7 kg. Luego de secado y venteado, fue tomada una muestra de 100 g para determinar la humedad final. El peso de las muestras fue determinado en una balanza y el rendimiento expresado en kg.ha<sup>-1</sup> de arroz seco venteado, ajustado al 14 % de humedad.

El análisis de calidad de la cosecha de cada tratamiento fue realizado según el procedimiento utilizado por el Laboratorio de Calidad de Semilla de la Estación Experimental Juma. Se tomó una muestra de 500 g por unidad experimental, la cual fue descascarada y pulida. Posteriormente, se utilizó un tamiz para separar los granos rotos y enteros, a fin de cuantificar el rendimiento de arroz entero en cada muestra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ciclo vegetativo

Las variedades estudiadas tuvieron ciclos vegetativos estadísticamente diferentes. La variedad Prosequisa 4 superó a Idiaf 1 y Juma 67, tanto en primera como en segunda época de siembra. Juma 67 tuvo un ciclo superior a Idiaf 1 en ambas etapas. Al analizar el ciclo de las variedades en ambas etapas, Prosequisa 4 promedió 41.5 y 30.2 días más que Idiaf 1 y Juma 67, respectivamente (Tabla 1). El ciclo total de Prosequisa 4 fue 311.2 días. Los resultados obtenidos en esta investigación, con relación al ciclo, pueden atribuirse a diferencias genéticas entre las variedades estudiadas, ya que según el Sistema de Evaluación Estándar para Arroz (CIAT 1990), Prosequisa 4 se sitúa en la clasificación de ciclo largo, más de 145 días, mientras que Juma 67 e Idiaf 1, se ubican en la categoría de ciclo intermedio, 130-145 días. Los resultados de esta investigación coinciden con los obtenidos en Venezuela por Ortiz *et al.* (1999).

### Componentes del rendimiento

Los componentes del rendimiento panícula/m<sup>2</sup>, espiguillas/panícula, fertilidad de la panícula y peso de 1,000 granos aportan el 80.1% del rendimiento total de las variedades, CIAT (1990). Los genotipos estudiados presentaron diferencias estadísticas con relación al número de panículas por m<sup>2</sup>, la fertilidad de la panícula y el peso de 1,000 granos en la primera etapa, pero con relación al número de espiguillas por panícula, no se encontraron diferencias.

En la segunda época de siembra, los tratamientos fueron iguales en cuanto a la fertilidad de la panícula; sin embargo, en los demás componentes del rendimiento se encontraron diferencias estadísticas, Tabla 2. Este comportamiento de los componentes del rendimiento son similares a los encontrados en Cuba, con variedades de ciclo corto, Maqueira *et al.* (2009). Resultados diferentes fueron reportados en el Valle del Cauca, Colombia, donde hallaron diferencias significativas para los componentes del rendimiento en cuatro líneas y dos variedades de arroz, Caicedo (2006).

Las variedades evaluadas tuvieron comportamiento diferente en ambas épocas de siembra con relación a los componentes del rendimiento. En cuanto al número de panícula por m<sup>2</sup>, al promediar 446 en la primera época de siembra y 346 en la segunda. El número de espiguillas por panícula, fue de 129 en la primera época y 114 en la segunda. Los demás componentes del rendimiento presentaron un comportamiento estable en ambas épocas de cultivo. Las variedades Prosequisa 4 e Idiaf 1 tuvieron 171 y 85 panículas por m<sup>2</sup>, respectivamente, en la segunda época de siembra con relación a la primera. En cuanto al número de espiguillas y la fertilidad de la panícula, la variedad Idiaf 1 resultó la más afectada en la segunda época de siembra. Se destaca que de los genotipos estudiados, Juma 67 presentó la mejor estabilidad en ambas épocas de siembra, con relación a los componentes del rendimiento.

La variación de los componentes del rendimiento se atribuye a que en la segunda época de siembra la fase de reproducción del cultivo coincide con días más cortos, menos radiación solar y temperaturas más bajas. Este

Tabla 1. Ciclo vegetativo de las primera y segunda época de siembra y el ciclo total de tres genotipos de arroz. Esperanza, Mao.

Genotipos	Días a flor		
	1ra. etapa	2da. etapa	Ciclo vegetativo total
Juma 67	112 b	109 b	281 b
IDIAF 1	106 c	104 c	270 c
Prosequisa 4	129 a	122 a	311 a

Promedios con letras iguales, en la misma columna no difieren estadísticamente, Tukey,  $\alpha = 0.05$



Tabla 2. Comportamiento de los componentes del rendimiento en la primera y segunda época de siembra en tres genotipos de arroz. Esperanza, Mao.

Genotipos	Componentes del rendimiento			
	Panículas./m <sup>2</sup>	Espiguillas/pan.	Fertilidad de la panícula (%)	Peso de mil granos (g)
<b>1ra. etapa</b>				
Juma 67	409 b	131	82.5 b	27.9 b
Idiaf 1	428 ab	131	90.3 a	30.5 a
Prosequisa 4	100 a	127	80.3 b	26.6 b
<b>2da. etapa</b>				
Juma 67	364 a	104 b	84.8	28.0 b
Idiaf 1	344 ab	98 b	82.7	29.9 a
Prosequisa 4	329 b	140 a	80.0	28.2 b

Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente, Tukey,  $p = 0.05$

comportamiento explica la reducción del rendimiento en la segunda época de siembra respecto a la primera época de siembra, Sanzo *et al.* (2003). Resultados similares a los obtenidos en esta investigación fueron reportados en la Estación Experimental Agropecuaria Corrientes del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina, donde encontraron diferencias en los componentes del rendimiento entre variedades, con relación a la época de siembra (Roncaglia *et al.* 2006).

### Rendimiento de arroz paddy

Las variedades Juma 67 (8,146.0 kg ha<sup>-1</sup>) e IDIAF 1 (7,853.7 kg ha<sup>-1</sup>) superaron estadísticamente a la variedad Prosequisa 4 en la primera época de siembra. En la segunda época de siembra, los genotipos tuvieron comportamiento diferente, Idiaf 1 con 7,951.2 kg.ha<sup>-1</sup> fue superior a Prosequisa 4 con 6,757.0 kg ha<sup>-1</sup> e igual a Juma 67, que promedió 7,437.2 kg ha<sup>-1</sup>, Figura 1. Al analizar la suma de rendimiento en ambas épocas, Idiaf 1 con 15,827.5 kg ha<sup>-1</sup> y Juma 67 con 15,582.7 kg ha<sup>-1</sup> fueron las mejores, Figura 2. Las variedades IDIAF 1 y

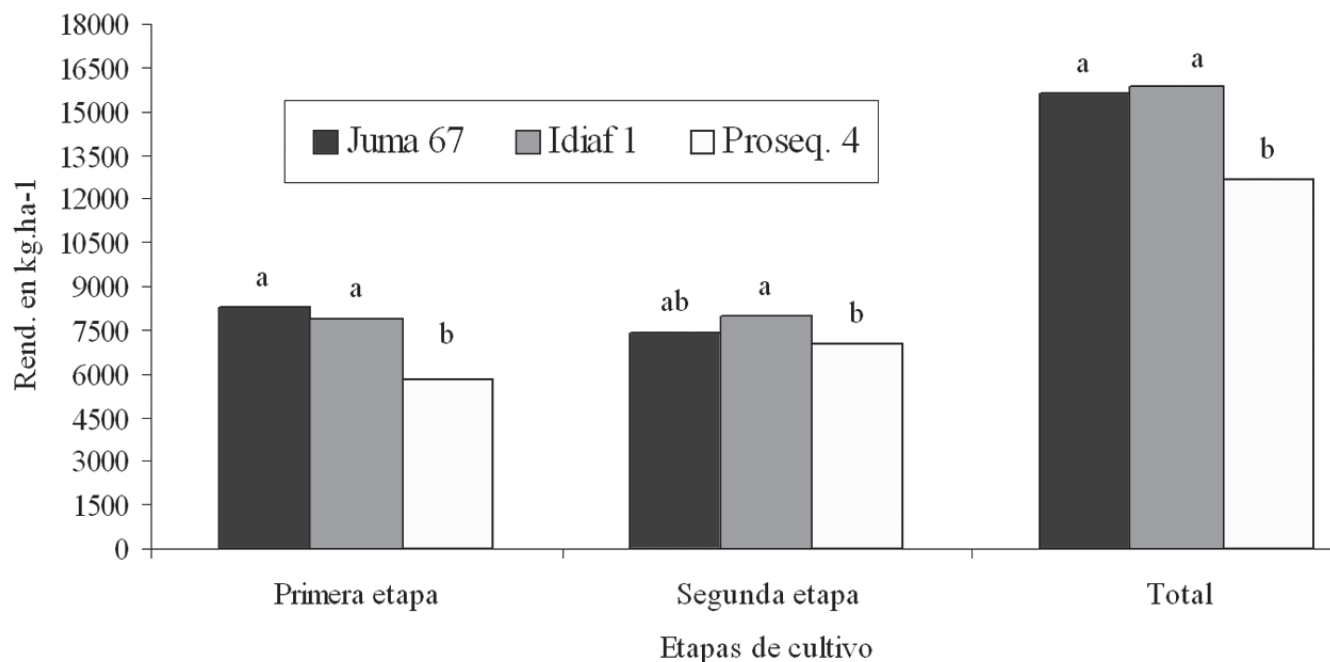


Figura 1. Rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup> de la primera y segunda etapa o épocas de siembra, bajo el método de siembra directa, Esperanza, Mao, enero 2002-diciembre 2003.

Juma 67 han mostrado mayor potencial de rendimiento que la variedad Prosequisa 4. Las diferencias encontradas en relación con el rendimiento pueden atribuirse principalmente a diferencias genéticas entre los genotipos estudiados.

Estos resultados corroboran los encontrados en investigaciones realizadas en la localidad del estudio, Adames *et al.* (2000) y los hallados en Cuba, en donde determinaron diferencias en el comportamiento de las variedades 'INCA LP-5', 'Reforma', 'INCA LP-2' y 'J-104', sembradas en diferentes épocas de siembra, durante los meses de enero 2004 y febrero 2005 (Maqueira *et al.* 2010).

### Porcentaje de arroz entero

En cuanto al porcentaje de arroz entero, los genotipos evaluados no presentaron diferencias, ni en la primera época ni en la segunda. Sin embargo, se registraron diferencias para un mismo genotipo al comparar su rendimiento de arroz entero en la primera época de siembra con la segunda. Juma 67 e IDIAF 1 tuvieron rendimiento de arroz entero estadísticamente superior en la primera época con relación a la segunda, no obstante, la variedad Prosequisa 4, no presentó diferencias en ambas épocas de siembra. El promedio general de la primera época fue de 59.7 %, mientras que en la segunda fue de 55.5 %. Ambos promedios son superiores al estándar internacional que es de 55 %, pero inferiores a los encontrados en ensayos con diferentes variedades en Cuba (Suarez *et al.* 2002). Sin embargo, el rendimien-

to de arroz entero resultó estadísticamente mayor en la época de siembra de primavera que en la de invierno, lo que pudiera estar determinado por la humedad de los granos al momento de la cosecha, así como por las variaciones de temperatura que se presentan en la etapa de llenado del grano (Pérez *et al.* 1999; Ruiz *et al.* 2009). La velocidad de pérdida de agua en la temporada seca es mayor que en la húmeda, por lo que la humedad de equilibrio del grano varía con la temperatura y la concentración de agua en el aire, factores determinantes en la calidad industrial del arroz (Castillo y Duffa 1998). En ese sentido Sánchez y Meneses (2012), concluyen que a medida que la humedad de corte disminuye, decrece también el porcentaje de granos enteros.

En la Tabla 3, se presentan las combinaciones posibles que se pueden realizar a partir de los tratamientos evaluados. Los resultados indican diferencias estadísticas entre las posibles combinaciones elaborada con las tres variedades en estudio. Al sembrar las combinaciones Juma 67 en la primera época e Idiaf 1 en la segunda, se obtuvo un rendimiento total de 16,119.7 kg.ha<sup>-1</sup> kg.ha<sup>-1</sup>, Idiaf 1 en la primera e Idiaf 1 en la segunda se obtuvo 15,827.5 kg.ha<sup>-1</sup> y con Juma 67-Juma 67 el rendimiento fue de 15,582.7 kg.ha<sup>-1</sup>, los cuales superaron estadísticamente las combinaciones Prosequisa 4-Prosequisa 4 (12,673.0 kg.ha<sup>-1</sup>), Prosequisa 4-Juma 67 (13,277.7 kg.ha<sup>-1</sup>) y Prosequisa 4-Idiaf 1 (13,814.5 kg.ha<sup>-1</sup>). Las demás combinaciones fueron estadísticamente iguales (Tabla 3).

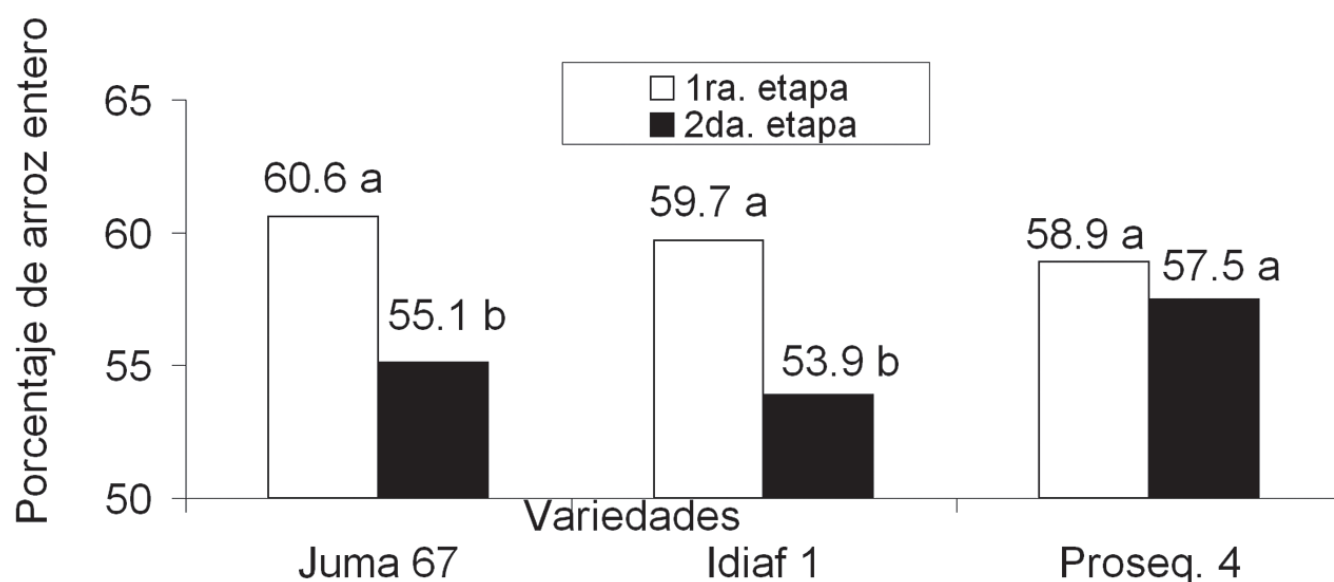


Figura 2. Porcentaje de arroz entero de tres genotipos en la primera y segunda etapa, bajo el método de siembra directa. Esperanza, Mao, enero 2002- diciembre, 2003

Tabla 3. Comparación de las diferentes opciones varietales para doble siembra directa, Esperanza, Mao, enero 2002-diciembre, 2003.

Opciones de siembra (Combinaciones)		Rendimiento total (kg.ha <sup>-1</sup> )
Primera época (enero-Junio)	Segunda época (Junio-diciembre)	
Juma 67	Juma 67	15,582.7 a
Idiaf 1	Idiaf 1	15,827.5 a
Prosequisa 4	Prosequisa 4	12,673.0 d
Juma 67	Idiaf 1	16,119.7 a
Juma 67	Prosequisa 4	15,139.0 ab
Idiaf 1	Juma 67	14,846.7 abc
Idiaf 1	Prosequisa 4	14,846.7 abc
Prosequisa 4	Juma 67	13,277.7 cd
Prosequisa 4	Idiaf 1	13,814.5 bcd

Promedios con letras iguales en la misma columna no difieren estadísticamente, Tukey,  $p = 0.05$

## CONCLUSIONES

Las variedades Juma 67 e IDIAF 1 obtuvieron el mayor rendimiento de grano en el sistema de doble siembra en la modalidad de siembra directa al voleo para la región noroeste.

Juma 67 en la primera época de siembra e Idiaf 1 en la segunda, resultaron entre las mejores combinaciones para siembra de las variedades estudiadas en la línea noroeste.

## LITERATURA CITADA

Adames, A.; Arias, L.; Flores, D.; Santana, J.; Moquete, C. 2000. Prueba regional de líneas promisorias de arroz (*Oryza sativa* L.). In Memoria Anual Programa de Cereales, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Bonao, DO. 12 p.

Caicedo, Y. 2006. Evaluación de características agronómicas de cuatro líneas interespecíficas de arroz (*Oryza sativa*/*Oryza latifolia*) comparada con dos variedades comerciales y una nativa en el corregimiento # 8 de Zacarías, Municipio de Buenaventura. Tesis de grado de agrónomo del trópico húmedo. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Pacífico, Valle del Cauca, CO. 35 p.

Cárdenas, D.; Touma, M. 2011. Evaluación en el cultivo de arroz del efecto de las briquetas de urea con diferentes concentraciones de zeolita en dos diferentes métodos de siembra: "método al voleo y método de trasplante" en la zona Febres Cordero, Provincia de los Ríos. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, EC.

Castillo, D.; Duffay, I.; Galano, R. 1998. Desadsorción hídrica del grano de arroz. "Pérdida de agua desde su formación hasta la humedad de equilibrio". In memoria del I Encuentro Internacional de Arroz, La Habana, CU.

CEI-RD (Centro de Exportación e Inversión de la República Dominicana) 2010. Perfil Económico del Arroz. (En Línea). Consultado el 02 de abril del 2013. Disponible en [www.cei-rd.gov.do](http://www.cei-rd.gov.do).

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1990. Componentes del rendimiento en arroz. Cali, CO. 7p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1980. Manual de evaluación estándar para arroz. Cali, CO. 10 p.

Cuevas, F.; Guimarães, E.; Martínez C. 1991. Arroz en América Latina: mejoramiento, manejo y comercialización. Estado actual de las actividades de fitomejoramiento de arroz en América Latina y el Caribe. Cali, CO. 196 p.

Franquet, B., Borràs, P. 2006. Economía del arroz: variedades y mejora. (En Línea) Consultado 26 de abril 2013. Disponible en: [www.eumed.net/libros/2006a/](http://www.eumed.net/libros/2006a/).

Lara, R.; Cruz, R. 1989. Diferentes tiempo de corte para retoño del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en las variedades 'Juma 57', 'Juma 61', 'Juma 62' y 'Mingolo'. Tesis para optar por el título de ingeniero agrónomo Universidad Mundial. Moca, DO. 205 p.

Maqueira, L.; Pérez, A.; Torres, W. 2010. Crecimiento y productividad de variedades de arroz de diferentes ciclos en dos fechas de siembra en la época de frío en los Palacios, Pinar del Río. Cultivos Tropicales 31 (4): 39-43.

Ortiz, A.; López, L.; Lizaso, J. 1999. Desarrollo y Caracterización morfológica de eco tipos de arroz rojo y variedades de arroz en Venezuela. Agronomía Tropical 49 (1) 51-67.

Pérez, N.; González, M.; Castro, R.; Morejón, R. 1999. Variedades de arroz obtenidas por cultivo de anteras. Cultivos Tropicales 20 (4): 83-86.

Rodríguez, R.; García de la Osa, J.; Meneses, P.; Pérez, R.; Sanzo, R.; Saborit, R.; Valle, J.; Delgado, A. 2007. comportamiento del rendimiento agrícola y el manchado del grano en diferentes tecnologías de siembra del arroz popular. In Memoria anual, Estación Experimental del Arroz "Sur del Jíbaro", Sancti Spiritus, CU. Pp 84-89.

Roncaglia, L.; Marin, A.; Martínez, G.; Olmos, S. 2006. Componentes del rendimiento del arroz cultivado bajo condiciones predisponentes al vaneo fisiológico. Estación Experimental Agropecuaria Corrientes, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, AR.

Rosario, J.; Gómez, C. 1999. Causas del Vaneamiento de la panícula de la planta de arroz. Centro de Investigaciones Arroceras, Departamento de Investigaciones Agropecuarias (DIA), Secretaría de Estado de Agricultura. Juma, Bonao, DO.



Ruiz, C.; Díaz, G.; Pérez, N.; Muñoz, Y.; Rodríguez, C.; Domínguez, D. 2009. Comportamiento de la variedad de arroz (*Oryza sativa* L.) 'INCA LP-4': sembrada en diferentes épocas del año. *Cultivos Tropicales* 30 (1): 23-29.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN). 2003. Manual Técnico para el Cultivo de Arroz (*Oryza sativa* L.). Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA), Playitas, Comayagua, HN. Pp 21-30.

Sánchez, D.; Meneses, R. 2012. Parámetros que influyen en la calidad industrial del arroz cosechado en el municipio La Sierpe. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, N°163. Pp 38-46. Consultado el 2 de febrero del 2014. Disponible en: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/sdmr.html>

Sanzo, R.; Pérez, R.; Jiménez, R.; Saborit, R.; García, J.; Rodríguez, R. 2003. Arroz Popular. "ABC Técnico". Estación Territorial de Investigaciones del Arroz "Sur del Jíbaro". Sancti Spíritus. CU. Pp 6-49.

SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 2002. Dirección Regional Agropecuaria Noroeste. *In memoria anual 2001*. Mao, DO. 5p.

Suárez, E.; Deus, J.; Pérez, R.; Alfonso, R.; Duany, A.; Ávila, J.; Castillo, D.; Hernández, A. 2002. Mejoramiento genético de la calidad del grano de arroz en Cuba: Impacto de la Inducción de Mutantes, La Habana, CU. 222 p.



## Primer caso de resistencia a glifosato en la República Dominicana

Francisco Jiménez<sup>1</sup>, Pablo Fernández<sup>1</sup>, Jesús Rosario<sup>1</sup>, Fidel Gonzales<sup>1</sup> y Rafael De Prado<sup>2</sup>

La República Dominicana posee un área de más 30,000 hectáreas dedicadas a la producción de cítricos, con una producción estimada de 493,000 toneladas métricas. El control de malezas constituye una de las actividades más importante en el mantenimiento de la producción, siendo el glifosato el herbicida más utilizado como método de control químico, durante los últimos 20 años. Sin embargo, se reportan fallas en el control de *Parthenium hysterophorus* L. (*Ph*) y *Phaseolus lathyroides* L. (*Pl*), especialmente en campos de cítricos. Con el objetivo de evaluar la respuesta de estas especies y confirmar la posible resistencia a glifosato, se realizaron ensayos dosis-respuesta (ED<sub>50</sub>) y acumulación de ácido shiquímico en 5 poblaciones sospechosas, las cuales fueron comparadas con una población sensible. Los resultados de ED<sub>50</sub> de los biotipos de *Ph*, fueron de 409.9, 294.6, 159.7 y 41.5 g ae ha<sup>-1</sup>, para los biotipos *Ph*<sub>10</sub>, *Ph*<sub>7</sub>, *Ph*<sub>8</sub> y *Ph*<sub>16</sub>, respectivamente; en tanto que para los biotipos *Pl*<sub>1</sub> y *Pl*<sub>2</sub> fueron similares, 85.1 y 81.8 g ae ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La velocidad de acumulación de ácido shiquímico fue 0.006, 0.018, 0.027, 0.035, 0.038 y 0.066 mg g pf<sup>-1</sup> (peso fresco) h<sup>-1</sup> para *Ph*<sub>10</sub>, *Ph*<sub>7</sub>, *Ph*<sub>8</sub>, *Pl*<sub>1</sub>, *Pl*<sub>2</sub> y *Ph*<sub>16</sub>, respectivamente. El orden de resistencia es *Ph*<sub>10</sub> > *Ph*<sub>7</sub> > *Ph*<sub>8</sub> > *Pl*<sub>1</sub> ≥ *Pl*<sub>2</sub> > *Ph*<sub>16</sub>. *Pl* presenta una tolerancia natural, en tanto que el factor de resistencia para *Ph*<sub>10</sub> fue 9.5, lo cual confirma el primer caso de resistencia a glifosato en la República Dominicana.

**Palabras clave:** dosis-respuesta, ácido shiquímico, *Parthenium hysterophorus* L., *Phaseolus lathyroides* L.

### INTRODUCCIÓN

La aplicación repetida de herbicidas con el mismo ingrediente activo, del mismo grupo químico o con igual sitio de acción, ejerce una presión de selección en la comunidad de malezas, la cual en interacción con el suelo, el clima, las prácticas culturales, el sistema de cultivo, la especie de maleza y la no aplicación de medidas alternativas de control, favorecen el desarrollo y la aparición de biotipos resistentes en una especie de maleza (Tharayil-Santhakumar 2004).

La resistencia a un herbicida sucede cuando un individuo dentro de una población de una especie de mala hierba, sobrevive y se reproduce después de la aplicación de la dosis agrícola recomendada, que controla normalmente la población. La resistencia puede ocurrir de manera natural y tener por origen mutaciones genéticas responsables de alteraciones en el sitio de acción del herbicida, en el proceso de metabolismo del herbicida en la planta, en la penetración, en la translocación y en la compartimentalización de la molécula herbicida en el individuo resistente (Tharayil-Santhakumar 2004; Friesen *et al.* 2000).

El estudio de resistencia a herbicidas en malas hierbas constituye una herramienta de suma importancia para determinar el comportamiento de las mismas ante el uso de moléculas herbicidas, así como el establecimiento de medidas de manejo ante detección de resistencia. El control químico es el método más utilizado, siendo el glifosato el herbicida de mayor uso, principalmente en fincas o explotaciones frutícolas.

Determinadas especies de plantas cultivadas, y también de malas hierbas, son capaces de vivir y crecer a las dosis recomendadas de aplicación agrícola del herbicida, aunque puedan ser controladas a dosis varias veces superiores. Este tipo de respuesta se conoce generalmente como tolerancia natural y ha sido definida por la HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) como la habilidad/aptitud heredable de una especie vegetal a sobrevivir y reproducirse después de un tratamiento.

Al momento se han registrado, a nivel mundial, 403 casos de resistencia a herbicidas, de los cuales 132 especies son resistentes a herbicidas cuyo sitio de acción es la enzima acetolactato sintasa (ALS), 74 a inhibidores de la fotosíntesis en el fotosistema II, 43 inhibidores de la enzima acetil CoA carboxilasa (ACCase), 30 auxinas sintéticas, 28 actúan en el fotosistema I, 24 son inhibidores de la enzima 5-Enolpiruvil shikimato 3-fosfato sintasa (EPSPS) y 23 inhibidores de la fotosíntesis, entre otros, (Heap 2013).

En Centro América y el Caribe, se ha detectado resistencia a glifosato en Colombia y México (Heap 2013). En la República Dominicana, no se tiene reporte de casos de resistencia científicamente demostrado, pese a que los productores agrícolas se quejan de la ineficacia de algunos de los herbicidas utilizados, principalmente glifosato, en el control de las malas hierbas. El objetivo de esta investigación fue determinar la posible resistencia a glifosato de *Parthenium hysterophorus* L. (*Ph*) y *Phaseolus lathyroides* L. (*Pl*), mediante ensayos de dosis-respuesta (ED<sub>50</sub>) y acumulación de ácido shiquímico.

<sup>1</sup> Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

<sup>2</sup> Universidad de Córdoba, España.



## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Para la realización de los ensayos se prospectaron semillas de *Parthenium hysterophorus* L. (*Ph*) y *Phaseolus lathyroides* L. (*Pl*) en campos de cítricos del Consorcio Cítricos Dominicanos del Grupo Rica, en Villa Altagracia, San Cristóbal, República Dominicana, con sospecha de resistencia a glifosato y en veredas de carreteras en las provincias Monseñor Nouel y María Trinidad Sánchez. Para la verificación de resistencia de *Ph* se compararon con un biotipo sensible procedente de México. En tanto que para comparar *Pl* se prospectaron semillas en un área donde no se ha utilizado el herbicida.

Las semillas fueron pre germinadas y colocadas en macetas de 320 cm<sup>3</sup> de volumen, conteniendo una mezcla de turba-arena en una relación v/v 1:1, y mantenida en invernadero a temperatura noche/día de 27/18°C y fotoperiodo de 14/10 h.

### Dosis-respuesta

Los tratamientos para dosis-respuesta se realizaron cuando las plantas alcanzaron de 3 a 5 hojas de desarrollo, utilizando una máquina de aplicación experimental de herbicida (Devries Manufacturing, Hollandale, Minnesota, USA), equipada con boquillas de abanico plano Tee Jet 80.02 EVS (apertura uniforme de 80°), ajustada a 200 kPa y volumen de aplicación de 200 L ha<sup>-1</sup>. Las dosis evaluadas fueron 20, 40, 60, 80, 160, 320, 640 y 1,280 gramos de ácido equivalente (g ae ha<sup>-1</sup>) de glifosato, bajo un diseño completamente al azar con 10 repeticiones (plantas).

Las plantas fueron cortadas a nivel del suelo, 21 días después del tratamiento (DDT) para cuantificar el peso fresco. Estos datos fueron ajustados a un modelo de regresión no lineal log-logistic, con el paquete estadís-

tico Sigma Plot 8.0 (Seefeldt *et al.* 1995). Los valores de ED<sub>50</sub> correspondientes fueron usados para calcular el factor de resistencia (FR) de cada especie y biotipos, dividiendo la ED<sub>50</sub> del biotipo R entre la ED<sub>50</sub> del S (FR=ED<sub>50</sub> R/ ED<sub>50</sub> S).

### Ácido shiquímico

Para determinar la acumulación de ácido shiquímico, las plantas de cada especie y biotipos fueron tratadas en el estadio de 3 a 5 hojas con glifosato a 300 g ae ha<sup>-1</sup> y un volumen de derivación de 200 L ha<sup>-1</sup>. Se conformó un muestra compuesta de las ocho plantas de 50 mg de tejido cortada a 12, 24, 48, 72 y 96 horas después del tratamiento (HDT) y congeladas en nitrógeno líquido, utilizando la metodología descrita por Perez-Jones *et al.* (2005). La acumulación de ácido shiquímico fue determinada mediante un espectrofotómetro a 380 nm, los resultados se expresaron en miligramos por gramos de peso fresco (mg g pf<sup>-1</sup>). Se calculó la velocidad de acumulación de ácido shiquímico mediante la pendiente (m) de la recta en una sección de la misma;  $m = (y_2 - y_1) / (x_2 - x_1)$ ;  $m = \text{mg gpf}^{-1}\text{h}^{-1}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dosis-respuestas

Los datos de peso fresco de los cultivares se ajustaron al modelo de regresión no lineal log-logistic con un nivel de significancia según se describe en la Tabla 1, el cual estima la dosis efectivas que reduce en un 50% (ED<sub>50</sub>) el peso fresco de los cultivares tratados con glifosato (Tabla 1 y Figura 1).

Los resultados muestran una respuesta diferencial entre los valores de ED<sub>50</sub> de los diferentes biotipos de *Ph*. La dosis capaz reducir el peso fresco en 50% de los biotipos de *Ph* fue de 402.2, 294.6, 149.7 y 41.5 g ae ha<sup>-1</sup> para los biotipos *Ph*<sub>10</sub>, *Ph*<sub>7</sub>, *Ph*<sub>8</sub> y *Ph*<sub>16</sub>. La ED<sub>50</sub> para

Tabla 1. Parámetros de la ecuación <sup>1/</sup>usada para calcular la dosis de glifosato requerida para reducir en un 50% la masa fresca (ED<sub>50</sub>) en las poblaciones de *Parthenium hysterophorus* y *Phaseolus lathyroides*

Cultivars	Respuesta	U	L	b	Pseudo r <sup>2</sup> <sup>3/</sup>	ED50 (SE) <sup>2/</sup>	FR <sup>4/</sup>	Valor p
<i>Ph</i> <sub>7</sub>	R	92.3	0.0	1.72	0.98	294.6	7.09	0.001
<i>Ph</i> <sub>8</sub>	R	89.4	0.0	1.6	0.93	149.7	3.60	0.001
<i>Ph</i> <sub>10</sub>	R	94.7	0.0	1.83	0.96	402.2	9.69	0.001
<i>Ph</i> <sub>16</sub>	S	94.3	2.2	1.6	0.98	41.5	----	0.001
<i>Pl</i> <sub>1</sub>	T	144.1	0.0	1.02	0.98	85.2	2.05	0.005
<i>Pl</i> <sub>2</sub>	T	127.5	0.0	1.1	0.98	81.8	1.97	0.005

<sup>1/</sup>Ecuación Log-logistic  $Y = L + \{(U-L) / [1 + (x/ED50)^b]\}$ , donde Y es la masa fresca, expresada como porcentaje con respecto al control no tratado; x (variable independiente) es la dosis de glifosato (g ae ha<sup>-1</sup>), U es el valor máximo de la asíntotas, L es el valor mínimo, b es el punto de inversión de la curva, y ED50 es la dosis efectiva requerida para reducir en 50 % la masa fresca de las poblaciones. Los datos fueron ajustados a un modelo de regresión no lineal. Los datos representan el promedio de diez (plantas) repeticiones. <sup>2/</sup> SE= error estándar. <sup>3/</sup> coeficiente de determinación. <sup>4/</sup> FR = factor de resistencia = ED50 R/ ED50 S).

$PI_1$  y  $PI_2$  fue de 85.2 y 85.8 g ae ha<sup>-1</sup>, respectivamente Tabla 1 y Figura 2. El factor de resistencia (FR) calculado para cada biotipo con respecto al biotipo sensible ( $Ph_{16}$ ) es como sigue; 9.69, 7.09, 3.60, 2.05 y 1.97, para los biotipos  $Ph_{10}$ ,  $Ph_7$ ,  $Ph_8$ ,  $PI_1$  y  $PI_2$ , respectivamente, Tabla 1. El biotipo  $Ph_{10}$  requiere 9.69 veces la dosis del biotipo sensible ( $Ph_{16}$ ) para reducir su peso fresco, lo que muestra que este biotipo tiene un alto nivel de resistencia a glifosato.

Los biotipos del género *Parthenium* muestran una resistencia diferencial, lo que permite clasificar el nivel de resistencia de estos biotipos en altamente resistente ( $Ph_{10}$ ) y resistentes ( $Ph_7$  y  $Ph_8$ ), respectivamente. Esta resistencia está asociada a la presión de selección que conlleva el uso prolongado de un herbicida en el mismo

sitio de acción, en este caso glifosato, por lo que uno o más mecanismos de resistencia, como mutación en el sitio de enlace (EPSPS) con el herbicida, procesos metabólicos, una menor absorción y/o translocación del herbicida al sitio de acción.

Los biotipos del género *Phaseolus* mostraron un FR de 2.05 y 1.97 para  $PI_1$  y  $PI_2$ , respectivamente, (Tabla 1). Estos biotipos muestran valores similares, lo que pudieran ser consideradas como moderadamente resistentes. Las semillas del biotipo  $PI_2$  fueron prospectadas en una zona donde no se ha utilizado glifosato para establecer la comparación con el biotipo prospectado en campos de cítricos ( $PI_1$ ). Estos resultados sugieren que este biotipo posee una tolerancia natural dado el mismo factor de resistencia en ambos.

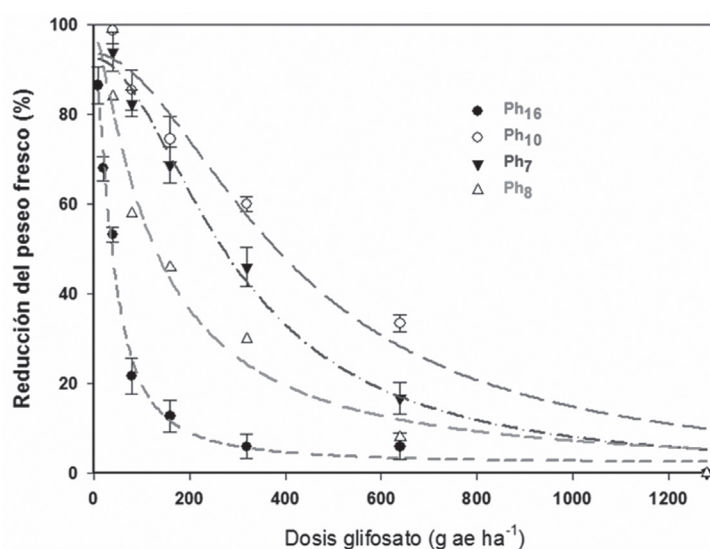


Figura 1. Curvas dosis-respuesta ( $ED_{50}$ ) de cuatro biotipos de *Parthenium hysterophorus* tratadas con glifosato.

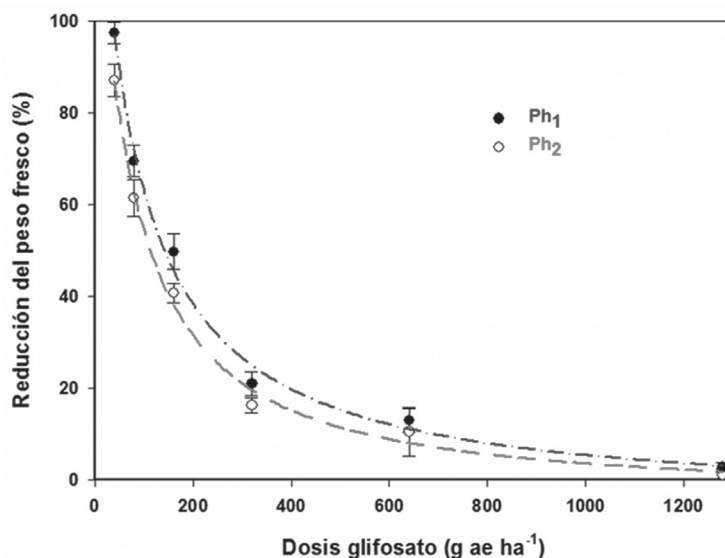


Figura 2. Curvas dosis-respuesta ( $ED_{50}$ ) de dos biotipos de *Phaseolus lathyroides* tratadas con glifosato.

## Acumulación de ácido shiquímico

Los cambios en los niveles de ácido shiquímico en las plantas son específicamente el resultado de la inhibición de la EPSPS (Amrhein *et al.* 1980). En plantas sensibles, como consecuencia de esta inhibición se produce un incremento de ácido shiquímico, después de ser tratadas con glifosato. Esta inhibición ha sido usada como un marcador para determinar la sensibilidad al herbicida (Mueller *et al.* 2008).

La población con mayor velocidad de acumulación correspondió a  $Ph_{16}$ , seguido por  $Ph_8$ ,  $Ph_7$  y  $Ph_{10}$  con 0.066, 0.027, 0.018 y 0.006 mg g pf<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente, Figura 3. El biotipo  $Ph_{16}$  muestra una velocidad de acumulación 11 veces superior al biotipo  $Ph_{10}$ , lo que muestra que  $Ph_{10}$  tiene una alta resistencia al herbicida. Los demás biotipos muestran una resistencia intermedia.

La acumulación de ácido shiquímico en los biotipos de *PI* describen un ecuación lineal hasta las 96 HDT Figura 4, con una velocidad de acumulación de 0.035 y 0.038 mg g pf<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> para  $Ph_1$  y  $Ph_2$ , respectivamente, los cuales muestran valores de acumulación muy similares. A partir de las 96 HDT la velocidad comienza a declinar en ambos biotipos, lo que sugiere una reactivación en la producción de aminoácidos aromáticos, en la enzima EPSPS, imprescindibles para el desarrollo de las plantas.

El biotipo  $Ph_2$  no había sido sometido a tratamientos con glifosato y la misma se utilizó para compararla con  $Ph_1$ , proveniente de campos de cítricos tratados por más de 15 años, sin embargo muestran el mismo comportamiento. Esto sugiere que el nivel de resistencia mostrado por *PI* no ha sido el resultado de la presión de selección inducida por la aplicación del glifosato, más bien es

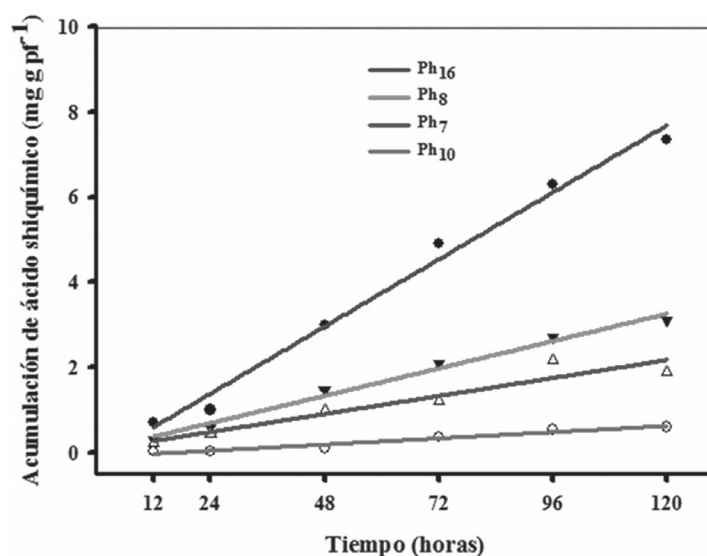


Figura 3. Acumulación de ácido shiquímico en cuatro biotipos de *Parthenium hysterophorus* tratadas con glifosato.

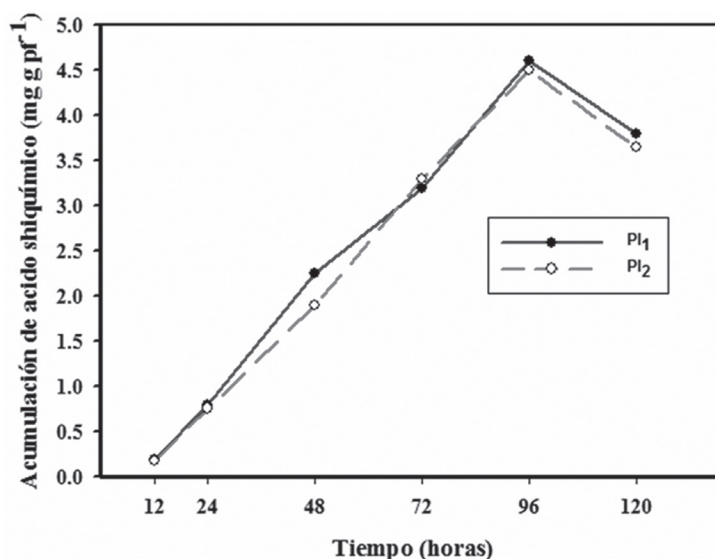


Figura 4. Acumulación de ácido shiquímico en dos biotipos de *Phaseolus lathyroides* tratadas con glifosato.

debido a una tolerancia natural de esta leguminosa, la misma pudiera deberse a procesos metabólicos a compuestos no tóxicos del herbicida para la planta u otros mecanismos asociados a la resistencia.

## CONCLUSIONES

Se confirma el primer caso de resistencia al herbicida glifosato en la República Dominicana en biotipos de la especie *Parthenium hysterophorus*. En tanto que *Phaseolus lathyroides* muestra cierto nivel de resistencia a glifosato, descartándose que esta resistencia sea debido a la presión de selección impuesta por el uso prolongado de glifosato, lo que sugiere que esta especie tiene tolerancia natural a este herbicida.

## AGRADECIMIENTO

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencias e Innovación de España, a través del proyecto AGL2010-16774. Agradecemos la colaboración del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) y el Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF), así como la colaboración técnica de Rafael A. Roldán-Gómez.

## LITERATURA CITADA

- Amrhein, N.; Deus, B.; Gehrke, P.; Steinrücken, H. 1980. The site of the inhibition of the shikimate pathway by glyphosate. *Plant Physiology* 66: 830-834.
- Friesen, L.; Jones, T.; Van Acker R.; Morrison, I. 2000. Identification of *Avena fatua* populations resistant to imazamethabenz, flumetop, and fenoxaprop-P. *Weed Science*, 48:532-540.
- Heap, I. 2013. The International Survey of Herbicide Resistant Weeds. (En Línea) Consultado el 6 de septiembre del 2013. Disponible en: <http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>
- Mueller, T.; Ellis, A.; Beeler, J.; Sharma, S.; Singh, M. 2008. Shikimate accumulation in nine weedy species following glyphosate application. *Weed Research* 48: 455-460.
- Seefeldt S.; Jensen J.; Fuerst E. 1995. Log-logistic analysis of dose-response relationships. *Weed Technology* 9: 218-227
- Tharayil-Santhakumar, N. 2004. Mechanism of Herbicides Resistance in Weeds. Plant & Soil Sciences University of Massachusetts Amherst, MA. (En Línea). Consultado el 6 de septiembre del 2013. Disponible en: <http://www.weedscience.com>





## Estudios de características anatómicas foliares en *Sinapis alba* L. resistente al tribenuron metil

Jesús Rosario<sup>1</sup> y Rafael De Prado<sup>2</sup>

*Sinapis Alba* L. es una mala hierba competitiva en el cultivo de trigo del sur de España. En una población de malezas manejada con aplicaciones continuas de tribenuron metil (TM) durante los últimos 15 años, se ha observado fallas de control. Semillas de plantas no controladas por TM consideradas población sospechosa de tener resistencia (AR<sub>11</sub>) y semillas de una población sensible (AR<sub>2</sub>) cosechadas en área nunca tratada con TM, fueron germinadas y cultivadas para confirmar la resistencia a TM y determinar la posible relación de características anatómicas de la superficie foliar adaxial con la penetración y resistencia al herbicida. Se realizaron ensayos de dosis-respuesta (D-R), estudios radio-isotópicos (penetración de <sup>14</sup>C-TM) y microscópicos en la superficie adaxial foliar (densidad de estomas, densidad de tricomas, forma de la superficie adaxial y espesor de cutícula). El estudio de D-R mostró que la dosis de TM necesaria para reducir en 50% el peso fresco (ED<sub>50</sub>) del biotipo AR<sub>11</sub> fue de 4,2 g de TM ha<sup>-1</sup>, resultando 10,6 veces mayor que la ED<sub>50</sub> del sensible AR<sub>2</sub> (0,3939 g de TM ha<sup>-1</sup>). Los resultados de penetración indicaron que ambos biotipos AR<sub>11</sub> (40,2%) y AR<sub>2</sub> (41,4%) absorben porcentajes similares de TM. Mientras que las densidades de estomas y de tricomas y la forma de la superficie adaxial fueron similares en ambos biotipos. No obstante, el espesor de la cutícula fue diferente (AR<sub>11</sub>=2.41 mm y AR<sub>2</sub>=1.34 mm). La resistencia confirmada en *S. alba* a TM, no es debida a diferencias en la absorción del herbicida ni a cambios anatómicos foliares; por tanto, se investigan otros mecanismos.

**Palabras clave:** resistencia, estomas, tricomas, cutícula

### INTRODUCCIÓN

*Sinapis alba* L. es una crucífera anual de la zona mediterránea, presente en el sur de España, donde compete con el cultivo de trigo y ha sido controlada durante los últimos 15 años mediante aplicaciones con el herbicida tribenuron metil (TM) (Rosario *et al.* 2010).

TM es un herbicida sulfonilurea inhibidor de la acetolactato sintasa (ALS; EC 4.1.3.18) que cataliza la biosíntesis de los aminoácidos valina, leucina e isoleucina (Singh *et al.* 1991; Tranel y Wright 2002; McCourt y Duggleby 2006). El uso incorrecto de este herbicida inhibidor de la ALS ha causado la evolución de resistencia en biotipos de *S. alba* prospectados en Ronda, Málaga, España (Cruz-Hipólito *et al.* 2008; Rosario *et al.* 2010).

En la actualidad existen 365 biotipos de malezas resistentes a herbicidas en 200 especies, distribuidas en 450,000 campos. Del total de especies resistentes el 30.7% (112 especies) han desarrollado resistencia a los inhibidores de ALS (Heap 2011), siendo este el grupo herbicida con mayor incremento de biotipos resistentes.

Comúnmente, la resistencia a herbicida es explicada basado en modificaciones genéticas ocurridas en el sitio de acción, por ejemplo mutación en el punto de unión en la enzima blanco. Así como en la resistencia fuera

del sitio de acción, debida a reducción de la absorción y/o translocación, secuestro y metabolismo del herbicida (Powles y Yu 2010; De Prado y Franco 2004). Sin embargo, ciertas características morfológicas de la superficie adaxial foliar pueden influenciar la cantidad de herbicida que entra en los tejidos de las hojas (Kogan y Pérez 2003; García-Torres y Fernández-Quintanilla 1991), y afectar la expresión de la resistencia a herbicidas en malezas. Los objetivos del presente trabajo fueron: a) estudiar y confirmar la resistencia de *S. alba* a TM, b) conocer la posible influencia de características morfológicas con la resistencia a TM detectada en *S. alba*, asociada a la absorción de <sup>14</sup>C-TM y c) determinar si la absorción de <sup>14</sup>C-TM es un mecanismo que explica la resistencia en *S. alba*.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación fue desarrollada en invernadero y laboratorio, utilizando TM de grado técnico (DuPont de Nemours y Co., Nambesheim, France) y el correspondiente formulado comercial al 75% de i.a. Se utilizaron semillas de las poblaciones AR<sub>11</sub> (probablemente resistente) y AR<sub>2</sub> (susceptible), germinadas en oscuridad y frío (4°C) por 72 horas en caja petri. Las plántulas se cultivaron en macetas hasta la instalación de cada estudio.

<sup>1</sup> Investigadores en protección vegetal. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. [jesusrosario\\_1@yahoo.com](mailto:jesusrosario_1@yahoo.com)

<sup>2</sup> Universidad de Córdoba, España.

Para los ensayos dosis-respuesta (D-R), plantas en estado de 4-5 hojas fueron tratadas con 0.0, 0.05, 0.10, 0.40, 0.80, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 16.0 y 32.0 g de TM  $\text{ha}^{-1}$  con un equipo de aplicación experimental de herbicida. El experimento fue instalado en un arreglo factorial, usando un diseño completamente al azar con 5 repeticiones (plantas) por población y dosis. Se cosechó el tejido aéreo y se determinó el peso fresco 21 días después del tratamiento (DDT). Los datos se ajustaron a un modelo de regresión no lineal (Seefeld *et al.* 1995), estimándose las  $\text{ED}_{50}$ . El factor de resistencia (FR) se obtuvo como la relación  $\text{ED}_{50} \text{ AR}_{11} / \text{ED}_{50} \text{ AR}_2$ .

Para estudiar la penetración de  $^{14}\text{C}$ -TM las plantas fueron tratadas con una solución del herbicida marcado ( $^{14}\text{C}$ -tribenuron metil, 1666.66 Bq) más el formulado comercial (15 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$ ), aplicando una gota (1  $\mu\text{L}$ ; 833.33 Bq.) en la cuarta hoja de cada planta. Las plantas fueron divididas en hoja tratada (HT), resto de planta (RT) y raíces (R); se lavó la radiactividad no absorbida, los tejidos fueron secados, combustiónados en el oxidador biológico y determinada la radiactividad en el cuantificador Beckman LS 6500 TA (Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA). La absorción (%) fue calculada como radiactividad combustiónada/radiactividad recuperada\*100. El experimento fue un arreglo factorial y los tratamientos organizados en un diseño completamente al azar. Los datos se analizaron con Statistix 8.0.

La densidad de estomas se determinó mediante huellas estomáticas obtenidas con fragmentos de la superficie adaxial foliar (2 cm x 1 cm) de plantas  $\text{AR}_{11}$  y  $\text{AR}_2$ . Los estomas/ $\text{mm}^2$  fueron observados y cuantificados en el microscopio óptico (Nikon UFX II-Labophot-2, Japan); se utilizaron 6 repeticiones (plantas) por biotipo y los datos se analizaron con Statistix 8.0.

Fragmentos foliares (0.5 cm x 0.5 cm) de cada biotipo sensible y resistente de *S. alba*, fueron procesados según el procedimiento del Servicio Central de Apoyo a la Investigación y, después examinados y fotografiados en un microscopio JSM 6300 (Scanning Microscope) de la Universidad de Córdoba. Este mismo procedimiento fue utilizado para observar y cuantificar la densidad de tricomas en la superficie adaxial. Los datos de tricomas se sometieron a análisis de varianza y comparación de media con Statistix 8.0.

Para el espesor de la cutícula se utilizó cortes foliares iguales a los anteriores y se obtuvieron bloques de glicol metacrilato polimerizados según el kit JB-4 (Polysciences Inc., Steinheim, Switzerland). Discos de 3  $\mu\text{m}$  fueron teñidos con auramine O (0.1%), observados y fotografiados al microscopio óptico, midiendo el espesor de la cutícula con el programa Image Tool. Los datos se sometieron a análisis de varianza y comparación de media con Statistix 8.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayos dosis-respuesta (D-R)

El peso fresco de tejidos aéreos (PF) de los biotipos  $\text{AR}_{11}$  (R) y  $\text{AR}_2$  (S) disminuyó con el incremento de la dosis de TM, Figura 1. La mayor reducción de PF se registró en  $\text{AR}_2$  que resultó altamente susceptible a TM, observándose síntomas fitotóxicos cuatro DDT. R y S registraron  $\text{ED}_{50}$  de 4.2 y 0.3939 g i.a.  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. Estos resultados mostraron que TM no controló el biotipo  $\text{AR}_{11}$  21 DDT, el cual requirió una  $\text{ED}_{50}$  10.6 veces mayor que el biotipo sensible  $\text{AR}_2$ . La resistencia a TM ha sido confirmada en otras especies de malezas, tales como *Sinapis arvensis* (Warwick *et al.* 2005),

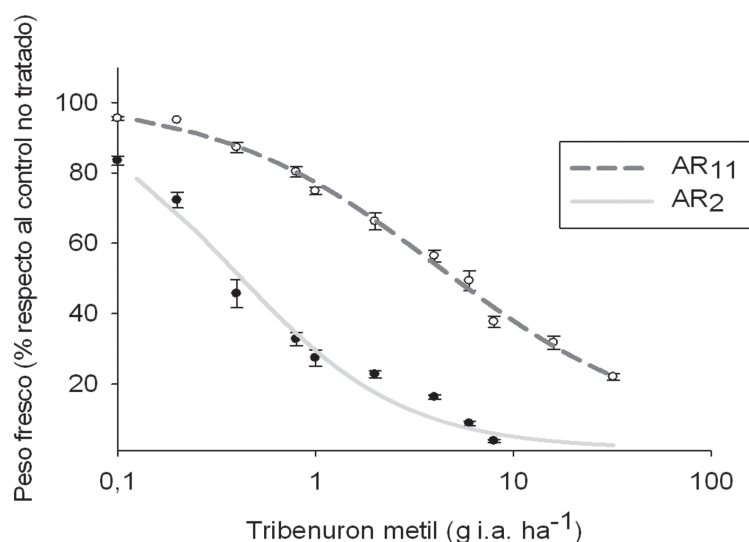


Figura 1. Respuesta de dos biotipos ( $\text{AR}_{11}$  y  $\text{AR}_2$ ) de *S. alba* a dosis crecientes de tribenuron-metil. El PF se cuantificó 21 DDT como porcentaje respecto al control no tratado. Cada punto en la curva es la media del error estándar (SE) de dos experimentos.

Tabla 1. Absorción de  $^{14}\text{C}$ -TM en biotipos AR<sub>2</sub> (S) y AR<sub>11</sub> (R) de *S. alba*, medido desde 24 hasta 120 HDT.

Biotipo	HDT	Penetración (%)
AR <sub>2</sub>	24	18.1±9.0c
	48	24.8±6.8bc
	72	29.4±4.5bc
	96	37.2±6.4ab
	120	41.4±4.0a
AR <sub>11</sub>	24	19.7±7.1c
	48	27.3±5.5bc
	72	31.7±6.3abc
	96	38.8±5.2ab
	120	40.2±2.2a

*Papaver rhoeas* (Kaloumenos *et al.* 2009), *Descurainia sophia* (Xu *et al.* 2010) y *Gallium aparine* L. (Jian *et al.* 2011).

El alto nivel de resistencia detectado mediante ensayos *in vivo* sugiere que *S. alba* evolucionó resistencia debido al repetido uso de TM durante más de 15 años, lo que también ha sido documentado en otras especies (Brown y Cotterman 1994; Saari *et al.* 1992).

### Penetración de $^{14}\text{C}$ -TM

No fueron encontradas diferencias estadísticas significativas en la absorción de  $^{14}\text{C}$ -TM entre los biotipos AR<sub>11</sub> y AR<sub>2</sub> de *S. alba*. La absorción total de  $^{14}\text{C}$ -TM cuantificada 120 horas después del tratamiento (HDT) fue 41.4±4.0 % (AR<sub>2</sub>) y 40.2±2.2 % (AR<sub>11</sub>) (Table 1).

La absorción de  $^{14}\text{C}$ -TM mostró un comportamiento similar en ambos biotipos AR<sub>2</sub> y AR<sub>11</sub> de *S. alba*. Similares resultados fueron encontrados en *Conyza albida* (Osuna y De Prado 2003), *Aster squamatus* (Osuna *et al.* 2003), resistentes a herbicidas inhibidores de ALS. Resultados diferentes son reportados en la absorción de propoxycarbazone-sodium en biotipos de *Bromus tectorum* (Park *et al.* 2004).

### Estomas y tricomas, forma de la superficie adaxial y cutícula

Las densidades de estomas (figuras 2 y 3), de tricomas (Figuras 4 y 5); así como la forma de la superficie adaxial de la hoja (Figuras 6 y 7) resultaron similares en los biotipos AR<sub>11</sub> y AR<sub>2</sub> de *S. alba*. Esto significa que estas características anatómicas foliares no coadyuvan a que haya una respuesta diferencial en la absorción de TM, y por tanto, no contribuyen para que esta explique la resistencia confirmada en *S. alba*. Los estomas y tricomas tienen una función poco importante en la respuesta diferencial de selectividad o tolerancia a un ingrediente activo (Bukoyac 1976). Esto también ha sido verificado en *Cyperus spp.* y *Gallium aparine*, sin estomas en la superficie adaxial foliar, vía por donde mayormente deben absorberse los herbicidas (Kogan y Pérez 2003). En *Lycopersicum sculentus* Mill., la tolerancia a acifluorfen se explica por la diferencia en la densidad de estomas y tricomas (Ricotta y Masiunas 1992).

Ambos biotipos de *S. alba* mostraron diferencias significativas en el espesor de la cutícula AR<sub>11</sub> (2.41±0.48µm a) y AR<sub>2</sub> (1.34±0.16µm b), figuras 8 y 9. Estas diferencias en el espesor de cutícula no fueron suficientemente

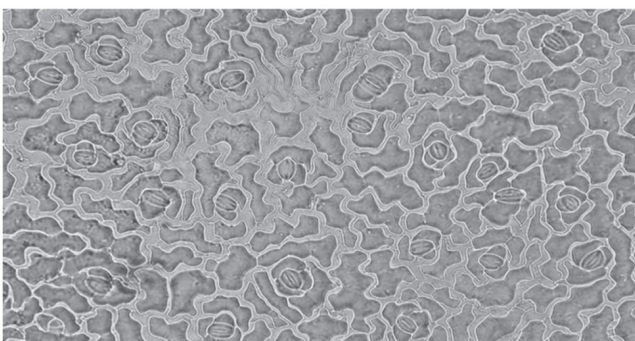


Figura 2. Estomas AR<sub>2</sub> (1,0±0,24 estomas mm<sup>-2</sup>)

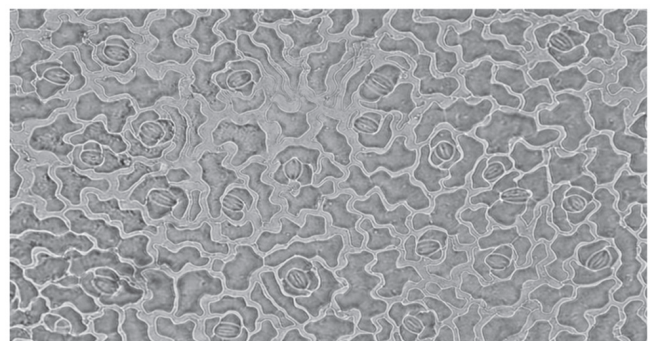


Figura 3. Estomas AR<sub>11</sub> (1,1±0,30a estomas mm<sup>-2</sup>)



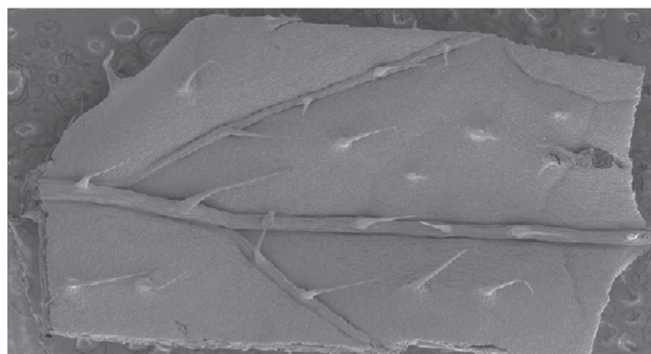


Figura 4. Tricomas AR<sub>2</sub> ( $4,46 \pm 1,37$  tricomas mm<sup>-2</sup>)

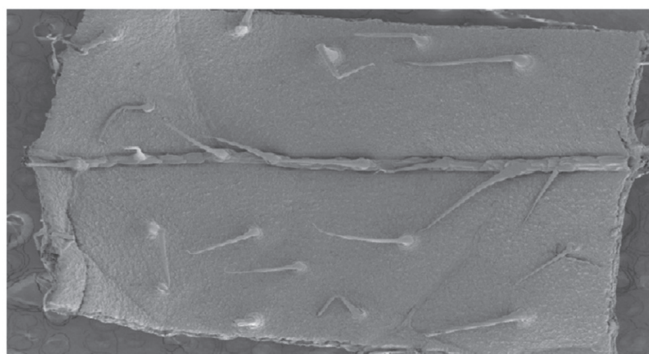


Figura 5. Tricomas AR<sub>11</sub> ( $4,34 \pm 0,47$  tricomas mm<sup>-2</sup>)

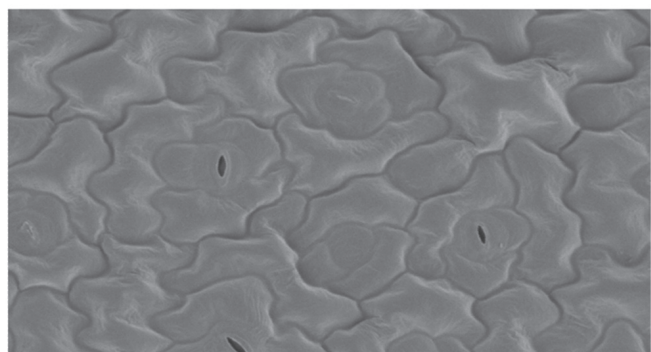


Figura 6. Forma de superficie adaxial R<sub>2</sub>

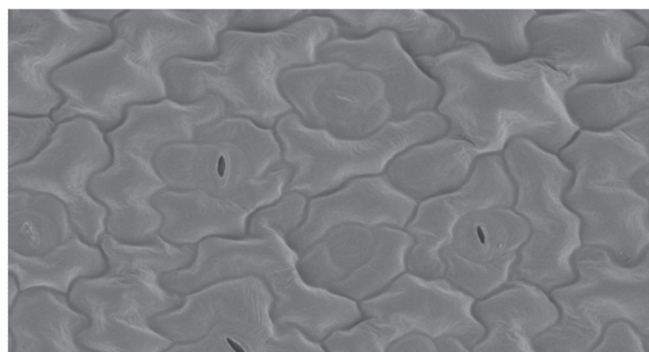


Figura 7. Forma de superficie adaxial AR<sub>11</sub>

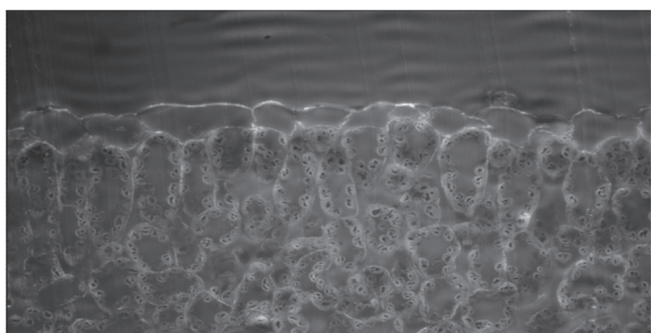


Figura 8. Espesor de cutícula AR<sub>2</sub> ( $1,34 \pm 0,16 \mu\text{m}$  b)

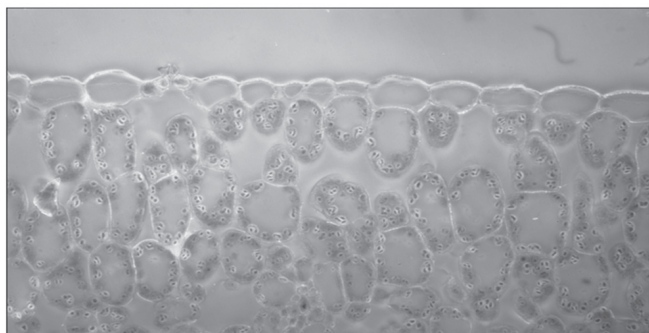


Figura 9. Espesor de cutícula AR<sub>11</sub> ( $2,41 \pm 0,48 \mu\text{m}$  a)

para que la cutícula fuera determinante en la observación de diferencias a nivel de la absorción de <sup>14</sup>C-TM, en consecuencias, el espesor de la cutícula no influyó en la resistencia a TM en *S. alba*.

### CONCLUSIONES

- Los ensayos *in vivo* de dosis-respuesta confirmaron la resistencia de *S. alba* al TM.
- Las densidades de estomas y de tricomas, y la forma de la superficie adaxial no influyeron sobre la absorción foliar del TM, ni fueron determinante en la evolución de resistencia en *S. alba*.

- La absorción de <sup>14</sup>C-tribenuron-metil se descarta como mecanismo de resistencia en el biotipo AR<sub>11</sub> de *S. alba*.
- El espesor de la cutícula no influyó en la absorción foliar de <sup>14</sup>C-TM en los biotipos AR<sub>2</sub> y AR<sub>11</sub> de *S. alba*; ni contribuyó en la resistencia de esta especie.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos el apoyo recibido de la Universidad de Córdoba, España, del Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF) y del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) de la República Dominicana.

## LITERATURA CITADA

- Brown, H.; Cotterman, J. 1994. Recent advances in sulfonylurea herbicides. In: Chemistry of Plant Protection, Springer-Verlag, Berlin and Heidelberg 10: 49-81.
- Bukoyac, M. 1976. Herbicide entry into plants. In L.J. Audus *et al.* (ed.) Herbicides. Academic Press. London. Physiology, Biochemistry, Ecology 1: 335-364.
- Cruz-Hipólito, H.; Osuna, M.; Domínguez-Valenzuela, J.; Gonzalez, F.; Medina-Pitalua, J.; De Prado, R. 2008. Resistencia de *Sinapis alba* a inhibidores de la ALS: primer caso en el mundo. In: XXIX Congreso de la ASOMECEMA, Tapachula, Chiapas, MX.
- García-Torres, L.; Fernández-Quintanilla, C. 1991. Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES. 348 p
- Heap, I. 2011. International Survey of Herbicide Resistant Weeds. (En Línea). Consultado el 16 de marzo del 2014. Disponible en: <http://www.weedscience.org/summary/home.aspx>.
- Jian, S.; Jin-xin, W.; Hong-jun, Z.; Jun-liang, L.; Sheng-nan, B. 2011. Study on mutations in ALS for resistance to tribenuron-methyl in *Gallium aparine* L. Agricultural Science in China 10 (1):86-91.
- Kaloumenos, N.; Dordas, C.; Diamantidis, G.; Eleftherohorinos, I. 2009. Multiple Pro197 substitutions in the Acetolactate synthase of corn poppy (*Papaver rhoeas*) confer resistance to tribenuron. Weed Sci. 57: 362-368.
- Kogan, M.; Perez, A. 2003. Herbicidas. Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción. Ediciones Universidad Católica de Chile. Vicerrectoría de Comunicaciones y Extensión. Santiago, CL. 333 p.
- McCourt, J.; Duggleby, R. 2006. Acetohydroxyacid synthase and its role in the biosynthetic pathway for branched-chain amino acids. Amino Acids 31:173-210.
- Osuna, M.; Fischer, A.; De Prado, R. 2003. Herbicide resistance in *Aster Squamatus* conferred by less sensitive form of acetolactate synthase. Pest Manag Sci. 59: 1210-1216.
- Osuna, M.; De Prado, R. 2003. *Conyza albida*: a new biotype with ALS inhibitor resistance. Weed Research 43: 221-226.
- Park, K.; Fandrich, L.; Mallory-Smith, C. 2004. Absorption, translocation, and metabolism of propoxycarbazone-sodium in ALS-inhibitor resistant *Bromus tectorum* biotypes. Pesticide Biochemistry and Physiology 79:18-24.
- Powles, S.; Yu, Q. 2010. Evolution in action: Plants resistant to herbicides. Annu. Rev. Plant Biol. 61:317-347.
- Prado, R.; Franco, A. 2004. Cross-resistance and herbicide metabolism in grass weeds in Europe: biochemical and physiological aspects. Weed Sci. 52:441-447.
- Ricotta, J.; Masiunas, J. 1992. Relationship of leaf surface characteristics to acifluorfen tolerance in Tomato (*Lycopersicum esculentum*) and related species. Weed Sci. 40: 402-407.
- Rosario, J.; Cruz-Hipólito, H.; Smeda, R.; De Prado, R. 2010. Chemical Control of White Mustard (*Sinapis alba*, L). 62<sup>nd</sup>. International Symposium on Crop Protection. Ghent University, Gent, Belgium. May 18th, 2010.
- Saari L.; Cotterman, J.; Thill, D. 1994. Resistance to acetolactate synthase-inhibitor herbicides. In: Powles SB, Holtum JAM (Eds) Herbicide resistance in plants: biology and biochemistry. Lewis, Boca Raton, FL. Pp 83-139.
- Seefeldt, S.; Jensen, J.; Fuerst, E. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships, Weed Technol. 9: 218-227.
- Singh, B.; Schmitt, G.; Lillis, M.; Hand, J.; Misra, R. 1991. Overexpression of acetohydroxyacid synthase from Arabidopsis as an inducible fusion protein in Escherichia coli. Plant Physiol. 97: 657-662.
- Tranel, P.; Wright, T. 2002. Resistance of weeds to ALS-inhibiting herbicides: what have we learned? Weed Science, 50:700-712.
- Warwick, S., Sauder, C.; Beckie, H. 2005. Resistance in Canadian biotypes of wild mustard (*Sinapis arvensis*) to acetolactate synthase inhibiting herbicides. Weed Sci. 53: 631-639.
- Xu, X.; Wang, G.; Chen, S.; Fan, C.; Li, B. 2010. Confirmation of Flixweed (*Descurainia sophia*) resistance to tribenuron-methyl, using three different assay methods. Weed Sci. 58: 56-60.



## Momento óptimo de cosecha del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. 'Semil 34' en la República Dominicana

María Cuevas<sup>1</sup>

Los aguacates dominicanos se caracterizan por su heterogeneidad concerniente a la calidad de la fruta, debido a que proceden de plantaciones genéticamente heterocigotas, así como por prácticas inadecuadas de pre y poscosecha. Debido a esto, es importante determinar la edad fisiológica óptima de las frutas para su cosecha. El objetivo de este estudio fue determinar el momento óptimo de cosecha del aguacate de la variedad 'Semil 34'. Se realizaron experimentos independientes en las dos principales zonas productoras del país, Moca (norte) y Cambita (sur). Se realizaron ocho cosechas semanales, en una finca comercial en cada localidad. Como indicadores básicos de calidad, para determinar el momento óptimo de cosecha, se analizaron el contenido de aceite y materia seca. También, se tomaron como indicadores las características fenológicas, calidad de maduración y los atributos organolépticos. Bajo las condiciones del estudio, basados en el contenido de aceite y materia seca, los momentos óptimos de cosecha fueron determinados, siendo 24 semanas después de la floración para la zona de Moca (9.18% y 20.02% de aceite y materia seca, respectivamente) y 26 semanas para la zona de Cambita (9.12% y 19.30% de aceite y materia seca, respectivamente). Organolépticamente los frutos resultaron de buena calidad para la exportación en ambas zonas estudiadas.

**Palabras clave:** contenido de aceite, materia seca, calidad de fruta

### INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* Mill.) para la República Dominicana es un cultivo de alto valor comercial, por su contribución a la socioeconomía, como generador de empleos y divisas. Esto se demuestra con el crecimiento observado de 100 % en el área sembrada y el número de productores entre los años 2002 y 2006. Otro aspecto de importancia de la fruta es que el país ocupa el séptimo lugar como productor del cultivo a nivel mundial, con una producción de 295,080 t en el 2011 (FAO 2013). Además, el cultivo favorece a la protección del medio ambiente, por ser un reforestador por excelencia.

Para la producción de frutas de calidad, los productores nacionales requieren de técnicas precisas que permitan determinar los períodos óptimos de cosecha. El conocimiento de esas técnicas es indispensable porque existe una gran variabilidad en las condiciones agroecológicas y de suelos, además de las diferencias a nivel genético, aún en una misma variedad de aguacate. Esto dificulta la producción de frutas homogénea y el manejo agronómico, incluyendo la predicción de fechas apropiadas de cosecha. De esta forma el país podría conformar sistemas de producción de frutas de superior calidad y competir en los mercados internacionales con países productores como Chile y México. Esto contribuiría al fortalecimiento de la economía local y de los productores de aguacate, en particular.

Estados Unidos y Puerto Rico son los principales mercados del aguacate dominicano, donde tienen normas claras con los requerimientos de cosecha de los aguacates, de acuerdo a la variedad y la zona de siembra. La cosecha de aguacate en el país se realiza basada en la experiencia de los productores, quienes generalmente utilizan como indicadores de madurez: el color y el tamaño de la fruta. Sin embargo, para algunos autores, estos indicadores no son confiables (Cajuste *et al.* 1994). Esto provoca una amplia variabilidad en la calidad de la fruta, perjudicando de manera directa su valor comercial y a los consumidores finales, al tiempo que debilita el sistema de comercialización de la misma. Las medidas son cada vez más exigentes, con la agravante de que EE. UU. no permite la entrada del fruto del país antes de mediados de octubre (Severino 2005), momento en que en ese país consideran las frutas dominicanas han alcanzado la madurez deseada.

La Ley 422 del Estado de California, promulgada en el año 1925, sobre la estandarización del contenido de aceite del aguacate, fijó que el contenido mínimo de aceite para el peso fresco de la pulpa es de 8 %. Es conocido que este contenido varía de un cultivar a otro y, también, depende del clima donde se desarrolla el cultivo, Lee (1981) citado por López (1998) y Mortons (1987).

<sup>1</sup> Investigadora Titular. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). C/Rafael Augusto Sánchez No. 89, Ens. Evaristo Morales. Santo Domingo, República Dominicana. Correo electrónico: mcuevas@idiaf.gov.do



Varios autores confirman que el contenido de materia seca es un buen indicador para determinar el índice de madurez. El contenido de materia seca, al igual que el contenido de aceite, varía según se incrementa el período de cosecha. Además, existe correlación entre el contenido de aceite y materia seca. De acuerdo a la experiencia de exportación de la fruta en México, Dorantes *et al.* (2004), indica que los buenos sabores y baja concentraciones de calorías en el aguacate se alcanzan con un promedio de materia seca del 22 % y un mínimo de 20%; Mortons (1987) informó que esto se logra cuando el fruto alcanza el contenido mínimo de aceite (8 %) y de materia seca (21 %). Kader y Arpaia (2000) reportan que los requisitos de materia seca para un índice de cosecha varían entre el 19 y 25 %, dependiendo de cultivar.

La determinación del momento de cosecha en base al contenido de materia seca y aceite es una actividad laboriosa y requiere destruir gran cantidad de frutos para las pruebas. Se ha sugerido el uso de la fluorescencia de la clorofila, como método no destructivo y rápido para la determinación del índice de cosecha. Este método ha sido usado en bananos, manzanas, auyamas y pimientos verdes, como indicador del estado fisiológico de la superficie de las frutas (Mir *et al.* 1998). La medida de la fluorescencia de la clorofila es un proceso primario de la fotosíntesis usado como indicador no destructivo de la reacción en vivo de la fotosíntesis y el desarrollo del estrés de varios cultivos. Al realizar la medición, una emisión baja de luz atrapa casi toda la energía y se tiene el mínimo de la fluorescencia, que se denomina Fo (Mir *et al.* 1998).

Esta investigación se realizó con el objetivo de explorar un método no destructivo (fluorometría), de calidad y fenotípico para determinar el momento óptimo de cosecha de aguacate cv. 'Semil 34' en dos localidades del norte y sur del país (Moca y Cambita, respectivamente).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material en estudio fue el cultivar (cv) 'Semil 34', que representa el 63.9 % de superficie sembrada de aguacate en la República Dominicana (CNC 2007). Se seleccionaron dos localidades de las zonas de mayor producción: Moca, provincia Espaillat (región norte) y Cambita, provincia San Cristóbal (región sur). Los trabajos realizados en cada localidad se consideraron independientes, porque no se correlacionaron entre sí.

La superficie seleccionada en la finca de la zona norte fue 2.63 ha, con suelo arcillo limoso en terreno de ladera. Esta se encuentra ubicada en los 19° 26' 00" latitud norte y 70° 29' 00" longitud oeste, a una altitud de 335 msnm. La edad de la plantación fue de 5 años. La finca tiene asociación de cultivos de plátanos (*Musa* AAB,

Simmonds), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), auyama (*Cucurbita moschata* L.) y limón persa (*Citrus limon* L.). La plantación de aguacate esta sembrada de un híbrido (Guatemalteco x Antillano). El 80 % es del cv. 'Semil 34', 10 % cv. 'Choquete' y 10 % del cv. 'Pollock'. El marco de siembra es de 6 x 7 m, con una densidad de plantación de 238 plantas /ha.

En el manejo agronómico de la finca de la zona norte no se utilizó riego. Se fertilizó tres veces con aplicaciones de abonos químicos y orgánicos y cuatro aplicaciones de abono foliar. El control de malezas se realizó cuando fue requerido, utilizando prácticas de control manuales y químicas. El control de plagas y enfermedades se realizó a través del uso de insecticidas químicos. Se realizó una poda al año, después de la cosecha. Se realizan prácticas de conservación de suelos con zanjas de ladera y barreras vivas con árboles forestales, que actúan como rompe vientos, tal y como es recomendado por varios autores (SEA 2000; Infoagro 2006).

La finca seleccionada en la zona sur fue de 1.25 ha, en terreno de ladera. Se encuentra ubicada a 18° 27' 01" latitud norte y 70° 10' 01" longitud oeste y una altitud de 295 msnm. La plantación tenía 4 años de sembrada. La siembra se realizó con material de siembra de aguacates híbridos (Guatemalteco x Antillano), con el 80 % 'Semil 34' y el resto con los cultivares 'Pollock' y 'Popenoe'.

En el manejo agronómico de la finca de la zona sur, no se utilizó riego. Se fertilizó tres veces en el año, con aplicaciones de abonos químicos y orgánicos. El control de malezas se realizó cuando fue requerido, utilizando prácticas manuales y químicas. El control de plagas y enfermedades se realizó con el uso de insecticidas químicos, biológicos y prácticas culturales. En la finca se realizó prácticas de conservación de suelos y dos podas al año.

La investigación fue exploratoria, en un diseño no experimental longitudinal correlativo. En cada zona se seleccionó una finca, cuya producción es destinada a la exportación.

Las variables evaluadas fueron: fluorometría (eficiencia fotoquímica= fv/fm), climáticas (temperatura, pluviometría, altitud), características físico-químicas del suelo (micro y macro nutrientes, ph, salinidad, textura y análisis foliar), manejo de la plantación (fertilización, poda, control de malezas, manejo fitosanitario, edad y marco de plantación, entre otras), atributos físico-químicos de calidad (% grasa, % materia seca, carbohidratos, peso, longitud, diámetro), calidad de maduración (tiempo de maduración, desprendimiento de la cáscara y la semilla, uniformidad de la maduración) y atributos organolépticos (sabor, textura, color de la pulpa, herbal, contenido de fibras).

Para el manejo del experimento, en la finca seleccionada en cada zona, se marcó una área con un área de 629 m<sup>2</sup>, se marcaron 10 árboles con competencia perfecta al momento de la floración y con capacidad de producir frutos con calidad de exportación.

Partiendo del criterio del productor, sobre el período de cosecha estimado en cada zona, se realizaron cosechas semanales durante ocho semanas, a partir de la semana 22 después de la floración. En la finca de Moca, la plantación inició la floración en febrero, mientras en la de Cambita inició en el mes de marzo. Al iniciar la primera semana de cosecha, se marcaron 130 frutos con características comerciales distribuidos en los 10 árboles seleccionados, para asegurar la toma de las muestras requeridas cada semana. De los frutos marcados, semanalmente se cosecharon, al azar, 13 para ser evaluados. La cosecha se realizó de forma manual, realizando el corte del pedúnculo con tijera. De los 13 frutos recolectados, cinco fueron destruidos el mismo día de la cosecha, para medir su fluorometría y la determinación de las características físico-químicas.

En cada finca se realizaron análisis de suelo y foliar y las fincas se georeferenciaron con ayuda del Sistema de Posicionamiento Geográfico (GPS). La toma de datos del manejo de la plantación se realizó a través de una encuesta al productor, al momento del marcado de los árboles. La fluorometría se tomó en 10 puntos diversos de la superficie del aguacate.

Ocho aguacates fueron almacenados para analizar su calidad de maduración a temperatura ambiente. La temperatura varió entre 25 y 27 °C. Según Eaks (1991), la temperatura óptima para la maduración y obtener una fruta de calidad oscila entre 21 y 27 °C.

La prueba de maduración se realizó al tacto. Al madurarse los frutos, se tomaron datos sobre pérdida de peso, uniformidad de la maduración, estado de la pulpa, días de maduración, desprendimiento de la cáscara y semilla de la pulpa. El estado de la pulpa y desprendimiento de la cáscara se calificó utilizando una escala de uno a cinco, siendo cinco la que representó el mejor desprendimiento y estado de la pulpa y la calificación uno la peor. Además, se registró la presencia o no fibras visibles. Para las pruebas organolépticas, se organizó un panel de seis catadores no entrenados, que degustaron los aguacates para ofrecer su opinión. Para esta prueba, se utilizó la escala de uno a diez, siendo diez la más alta calificación.

Tabla 1. Correlación de la relación del contenido de aceite (GT) y la fluorescencia ((Fv/Fm) en aguacates `Semil 34` cosechados en Moca.

	Fv/Fm	GT
Fv/Fm	1.00	0.92
GT	0.02	1.00

Correlacion de Spearman: coeficientes (r) y probabilidades (P).

Para determinar el efecto de la fluorescencia, se determinó la unidad de fluorescencia y se utilizó el resultado de la eficiencia fotoquímica que es igual a la relación Fv/Fm (Fv = Fm – Fo, siendo Fo = medida mínima, y Fm = medida máxima de la fluorescencia). Para la comprobación del índice de cosecha de los aguacates, no importa, su variedad, se utilizó el contenido de aceite del fruto. Se analizó la correlación de la fluorescencia de la clorofila (Fv/Fm) y el % total de aceite (GT) en la zona de Moca.

Para los análisis estadísticos, se utilizó la prueba del coeficiente de correlación de Spearman para correlacionar la fluorescencia con el contenido de aceite. También, se utilizó para correlacionar entre sí las variables químicas analizadas. Para las variables cuantitativas se ajustaron modelos de regresión para el momento de cosecha, para estimar la ecuación de mejor ajuste. Para las variables cualitativas, se utilizó un análisis no paramétrico con la prueba analítica de Kruskal-Wallis y separación de medias de los rangos. Los análisis fueron realizados a través del programa estadístico InfoStat.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Zona norte (Moca)

#### Efecto de la fluorescencia

En la Tabla 1, se observa que el coeficiente de correlación es cercano a 0, (r = 0.02 y P = 0.92). De acuerdo a los resultados de este estudio, la medida de fluorescencia de la clorofila no es un buen indicador para la determinación del momento de cosecha del aguacate.

#### Indicadores de calidad

##### Variables químicas

En las Figuras 1 y 2, se observa que tanto el contenido de aceite (GT) como de materia seca (MS) muestran una tendencia ascendente conforme avanzaba la cosecha. Esto concuerda con un estudio realizado en México por Cajuste *et al.* (2001) en el cual cuando aumentó el momento de la cosecha, se incrementaron los contenidos de MS y GT ( ).

Se determinó la relación entre el %GT y %MS, por considerarse como un factor de determinación de índice de cosecha. Como se observa en la Figura 4, existe corre-

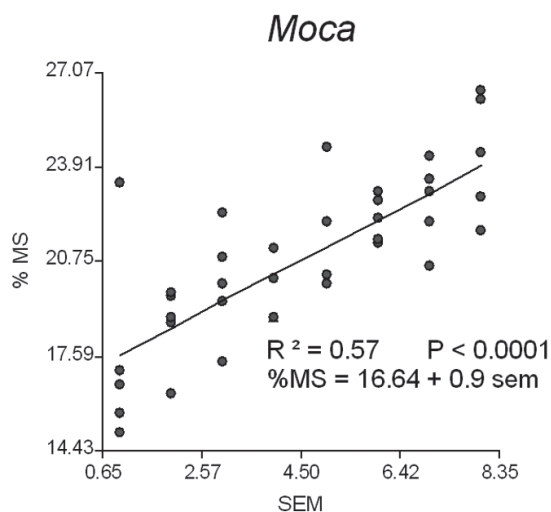


Figura 1. Contenido de materia seca en aguacates 'Semil 34' cosechados durante 8 semanas en Moca.

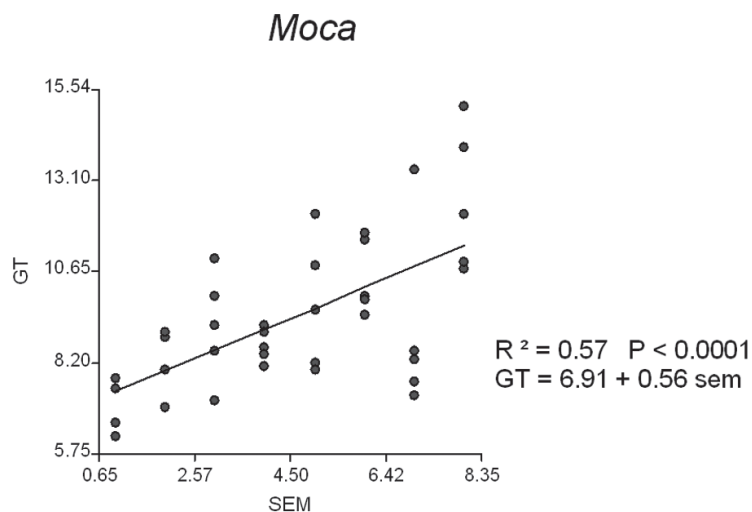


Figura 2. Contenido de grasa en aguacates 'Semil 34' cosechados durante 8 semanas en Moca.

lación positiva entre las variables ( $r^2=0.61$   $P < 0.0001$ ). Así lo confirman otros autores (Cajuste *et al.* 2001; Dorantes *et al.* 2004).

### Variables fenotípicas

De acuerdo al criterio de varios autores, el peso de la fruta no es un factor confiable como indicador del momento de cosecha (Dorantes *et al.* 2004, Cajuste *et al.* 2001), debido a dentro de una misma finca se tienen diferentes fechas de floración, como se observa en las figuras 4 y 5.

### Calidad de maduración

En la Tabla 2, se observa que no hubo diferencias significativas entre las semanas de cosecha para ninguna de las variables evaluadas para la calidad de maduración. Hubo desprendimiento de la cáscara y, en una proporción mínima, resultó difícil el desprendimiento de la cáscara de la semilla de la pulpa. El estado de la pulpa estuvo calificado entre tres y cinco (bueno a excelente), mientras que el estado de la fruta, en general, se consideró como bueno. En cuanto a la uniformidad de maduración, muy pocas frutas maduraron totalmente. La mayor proporción (62 %) maduró en un 75 %. Solo en un 16 % de las 60 muestras analizadas en las cose-

chas de las semanas 7 y 8, se encontró algún contenido suave de fibras visibles. En ninguno de los casos hubo maduración de las frutas donde se observara la pulpa oscura.

### Características organolépticas

De los descriptores analizados, color, apariencia y preferencias, no tienen diferencias significativas entre las semanas de cosecha. Como se observa en la Tabla 3, las características de aroma, sabor, textura e hierba, sí difieren significativamente. Estos descriptores fueron cambiando según se incrementaban las semanas de cosecha y el contenido de aceite y materia seca.

### Zona sur (Cambita)

#### Efecto de la fluorescencia

La correlación resultante de la fluorescencia de la clorofila ( $Fv/Fm$ ) y % total de aceite (GT) en la zona sur, fue como sigue:

En la Tabla 4, se observa que el coeficiente de correlación es bajo ( $r = -0.14$  y  $P = 0.37$ ) al igual que en el norte. Esto confirma que la fluorescencia no es un buen indicador para determinar el momento de cosecha en aguacate.

Tabla 2. Probabilidades de la calidad de maduración del aguacate cv. 'Semil 34' durante 8 semanas de cosecha en Moca.

DESCRIPTOR*	UNIFMAD	DESCAS	CASAD	ESTPULP	ESTFRU
P> 0.05	0.3757	0.1953	0.2139	0.0640	0.4676

Análisis no paramétrico Por Kruskal-Wallis.

\*UNIFMAD = Uniformidad en la maduración; DESCAS= desprendimiento de la cáscara; CASAD= Cáscara de la semilla adherida a la pulpa; ESTPULP= Estado de la pulpa; ESTFRU= Estado de la fruta.

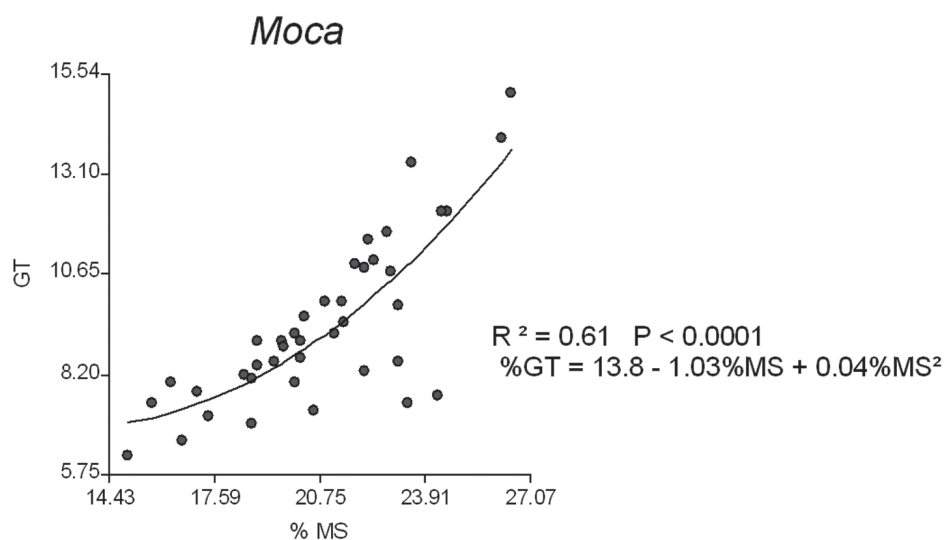


Figura 3. Regresión del contenido de aceite con respecto al contenido de materia seca del aguacate cv. 'Semil 34' en la localidad de Moca.

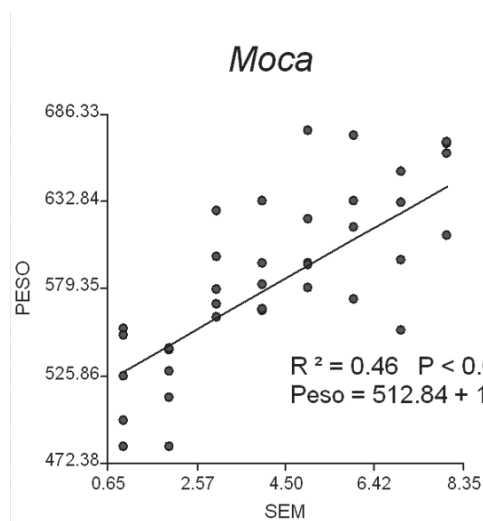


Figura 4. Variación del peso del aguacate cv. 'Semil 34' al momento de cosecha en Moca.

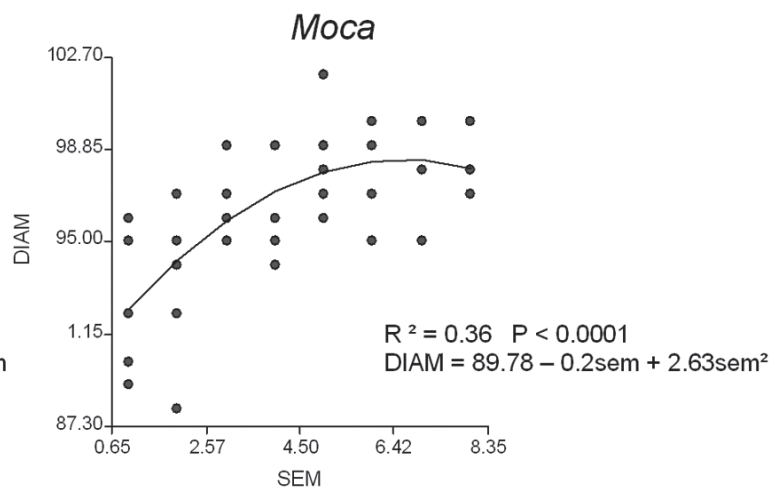


Figura 5. Variación del diámetro del aguacate cv. 'Semil 34' al momento de cosecha en Moca.

Tabla 3. Medias de las características organolépticas que resultaron con diferencias significativas

DESCRIPTOR/Semana de cosecha	Aroma	Sabor	Textura	Hierba
Semana 01	5.94	5.50	6.67	5.22
Semana 02	6.83	6.95	6.65	6.82
Semana 03	7.10	7.15	7.37	6.82
Semana 04	7.78	7.26	7.39	7.18
Semana 05	6.46	6.38	6.23	6.45
Semana 06	7.50	8.00	7.64	7.43
Semana 07	7.08	7.58	7.15	7.36
Semana 08	6.89	6.78	7.11	7.00
<b>P &gt; 0.05</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0083</b>	<b>0.0003</b>

Análisis no paramétrico por Kruskal-Wallis



## Indicadores de calidad

### Variables químicas

En las Figuras 6 y 7, al igual que en la zona norte, los contenidos de aceite (GT) y materia seca (MS) muestran una tendencia ascendente conforme aumentó la semana de cosecha.

Como muestra la Figura 8, regresión entre el %GT y %MS es positiva, al igual que en la zona norte.

### Variables fenotípicas

En la zona sur las variables fenotípicas evaluadas, peso y diámetro de la fruta, no son un buen indicador para la determinación de momento de cosecha, tal como se muestra en las figuras 9 y 10.

### Calidad de maduración

La Tabla 5, muestra que no hubo diferencias estadísticas significativas entre las semanas de cosecha en ninguna de las variables evaluadas para la calidad de maduración, a excepción del estado de la pulpa que mostró diferencia significativa.

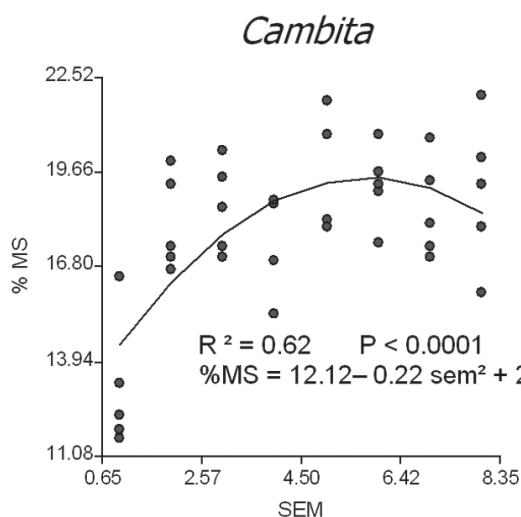


Figura 6. Contenido de materia seca en aguacates 'Semil 34' cosechados durante 8 semanas en Cambita.

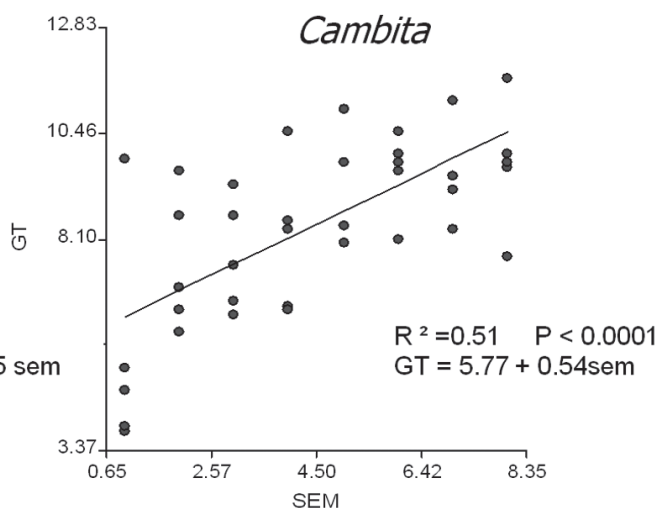


Figura 7. Contenido de grasa en aguacates 'Semil 34' cosechados durante 8 semanas en Cambita.

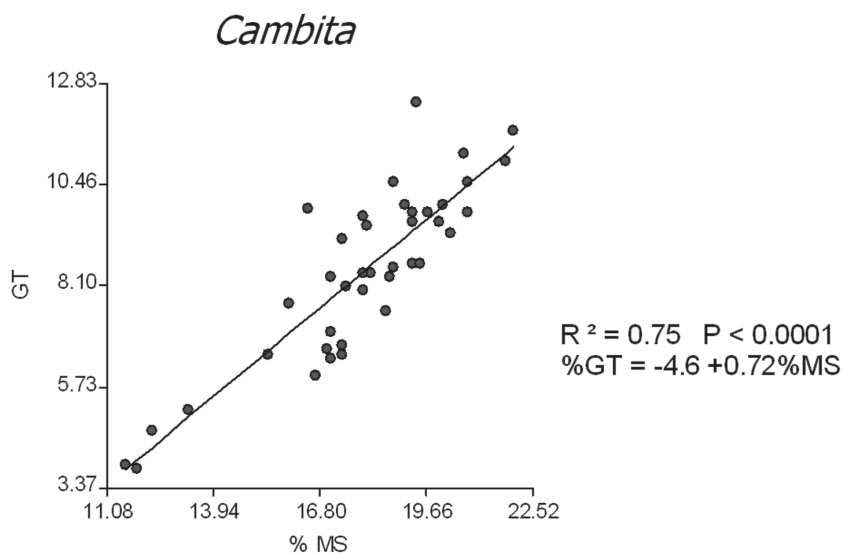


Figura 8. Regresión del contenido de aceite y de materia seca del aguacate cv. 'Semil 34' en la localidad de Cambita.

En la uniformidad de la maduración, el 38% de las frutas maduraron en un 100%, mientras que el 41% maduró un 75% y el resto en un 50%.

Hubo buen desprendimiento de la cáscara y en una proporción mínima resultó difícil el desprendimiento de la cáscara de la semilla de la pulpa. El estado de la fruta, en general, se consideró como bueno. El estado de la pulpa fue calificado entre muy bueno a excelente.

En esta localidad se encontró un contenido suave de fibras visibles en los frutos al madurar en el 38% de las 75 muestras analizadas. Esta característica se encontró a partir de la semana 4 de cosecha.

### Características organolépticas

Los descriptores de color, aroma, sabor, hierba y preferencia no mostraron diferencias significativas, las muestras analizadas fueron calificadas como buena. La textura, en las primeras semanas tuvo el problema de la

gomosidad de la pulpa, que no permitió sentirla con la cremosidad y suavidad característica. Algo similar ocurrió con la apariencia, por el contenido de fibras visibles encontradas las últimas semanas de recolección (Tabla 6).

## CONCLUSIONES

La fluorescencia en aguacates verdes se puede considerar como un método no destructivo adecuado para la determinación del momento óptimo de cosecha, de acuerdo a los resultados de esta investigación.

Tomando como base la correlación del contenido de aceite y de materia seca, los aguacates del cv. 'Semil 34', en Moca, alcanzaron su momento óptimo de cosecha a partir de la tercera semana (%GT = 9.18 y %MS = 20.02). Este momento equivale a la semana 24 después de la floración. En Cambita, fue alcanzado a partir de la semana cinco (%GT = 9.12 y %MS = 19.3), este

Tabla 4. Correlación de la relación del contenido de aceite (GT) y la fluorescencia ((Fv/Fm) en aguacates 'Semil 34' cosechados en Moca.

	Fv/Fm	GT
Fv/Fm	1.00	0.37
GT	-0.14	1.00

Correlación de Spearman: coeficientes (r) y probabilidades (P).

Tabla 5. Probabilidades de la calidad de maduración del aguacate cv. 'Semil 34' durante 8 semanas de cosecha en Cambita.

DESCRIPTOR*	UNIFMAD	DESCAS	CASAD	ESTPULP	ESTFRU
P> 0.05	0.2680	0.4596	0.2964	0.0494	0.1055

Análisis no paramétrico Por Kruskal-Wallis.

\*UNIFMAD = Uniformidad en la maduración; DESCAS= desprendimiento de la cáscara; CASAD= Cáscara de la semilla adherida a la pulpa; ESTPULP= Estado de la pulpa; ESTFRU= Estado de la fruta.

Tabla 6. Medias de las características organolépticas que resultaron con diferencias significativas

DESCRIPTOR/Semana de cosecha	Textura	Apariencia
Semana 01	7.00	7.20
Semana 02	7.53	7.94
Semana 03	7.31	7.18
Semana 04	7.90	7.45
Semana 05	6.94	7.22
Semana 06	7.21	7.42
Semana 07	6.94	7.33
Semana 08	7.88	7.75
<b>P &gt; 0.05</b>	<b>0.0055</b>	<b>0.0427</b>

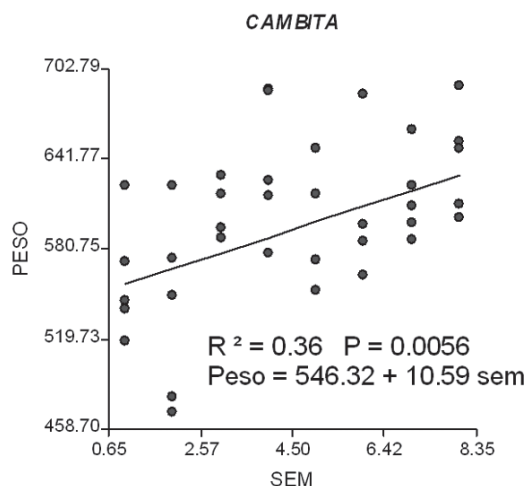


Figura 9. Variación del peso del aguacate al momento de cosecha en Cambita.

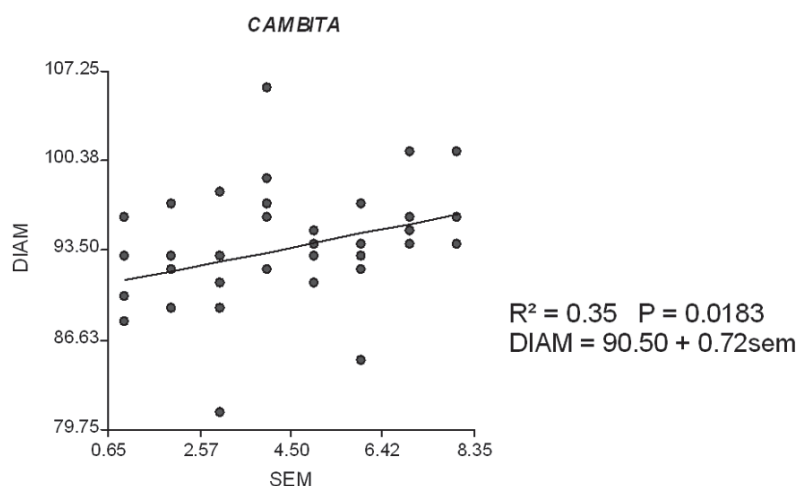


Figura 10. Variación del diámetro del aguacate al momento de cosecha en Cambita.

momento equivale a la semana 26 después de la floración. En ese momento, las características de calidad son de aceptación en el mercado de exportación y se complementan con la calidad de la maduración y organoléptica.

Se comprobó, como informan otros autores, que las características fenotípicas no son indicadores confiables para la determinación del momento de cosecha.

De acuerdo a las curvas de regresión resultantes, es preciso repetir la investigación y ampliar el número de semanas de cosecha, a fin de observar si es posible encontrar un punto de máxima curvatura para las variables de materia seca y contenido de aceite.

Se requiere de la continuación de la investigación, por lo menos durante dos períodos más de cosecha, para asegurar el comportamiento estable de las cosechas y poder concluir sobre el índice de cosecha del aguacate cv. 'Semil 34'.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FON-TAGRO), financiador del proyecto bajo el cual se ejecutó la investigación. A la ingeniera Daysi Martich, por su gran labor en los trabajos de campo y manejo agronómico. Al ingeniero Melvin Mejía e Ignacio Batista, georeferenciación. Al licenciado Ramón Arbona y al ingeniero Ángel Pimentel, por los análisis estadísticos. A los ingenieros Juan Ml. Jiménez, Ilvy Mejía y Nelson E. Pérez y las licenciadas Ana Dilia Rojas, Josefina Vólquez y Oniris Batista, por los análisis de laboratorio. A los integrantes del panel sensorial: licenciada Rebeca Morro-

bel, ingeniero Salomón Sosa, ingeniero Ramón Celado, licenciado Roberto Lama, licenciado Jeovanny Medina, ingeniero Anderson Ruiz y licenciado Jesús Rodríguez. Al Clúster de Aguacate, a la Cooperativa de Producción y Mercadeo (COOPAPROMER), a la Asociación de Productores de Aguacate El Pueblecito y a la Asociación de Productores de Aguacate Madre de los Pobres, por las informaciones aportadas y los frutos donados.

## LITERATURA CITADA

- Cajuste, B.; Saucedo, V.; Colinas, L. 1994. Comportamiento postcosecha de fruto de aguacate (cv Hass) en función de la época de corte. *Revista Fitociencia Mexicana*. Vol. 17(1):94-102. (En línea). Consultado el 22 de febrero del 2007. Disponible en: [http://www.avocado-source.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX\\_1998-2001/CICTAMEX\\_1998-2001\\_PG\\_034-043.pdf](http://www.avocado-source.com/Journals/CICTAMEX/CICTAMEX_1998-2001/CICTAMEX_1998-2001_PG_034-043.pdf).
- CNC (Consejo Nacional de Competitividad, DO). 2007. Informe final. Diagnóstico de los indicadores económicos en la cadena productiva del aguacate en la República Dominicana. Santo Domingo, DO. 86p
- Dorantes, L.; Parada, L.; Ortiz, A. 2004. Capítulo XXX Avocado: Post-Harvest Operation. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Edited by AGST/FAO: Danilo Mejía, PhD, FAO (Technical), Emanuela Parrucci (HTML transfer). (En línea). Consultado el 26 de febrero de 2007. Disponible: <http://www.avocado-source.com/>.
- Eaks, I. 1991. Sistema de manejo post-cosecha y fisiología del aguacate. Memorias del seminario internacional del Aguacate. Poscosecha y comercialización. Banco de México. México, MX. Pp 57-63.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). Departamento Económico y Social. Dirección Estadística. (En línea). Consultado el 12 octubre de 2013. Disponible en línea en <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/QC/S>.
- INFOAGRO. 2006. El cultivo del aguacate. (En línea). Consultado el 26 de septiembre de 2006. Disponible en [http://www.infoagro.com/frutas/frutas\\_tropicales/aguacate.htm](http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm)

- Kader, A; Arpaia, M. 2000. Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Avocado. University of California. (En línea) Consultado el 14 de septiembre de 2006,. Disponible en: <http://www.Produce/ProduceFacts/fruit/avocado.html>
- López, J. 1998. Aceptabilidad y calidad de fruto de palto (*Persea americana* Mill.) var. 'Hass' respecto de su concentración de aceite y contenido de humedad en distintas localidades de Chile. (En línea). Consultado el 22 de febrero de 2007. Disponible en: [http://www.avocadosource.com/papers/Chile\\_Papers\\_A-Z/J-K-L/LopezJuan1998.pdf](http://www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers_A-Z/J-K-L/LopezJuan1998.pdf).
- Morton, J. 1987. Avocado. In: Fruits of warm climates. Miami, FL. Pp. 91-102. (En línea). Consultado el 13 octubre 2013. Disponible en [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/avocado\\_ars.html#Maturity%20and%20Harvesting](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/avocado_ars.html#Maturity%20and%20Harvesting).
- Mir, N.; Wendorf, M; Pérez, R; Beaudry R. 1998. *Chlorophyll fluorescent* in relation to superficial scald development in apple. Journal American Society Horticultura Science. 123 (5):887-892.
- Severino J. 1995. Restricción al aguacate criollo dejará US\$3.1 millones pérdidas. Listín Diario. 8 de julio 1995. Santo Domingo, D. O.
- SEA (Secretaría de Estado de Agricultura, DO). 2000. Manual para la producción de aguacate en la República Dominicana. Santo Domingo, D O 34 p.





## Hierro y Zinc en el suelo y su expresión en el grano de arroz

Juliana Nova<sup>1</sup>, Ángel Pimentel<sup>1</sup>, Ángel Adames<sup>1</sup>, Freddy Contreras<sup>1</sup>, Alejandro Pujols<sup>1</sup>, Francisco Jiménez<sup>1</sup> y José Mella<sup>2</sup>

A nivel mundial, la desnutrición causa la muerte de 10.8 millones niños/año menores de cinco años de edad. Estudios indican que el mayor riesgo de deficiencia nutricional está relacionado con el Fe y Zn, seguido por vitamina A. El objetivo de este estudio fue evaluar el contenido de hierro y zinc en el suelo y su expresión en el grano de arroz producido en las localidades de Juma, El Pozo y Esperanza en la República Dominicana en la primera época de siembra del 2008. Se utilizaron diez genotipos, en un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se evaluó el contenido de hierro y zinc en el suelo, en el grano integral y pulido, en la hoja bandera y el rendimiento de grano. Se realizaron análisis de varianza, multivariados, relación genotipos/ambiente y separación de medias con Duncan al 5% de probabilidad de error. Los resultados muestran diferencias ( $p=0.0001$ ) del hierro y zinc en el suelo, según la localidad. El suelo de Juma presentó el mayor contenido de Fe ( $362 \text{ mg.kg}^{-1}$ ), seguido por Nagua ( $104 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) y Esperanza ( $50.3 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). El contenido de hierro y zinc en el grano de arroz integral y pulido fue diferente ( $p=0.1000$ ) entre las localidades. Esperanza, con  $12.2 \text{ mg.kg}^{-1}$  de Fe en el grano integral y  $3.0 \text{ mg.kg}^{-1}$  en el grano pulido, superó a Juma ( $10.2$  y  $2.9$ ) y Nagua ( $10.0$  y  $2.3$ ), respectivamente. En cuanto al Zn, Esperanza, con  $24.6 \text{ mg.kg}^{-1}$  fue superior a Juma ( $22.6 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) y Nagua ( $21.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Mientras que los genotipos no mostraron diferencia al ( $p=0.0001$ ) con relación al Fe y Zn analizado en el suelo. El rendimiento presentó diferencias estadísticas significativas ( $p=0.0001$ ) entre localidades y genotipos. Esperanza con  $5,572 \text{ kg.ha}^{-1}$  superó a Juma ( $3,357 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) y Nagua ( $3,602 \text{ mg.kg}^{-1}$ ); sin embargo, Nagua y Juma no mostraron diferencias estadísticas.

**Palabras clave:** integral, pulido, genotipos, contenido, localidades.

### INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la desnutrición causa la muerte de 10.8 millones niños/año por debajo de los 5 años de edad. Los estudios realizados indican que el mayor riesgo de deficiencia existe para el hierro (Fe) y zinc (Zn), seguido por vitamina A. Se estima que la deficiencia de Fe es la más acentuada a nivel mundial, afectando más de 3.5 billones de personas (Hass *et al.* 2005). América Latina y el Caribe, tienen 94 millones de personas con deficiencia de Fe (Sanint 2004).

Un informe de la FAO (2001), señala que la prevalencia de la subnutrición en la población total en la República Dominicana es de 29%. El arroz constituye la principal fuente de alimentación de la población más pobre de América Latina y el Caribe, que es aproximadamente el 40% del total mundial.

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre, después del silicio (Si), oxígeno (O) y aluminio (Al), representa el 5.1% de su peso total, su contenido en suelo se estima en 3.8 % (Lindsay 1979). A partir de la meteorización de los minerales primarios se libera Fe soluble a la disolución, que puede ser utilizado por los organismos. Este microelemento es uno de los nutrientes vegetales que más problemas presenta en la nutrición de los cultivos, esto se debe a que

en sistemas aireados al rango de los pH fisiológicos, la concentración de los iones  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$  es inferior, insuficiente para cubrir las necesidades del vegetal. Por regla general, el vegetal toma el Fe (II) con preferencia al Fe (III), mientras que en el transporte a lo largo del xilema, predominan los complejos de Fe (III), (Murad y Fischer 1988; Lindsay 1979).

El Zn es un elemento traza en suelos, plantas y animales, su concentración es baja (inferior a 0.1%). Sin embargo, en pequeñas pero críticas concentraciones, es esencial para el normal desarrollo de las plantas (Sommer y Lipman 1926). El Zn actúa de forma funcional, estructural o como co-factor regulador de un gran número de enzimas, por lo que un exceso de concentración produce perturbaciones en el desarrollo y crecimiento vegetal, que se considera como toxicidad. En el suelo, el contenido de Zn soluble en agua, disminuye con el incremento del pH. Así, un elevado pH del suelo, está correlacionado con la disminución del contenido de metal en el tejido vegetal (Harter 1991). El rango más común de Zn total en los suelos se sitúa entre 10 y 300 mg/kg con una media de 50 mg/kg (Goldschmidt 1954; Krauskopf 1972; Wedepohl 1972; Kiekens 1995), aunque algunos autores proponen un rango más amplio de 1 a 900 mg/kg con una media de 90 mg/kg.

<sup>1</sup> Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)

En la producción arroceras dominicana se utiliza intensivamente los factores de producción; sin embargo, esta intensidad implica alteración y cambios en la relación suelo-planta-agua. La composición química de los suelos arroceros es muy variable. Matsuya *et al.* (2002), en un diagnóstico de suelo realizado en las zonas agrícolas norcentral, nordeste y noreste, reporta valores de 3 a 7% de MO, 0.08 a 0.2% N, 0.5 a 2% K intercambiable, 20 a 80 ppm de P total, 3.5 a 30 me/100g Ca intercambiable, 1.5 a 10 me/100g Mg intercambiable, >0.2% Fe total, 3 a 15 ppm Cu y Zn total, > 0.75 MS/cm de conductividad eléctrica y 7 a 40 meq/100g cationes intercambiables >0.2% Fe total, 3 a 15 ppm Cu y Zn total, > 0.75 MS/cm de conductividad eléctrica y 7 a 40 meq/100g cationes intercambiables.

En el año 2005, se inició el proyecto internacional AgroSalud enfocado en el mejoramiento nutricional de varios cultivos en América Latina y el Caribe. En el caso del arroz, el objetivo fue obtener variedades con mayor contenido de Fe y Zn. La biofortificación del arroz con estos dos elementos, podría mejorar los niveles nutricionales de más de 90 millones de personas que dependen, exclusivamente de este cultivo para su alimentación diaria, (Haas *et al.* 2005).

El arroz manifiesta una fuerte interacción genotipo ambiente, principalmente en la expresión del rendimiento y sus componentes. García (2004), encontró que la variable rendimiento mostró una fuerte interacción con el ambiente, no así con los componentes del rendimiento. En la República Dominicana, se encontró en la Herradura, Santiago un rendimiento promedio de 7,000 y 9,800 kg.ha<sup>-1</sup> y en los ambientes de Esperanza, Valverde de 300 kg.ha<sup>-1</sup>, Flores *et al.* (2008), Los cuales fueron significativamente superiores al encontrado por Fabián y Pichardo (2008), en la localidad de El Pozo, María Trinidad Sánchez, que fueron 3,900 y 5,300 kg.ha<sup>-1</sup>.

Investigaciones realizadas con cultivos biofortificados, han mostrado impactos positivos. El consumo de arroz biofortificado con hierro y zinc aumentó en 20% el hierro almacenado (ferritina) en mujeres en edad fértil en Filipinas (Haas *et al.* 2005).

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar si el hierro y el zinc en el suelo, influyen en el contenido de los minerales en el grano de arroz, tanto pulido como integral, a través de varios ambientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se instalaron en la primera época de siembra del 2008 en las localidades de Juma, provincia Monseñor Nouel, localizada en los 18°54 latitud N y 70°23 longitud O y altitud de 178 msnm. La temperatura media anual es de 23.6°C y la pluviometría media anual es de 2,100mm. Suelo franco arcilloso, con 2.5% de ma-

teria orgánica y pH 5.7. Esperanza, provincia Valverde, ubicada a los 19°33' latitud N y 71°14' longitud O y 78 msnm. Pluviometría media anual 750 mm y temperatura promedio anual de 27.3 °C. El suelo es de textura franco limosa con pH > 7.5. El Pozo, provincia María Trinidad Sánchez, se ubica a 19°22' latitud N y 69°50' longitud O y altitud de 3 msnm. Pluviometría media anual 2,211 mm con temperatura promedio anual 25.6°C. El suelo es de textura franco arcilloso con pH de 6.0 y 4.7% de materia orgánica.

Se utilizaron evaluaron siete genotipos de arroz introducidos y tres variedades locales, como testigos. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, diez tratamientos y tres repeticiones. El marco de plantación fue de 0.25 m. x 0.25 m. Se realizaron análisis de varianza, genotipos-ambiente, multivariados y prueba de rangos múltiples de Duncan al 5% de probabilidad de error.

Para la determinación del hierro y el zinc en el suelo, se realizaron muestreos en cada área experimental, las submuestras fueron mezcladas y homogenizadas. Posteriormente, se procedió al triturado y cernido en tamices de 0.05 y 0.002 mm y luego llevadas al laboratorio. Para el análisis foliar, se seleccionaron 20 hojas banderas por cada unidad experimental, colocándose al horno a una temperatura de 65°C, por 72 horas. Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio de la compañía Fertilizantes Químicos Dominicanos, S.A. (Ferquido), para la determinación de los microelementos hierro y zinc. El análisis de Fe y Zn en el grano, se determinó mediante el método de Isaac y Kerber. Se tomaron tres muestras de cada tratamiento, se secaron, ventearon y se colocaron en sobres de 20g y se enviaron al laboratorio del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia.

Las localidades en estudios fueron: Juma, Bonao, El Pozo, Nagua y Esperanza, Mao.

Los tratamientos son presentados en la siguiente tabla.

Trat.	Genotipos / variedades	Procedencia
1	FL03001-MP-2-1P-3P-M	Introducida
2	'CIWIN'	Introducida
3	AZUCENA, BCF, 11, ACC15	Introducida
4	TOX 1859-102-4M-4	Introducida
5	FL03724-3P-51P-3P-M	Introducida
6	'C 3849'	Introducida
7	'C3851'	Introducida
8	'Impale 112'	Local
9	'Juma 67'	Local
10	'Cristal 100'	Local

Las variables evaluadas fueron hierro y zinc en el suelo, en hojas banderas y el grano de arroz integral y pulido, interacción genotipo/ambiente y el rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup>. El experimento se desarrolló bajo riego por inundación, el semillero se estableció en bandejas. El trasplante se realizó manualmente con plántulas de 25 días de edad. La fertilización fue de 130 kg.ha<sup>-1</sup> de NPK en Juma, 100 en Nagua y 140 en Esperanza.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de Fe y Zn en el suelo

Estos resultados son basados en un análisis previo a la instalación de los experimentos en las tres localidades estudiadas. Los datos indican que en Juma, Bonao se presentó el mayor contenido de Fe con 362 mg.kg<sup>-1</sup>, superior a Nagua (104 mg.kg<sup>-1</sup>) y Esperanza (50.3 mg.kg<sup>-1</sup>). Los valores de zinc fueron superiores en Juma con 1.9 mg.kg<sup>-1</sup>, las localidades de Esperanza y Nagua mostraron valores de 0.5 y 0.6 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Según el método Mehlich 3, el hierro con rango de 10 a 100 mg.kg<sup>-1</sup> y 3 a 15 mg.kg<sup>-1</sup> de zinc, indica que el contenido hierro encontrado en las localidades se encuentran dentro de los niveles deseados en el suelo (Figura 1).

### Contenido de Fe en el grano de arroz

El contenido de hierro en el grano integral, presentó diferencias significativas entre las localidades. La localidad de Esperanza con valor de 12.28 mg.kg<sup>-1</sup>, superó a Juma con 10.2 mg.kg<sup>-1</sup> y Nagua con 10.0 mg.kg<sup>-1</sup>,

siendo estas dos últimas estadísticamente iguales (Figura 2). En relación al Fe en el grano pulido, Esperanza con 3.0 mg.kg<sup>-1</sup> y Juma con 2.83, superaron significativamente a la localidad de Nagua que tuvo un valor de 2.34 mg.kg<sup>-1</sup>.

Estos resultados corroboran lo encontrado por Martínez *et al.* (2007), quienes determinaron que la línea base de hierro para arroz integral fue de 8 a 10 mg.kg<sup>-1</sup> y de 2 a 3 para arroz pulido en cinco países de América Latina y el Caribe. Por otro lado, esta investigación coincide con estudios realizados en el CIAT (2006), sobre la interacción del contenido hierro en el grano, en suelos con aspectos diferentes de arcilla, arena y limo incluyendo el área blanca en la ciudad de la estación Bama, Colombia, con el material 'IR68144' durante el verano CIAT(2006). El contenido hierro no fue significativamente diferente entre suelo limoso y arcilloso, pero hubo diferencias altamente significativas entre ellos y los suelos arenosos.

### Contenido de zinc en el grano de arroz

Los resultados del zinc en el grano integral presentaron diferencias significativas entre las localidades estudiadas. El valor encontrado en Juma de 24.65 mg.kg<sup>-1</sup> fue superior a Esperanza con 22.67 y Nagua con 21.51. Estos son superiores a la línea base encontrado por Martínez *et al.* (2007), en América Latina y el Caribe, que fue de 12 a 18 mg.kg<sup>-1</sup> en arroz integral. Con relación al grano pulido, no hubo diferencias significativas entre las localidades estudiadas (Figura 3).

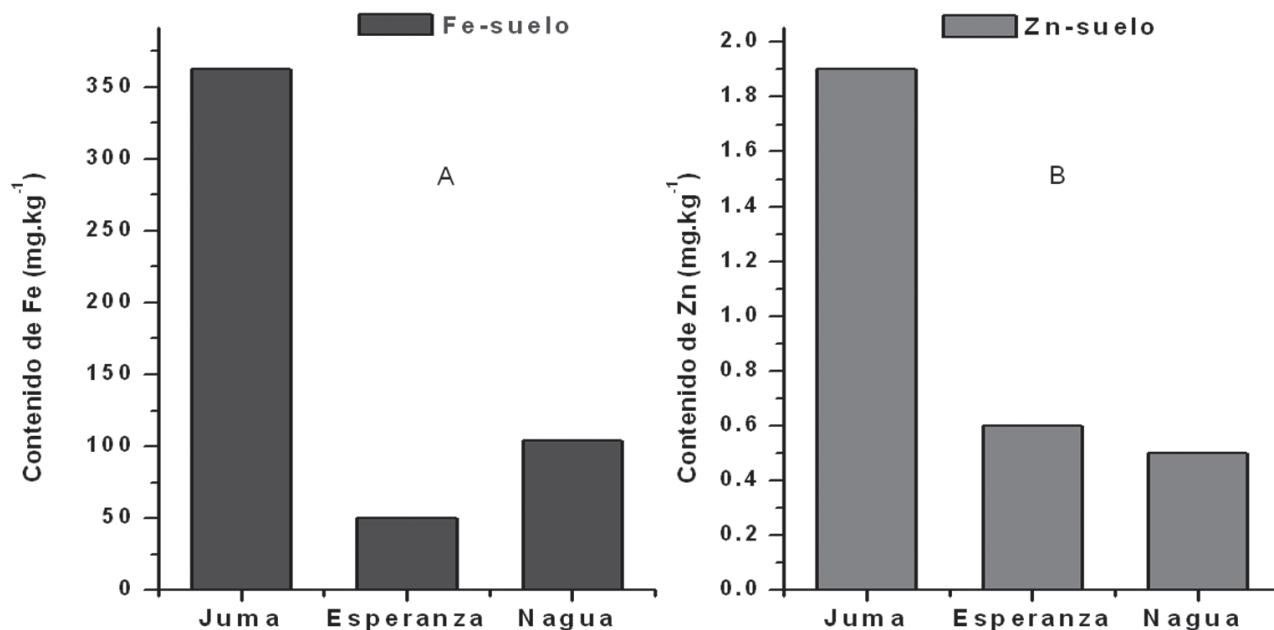


Figura 1. Hierro (A) y zinc (B) en el suelo en tres localidades de la República Dominicana, durante la primera etapa del cultivo de arroz en el 2008.



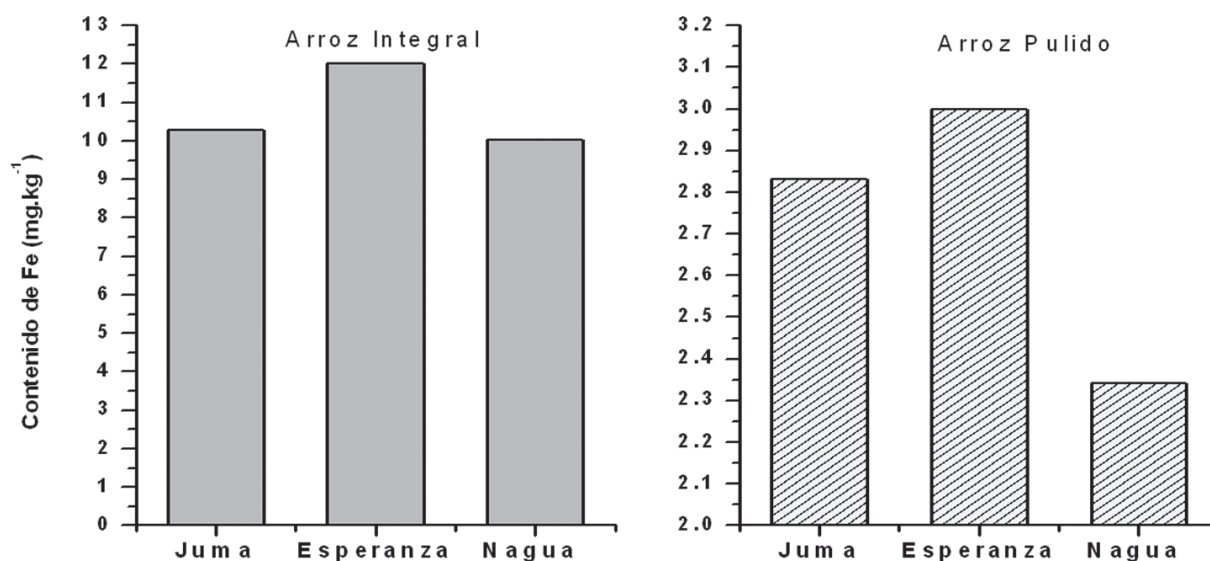


Figura 2. Contenido de hierro ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) en el grano de arroz integral y pulido en tres localidades de la República Dominicana, en la primera etapa del cultivo de arroz en el 2008.

### Contenido de Fe y Zn en el grano

Los genotipos estudiados no presentaron diferencias significativas con relación al contenido de Fe y Zn en el grano integral y pulido. Los resultados de esta investigación son similares a la línea base para hierro y zinc encontrada por Martínez *et al.* (2007), en diferentes países de América Latina y el Caribe, que fue de 2 a 3  $\text{mg.kg}^{-1}$  de Fe y 14 a 16  $\text{mg.kg}^{-1}$  de Zn.

### Contenido de Fe y Zn en las hojas bandera

Se encontró diferencias significativas entre las localidades. Esperanza con 145.74  $\text{mg.kg}^{-1}$  superó a Nagua con 77.1  $\text{mg.kg}^{-1}$  y Juma con 90  $\text{mg.kg}^{-1}$ . Esto sugiere una relación entre el contenido del Fe en la hoja con el del grano, ya que Esperanza con 145.74  $\text{mg.kg}^{-1}$  en hoja, fue superior a las demás localidades en el contenido de Fe en el grano integral de arroz. Por otro lado, estos resultados corroboran los resultados encontrados por Fageria (1990), quien observó que los niveles más altos y la acumulación de hierro se presentaron en la paja, en relación con el grano.

El contenido de zinc en las hojas, no presentó diferencias estadísticas entre las localidades estudiadas. Esto puede ser atribuido, según Carreras (2004), a que las cantidades totales o disponibles de zinc, medidas químicamente, no tienen relación con la incidencia de las deficiencias en zinc o el contenido de zinc en la planta (Figura 4).

### Relación del contenido de Fe y Zn en el suelo, hoja y grano

La Tabla 1, muestra los valores promedios del contenido de hierro y zinc evaluados en las localidades de Juma, Esperanza y Nagua, mostrando los valores de hierro superiores en los análisis en la hoja de la planta y en el suelo. Se observa una ligera tendencia de aumentar el contenido de Fe en el grano integral y pulido, a medida que aumenta este elemento en la hoja bandera; mientras que no se observa relación entre el contenido del Fe en el suelo y su expresión en el grano. De igual forma sucede con el Zn en el suelo, hoja y grano de arroz (Tabla 1).

### Análisis multivariado

En la Figura 5, se resume los resultados del análisis multivariado en hierro y zinc en arroz pulido e integral. El zinc en arroz integral tuvo mayor expresión en las localidades Juma y Nagua con los genotipos 2- Ciwini, 4-Tox1859, 3-FLO3724, 5- C3849 y 6- C3851, en variable zinc pulido. Mientras que los genotipos 1- FLO3001, Azucena, y C3859 con el hierro pulido.

### Rendimiento

Los resultados obtenidos presentan diferencias significativas entre los genotipos y las localidades, con relación al rendimiento de arroz paddy. En la localidad de Juma, los genotipos C3849 y 'Cristal' 100 con 4,486 y 4,062  $\text{kg.ha}^{-1}$ , fueron superiores a Juma '67' (Figura 6).

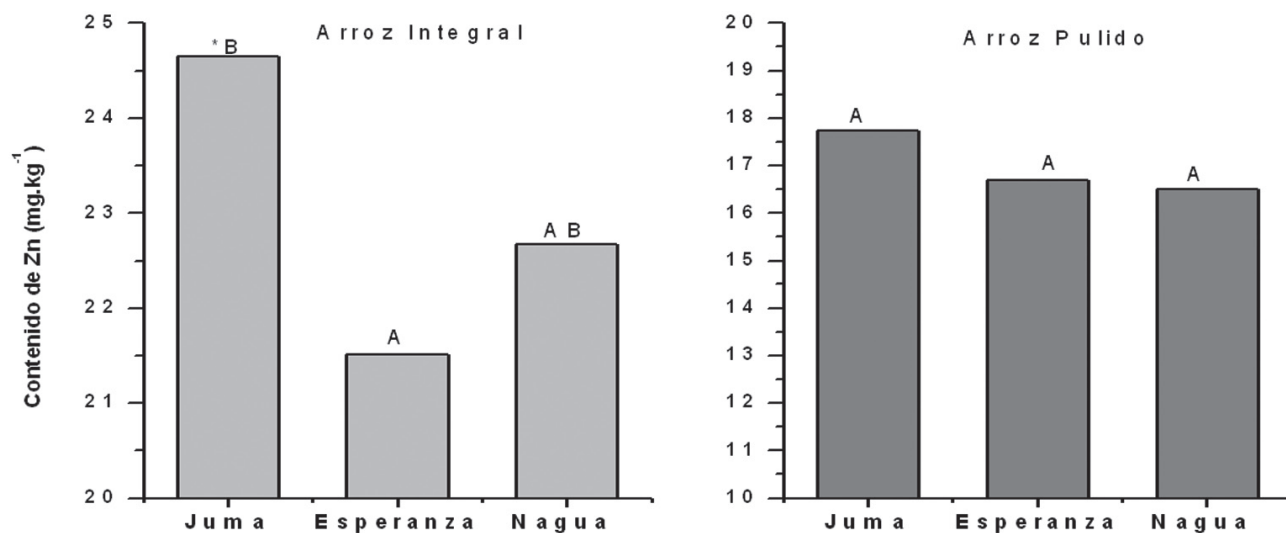


Figura 3. Contenido zinc en el grano de arroz integral y pulido, en tres localidades en la primera época de siembra del cultivo de arroz en el 2008. \* Letras distintas indican diferencias significativas, de acuerdo a Duncan al 5%.

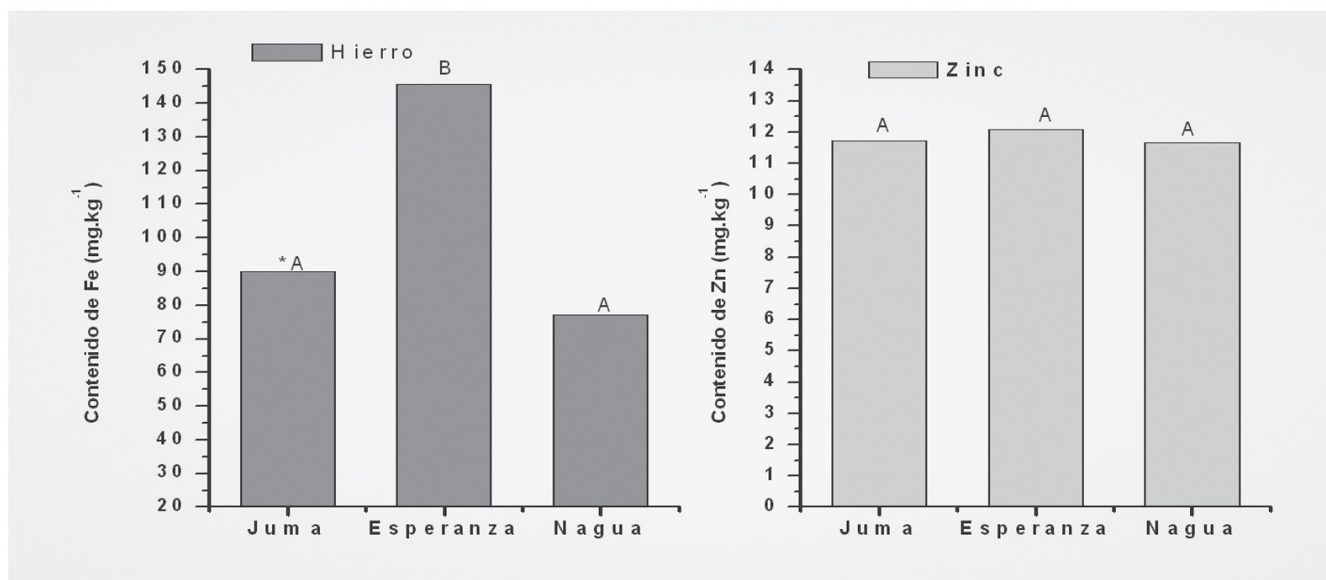


Figura 4. Contenido de hierro y zinc ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) en las hojas de las plantas en tres localidades del país, en la primera época de siembra del cultivo de arroz en el año 2008. \* Letras distintas indican diferencias significativas, de acuerdo a Duncan al 5%.

Tabla 1. Promedio de hierro y zinc ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ) en evaluaciones realizadas en tres localidades del país, durante la primera época de siembra de arroz del año 2008.

Contenido	Esperanza		Nagua		Juma	
	Fe	Zn	Fe	Zn	Fe	Zn
Arroz integral	12.30	21.80	10.00	22.70	10.00	24.60
Arroz pulido	3.00	17.00	2.40	16.50	10.30	17.70
Hoja bandera	145.70	11.70	78.40	12.10	87.60	11.80
Suelo	50.30	0.60	104.00	0.50	362.00	1.90

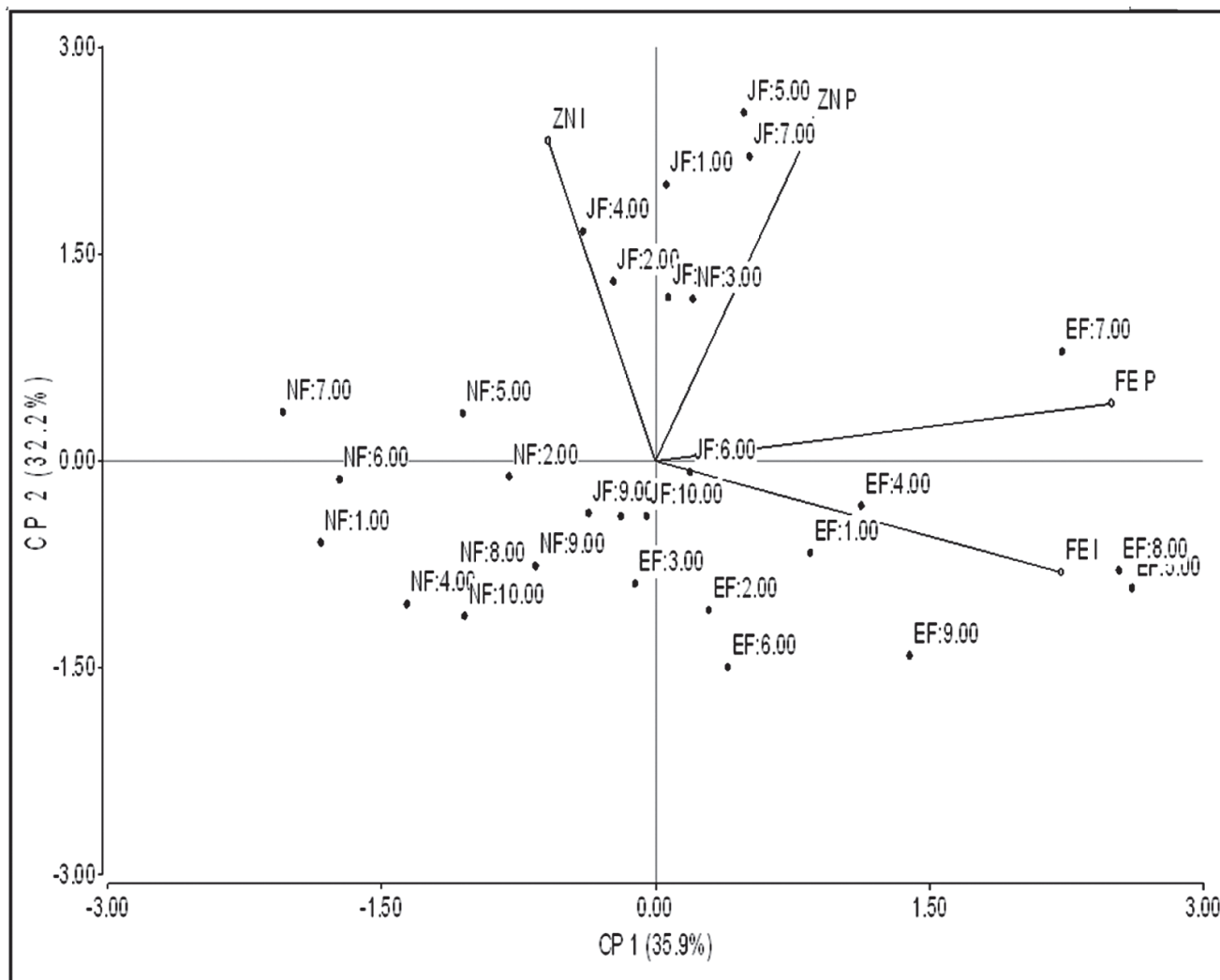


Figura 5. Contenido de hierro y zinc en el grano de arroz en las localidades de Juma, Esperanza y Nagua, durante la primera época de siembra de arroz del año 2008.

Leyenda: NF (hierro en Nagua), ZNI (zinc en Nagua), JF (hierro en Juma), ZNP (zinc en arroz pulido Nagua), EF (hierro en Nagua), FEI (Hierro en arroz Integral en Esperanza) y FEP (hierro pulido en Esperanza).

En Esperanza, los genotipos C3851 y C3849 mostraron rendimientos de 7,991 y 7,885 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos, pero fueron superiores a los demás. Sin embargo Impale 112, Cristal 100 alcanzaron rendimiento de 5,824 y 6,284 kg.ha<sup>-1</sup>, diferentes entre ellos estadísticamente. En Nagua, los genotipos C3851, C3849 presentaron rendimientos de 6,122 y 4,774 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, estadísticamente diferentes, mientras que los demás no mostraron diferencias significativas, a excepción del genotipo Azucena, que mostró el menor rendimiento con 2,233 kg.ha<sup>-1</sup>.

#### Evaluación del rendimiento por localidad

Las localidades evaluadas fueron estadísticamente diferentes, con relación al rendimiento. Esperanza en Mao alcanzó el mayor rendimiento de arroz paddy con 5,562

kg.ha<sup>-1</sup>, el cual fue superior significativamente a las localidades de Juma, Bonao y El Pozo, Nagua, Figura 7. Estos resultados corroboran los resultados encontrados por Flores (2008) y Trinidad y Rosario (2008).

#### CONCLUSIONES

- No se encontró relación entre el hierro y el zinc en el suelo y su contenido en el grano de arroz.
- Las localidades estudiadas presentaron diferencias con el hierro y el zinc en el suelo.
- No se encontró relación entre el contenido de zinc en las hojas y su contenido en el grano de arroz.
- Se encontró interacción entre el contenido de hierro en las hojas y los ambientes estudiados.

- Los genotipos estudiados no presentaron interacción en el contenido de hierro y zinc en el grano integral y pulido a través de las localidades.
- Hubo interacción entre los genotipos y el ambiente en el hierro y zinc en las hojas.
- Los genotipos FIO3001, TOX1859, FIO3724, Azucena, Impale 112 y Cristal 100, presentaron los valores más altos de hierro y zinc en las localidades estudiadas.

## RECOMENDACIONES

La investigación en su primera fase sugiere que es necesario realizar otros estudios relacionados, con aplicaciones adicionales de hierro y zinc a los suelos y a las plantas para el cultivo de arroz.

Se recomienda realizar otras investigaciones con las hibridaciones en mejoramiento genético, para obtener genotipos con alta capacidad de absorción de hierro y zinc.

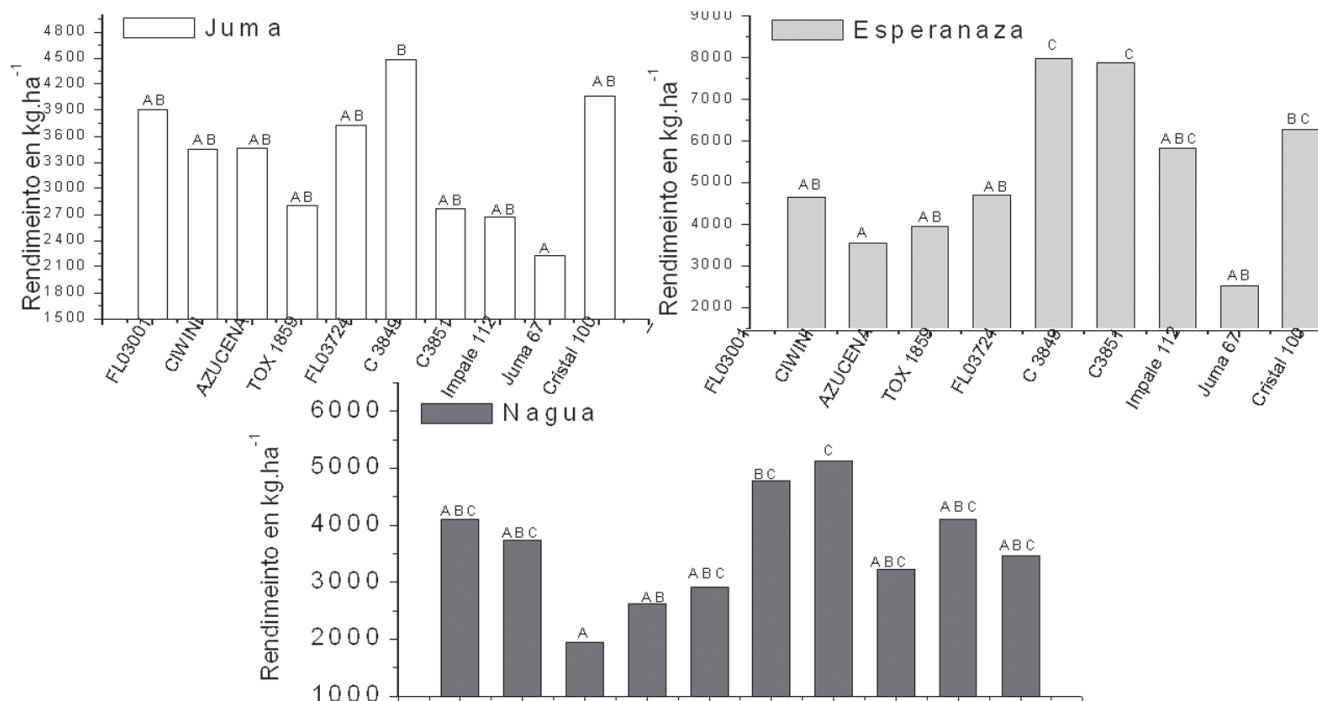


Figura 6. Rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup> en tres localidades del país, durante la primera etapa del cultivo de arroz.

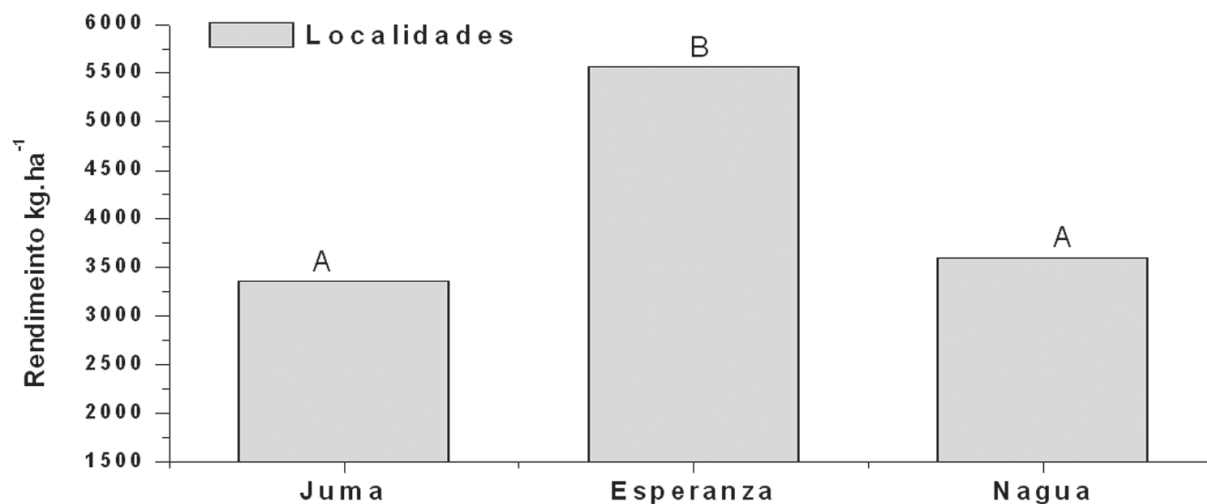


Figura 7. Rendimiento en kg.ha<sup>-1</sup> en tres localidades del país, en la primera época de siembra del cultivo de arroz en el año 2008.



## LITERATURA CITADA

- Bertsch, F. 1987. Bibliografía de suelos de Costa Rica. University of Costa Rica/Conicit. San José, CR. 231 p.
- Bienfait, H. 1985. Regulated redox processes at the plasmalemma of plant root cells and their function iron uptake. *J. Bioenerg. Biomembr.* 17:73-83.
- Castilla, L. 2002. Manejo del nitrógeno en arroz de riego. *Revista de Arroz. FEDEARROZ. Federación Nacional de Arroceros.* Bogota. CO. julio-agosto, volumen 50, número 439.
- Carreras, R. 2004. La fertilización del arrozal. *Revista "Agrícola Verge"* N° 267, mayo 2004.
- Chlopecka, A.; Bacon, J.; Wilson, M.; Kay, J. 1996. Forms of cadmium, lead, and zinc in contaminated soils from southwest Poland. *J. Environ. Qual.* 25:69-79.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 2008. Manual para el análisis del hierro y zinc. Cali, CO.
- Fageria, N. 1990. Iron requirement of cereals and legumes in solution culture. Beusichem, M. L. Van (ed.). Pp. 213-217.
- FAO, (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT) 2001. Proporción de energía/kcal/p. derivada de arroz. Consultado en junio 2009. Disponible en: [www.fao.org/faostat/foodsecurity/Files/DietFoodItemsEnergy.xls](http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/Files/DietFoodItemsEnergy.xls).
- Fabián, A.; Pichardo, E. 2008. Caracterización de siete genotipos de arroz con relación al vaneamiento. Tesis de grado, departamento de agronomía, universidad ISA, La Herradura, Santiago, DO.
- Flores, D. 2008. Evaluación de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en tres localidades de República Dominicana, Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos y Animales, (PC-CMCA), 54 reunión anual, 14 al 18, San José, CR.
- García, A. 2004. Interacción genotipo-ambiente, estabilidad del rendimiento y alguno de sus componentes de 15 genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) en tres localidades. Consultado junio 2014. Disponible en: [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net).
- Gonzales, J. 2009. El subsuelo como recurso natural. (En Línea). Consultado el 15 de octubre del 2013. Disponible en: [www.media-verde.org](http://www.media-verde.org).
- Goldschmidt, V. 1954. *Geochemistry.* Oxford Univ. Press, London, UK.
- Harter, R. 1991. Micronutrient adsorption-desorption reactions in soils. *Micronutrients in agriculture.* (eds.). 2nd ed. Book Series N°4, SSSA, Madison, WI. Chap 3. Pp. 59-88.
- Hass, J. 2005. América Latina y el Caribe. Contenido de zinc en el grano de arroz. Contenido de Fe en el grano de arroz. Consultado en noviembre 2009. Disponible en: [www.agr.unne.edu.ar](http://www.agr.unne.edu.ar).
- Haas J.; Beard J.; Murray-Kolb, L.; Gregorio, G. 2005. Iron biofortified rice improves the iron stores of non-anemic Filipino women. *Journal of Nutrition*, 135: 2823-2830. Consultado en noviembre 2009. Disponible en: [www.agrosalud.org](http://www.agrosalud.org).
- InfoStat. 2008. Infostat, software estadístico. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, AR. (En Línea). Consultado el 15 de mayo del 2010. Disponible en: [www.infostat.com.ar](http://www.infostat.com.ar).
- Isaac, R.; Kerber, J. 1971. Atomic Absorption and flame photometry: techniques and uses in soil, plant and water analysis. In *Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissues.* Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin, USA. p. 17-37.
- Karlen, L. 1997. Criterios de calidad del suelo, Concepto de la calidad de suelo. Caja O P 50DK-8830 Tjele hora, 14:41. Consultado en septiembre 2008. Disponible en: [www.insuelos.org.ar](http://www.insuelos.org.ar).
- Kiekens, L. 1995. Zinc. Heavy metals in soils. (ed.). 2nd ed. Blackie Academic and Profesional, Glasgow, UK. Pp. 284-305.
- Krauskopf, K. 1972. *Geochemistry of micronutrients.* Micronutrients in agriculture. (eds.). p. 7-40 SSSA, Madison, WI.
- Lindsay, W. 1979. *Chemical equilibria in soils.* Ed. John Wiley and Sons. New York, NY. ISBN: 0- 471-02704-9
- Lindsay, W. 1991. *Inorganic equilibria affecting micronutrients in soils.* Micronutrients in agriculture. (Morteverdt, J.J. et al., eds.), second edition, p.89-112, SSSA Inc Madison, WI.
- Liang, J.; Stewart, J.; Karamanos, R. 1990. Distribution of zinc fractions in preirre soils. *Can. J. Soil Sci.* 70:335-342.
- Lucena, J. 2000. Effect of bicarbonate, nitrate and other environmental factors on iron deficiency chlorosis. A review. *J. Plant Nutr.* 23(11-12):1591-160.
- Martínez, C.; Helena, P.; Jaime, B. 2007. La biofortificación estratégica basada en alimentos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Informe Progreso Arroz Biofortificado, AgroSalud. Palmira noviembre 19-20.
- Martínez, C.; Borrero, J. 2007. Deficiencia de micronutrientes "Desnutrición Escondida. Segundo Congreso", Arrocero CONARROZ San José, Costa Rica Junio 29-30 del 2006. Consultado en noviembre 2009. Disponible en: [www.fao.org/faostat/foodsecurity/Files/DietFoodItemsEnergy.xls](http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/Files/DietFoodItemsEnergy.xls).
- Matsuya, K.; Contreras, F.; Abreu, Q.; Hodai, I.; Nova, J. 2002. Reporte análisis de suelo y encuesta para cultivo de arroz en la República Dominicana. JICA-IDIAF. Juma, Bonao, DO. Pp.125.
- Murad, E.; Fischer. 1988. The geobiochemical cycle of iron. In *Iron in soils and clay minerals.* (J. W. Stucki, et al. Eds). D. Reidel Publishing Company: Pp. 1-18.
- Romheld, V. 1987. Existence of two difference strategies for the acquisition of iron in higher plants. Pp. 353-374.
- Sanint. 2004. Nutrientes Prioritarios en los Cultivos. El impacto de la investigación en arroz en Latina América y el Caribe durante las tres últimas décadas, San José, CR. 2008.
- Sommer, A.; Lipman, C. 1926. Evidence on the indispensable nature of zinc and boron for higher zinc plant. *Plant Physiol.* 1:231-249.
- Schmidt, W.; Bartels, M. 1997. Topography of the NADH-linked ferri-chelate (turbo) reductase in plasma membrane from *Plantago* roots. Abstracts of the IX International Symposium on iron nutrition and interactions in plants. University of Hohenheim. Stuttgart, GE. Pp. 58.
- Wedepohl, K.H. 1972. *Zinc handbook of geochemistry.* Springer-Verlag, NY. Vol. I/3.

## Impacto de *Oebalus ornata* (Sailer) (Hemíptera: Pentatomidae) sobre la calidad del arroz en la República Dominicana

Ana Victoria Núñez<sup>1</sup>, Jesús Rosario<sup>1</sup> y Alejandro Pujols<sup>1</sup>

Entre las plagas artrópodas más importantes relacionadas con el Vaneamiento del arroz en la República Dominicana, se encuentra el chinche *Oebalus ornata* (Sailer). Los adultos y las ninfas causan daño al succionar los granos los cuales pueden quedar total o parcialmente vacíos, causando mermas en el rendimiento y la calidad. Con el objetivo de evaluar el impacto del *O. ornata* en el cultivo de arroz, fue realizado un experimento en la Estación Experimental Arrocera Juma del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) en Bonao, provincia Monseñor Nouel, República Dominicana. Se realizaron dos experimentos en la segunda época de siembra de los años 2007 y 2008. Se establecieron cinco tratamientos con cuatro repeticiones, en un diseño completamente al azar en un área de 0.38 ha, empleando la variedad 'Idiaf 1' bajo riego. En el 2007, se estudiaron 0, 5, 10, 15 y 20 especímenes adultos de *O. ornata* por m<sup>2</sup> y en el 2008, 0, 5, 10, 20 y 40 adultos, empleando como unidades experimentales jaulas de 1 m<sup>2</sup> protegidas por malla de nylon a partir de la floración del cultivo. Los insectos fueron recolectados en parcelas comerciales cercanas a la estación experimental, estableciendo y conservando las poblaciones hasta las infestaciones del cultivo en la etapa de grano lechoso. Las variables evaluadas fueron daños en el grano, porcentaje de Vaneamiento y rendimiento en grano en kg/ha. Se observaron porcentajes de Vaneamiento de 23.5 % y 32 % con 20 y 40 especímenes de *O. ornata* por m<sup>2</sup>, respectivamente. El rendimiento disminuyó en promedio 14.9 kg/ha, por cada unidad incrementada de *O. ornata* para los dos años de estudio. Los resultados indican que existe una relación directa entre la densidad poblacional de la plaga y el Vaneamiento del arroz.

**Palabras clave:** Vaneamiento, Idiaf-1, rendimientos, chinches, calidad

### INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana, el arroz (*Oryza sativa* L.) es uno de los cultivos más importante. Actualmente, se cultivan entre 140 a 150 mil hectáreas participando directa e indirectamente más de 250 mil personas, con un movimiento estimado de más de 25 mil millones de pesos anuales, en toda la agrocadena.

Una de las limitantes en el incremento de la productividad del arroz es la pérdida causadas por plagas, aumentando significativamente los costos de producción (Vivas y Notz 1997).

Pantoja *et al.* (1997), estiman que en el mundo las plagas destruyen cerca del 35% de la producción de arroz, siendo el 12% causadas por insectos plagas.

A partir del año 1998, el Manchado y el Vaneamiento de la espiga son considerados los principal problemas fitosanitarios en la producción nacional de arroz. Este fenómeno multicausal impacta negativamente el cultivo del arroz, reduciendo la productividad, calidad de moliduría y la rentabilidad. La severidad e incidencia del Vaneamiento causa pérdidas superiores al 20% en la producción arroceras nacional.

La expresión del síndrome del Vaneamiento ha sido asociada a la interacción de factores bióticos y abióticos, que influyen en el llenado y en el aspecto general de la espiga, entre otros el hiedevivo chinche *Oebalus ornata* (Sailer). Estos son considerados entre las plagas de mayor importancia en el cultivo de arroz bajo riego, ya que pueden afectar directamente la cantidad y calidad de los granos cosechados al succionar la savia de éstos cuando las plantas están en desarrollo (Pantoja *et al.* 1997).

En la República Dominicana, el *Obealus ornata* (Sailer) esta presente en todas las zonas arroceras del país, debido a que la producción de arroz en país se caracteriza por la presencia del cultivo durante todo el año. Esto favorece la presencia del chinche, debido a que tiene disponible alimento todo el año y repite su ciclo biológico varias veces al año. Aunque en períodos de alta incidencia de la plaga se pueden encontrar chinches en cualquier área de una parcela, generalmente se encuentra concentrado en los bordes de los lotes, hasta donde llegan primero provenientes de otros lotes infestados de malezas hospederas (Rosario 2001).

<sup>1</sup> Investigadores, Instituto Dominicano de investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)

Trabajo financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF)

El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto agroeconómico ocasionado por *Oebalus ornata* (Sailer) en el cultivo de arroz, en base a la cuantificación de sus daños y los niveles de Vaneamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la segunda época de siembra de los años 2007 y 2008, bajo las condiciones de la Estación Experimental Arrocera Juma del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), localizada en Bonao, provincia Monseñor Nouel, República Dominicana, ubicada entre los 70°32' longitud oeste y 18°54' latitud norte, a una altura de 178 msnm, con una temperatura promedio de 26°C, humedad relativa promedio de 80% y precipitación promedio anual de 2,200 mm.

La variedad 'Idiaf-1' fue utilizada para el estudio, en siembra directa, con una densidad poblacional de 120 kg/ha. en suelo fangueado y nivelado. Se establecieron cinco tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño completamente al azar en un área de 0.38 ha. Los tratamientos estudiados fueron: en el año 2007 con 0, 5, 10, 15 y 20 especímenes adultos de *O. ornata* por m<sup>2</sup> y en el 2008 con 0, 5, 10, 20 y 40 adultos, empleando como unidades experimentales jaulas de 1 m<sup>2</sup> protegidas por malla de nylon.

Los insectos fueron recolectados en parcelas comerciales cercanas a la estación experimental, estableciendo y conservando las poblaciones hasta las infestaciones del cultivo en la etapa de grano lechoso. Las variables evaluadas fueron: daños en el grano, porcentaje de Vaneamiento y rendimiento en grano (kg/ha).

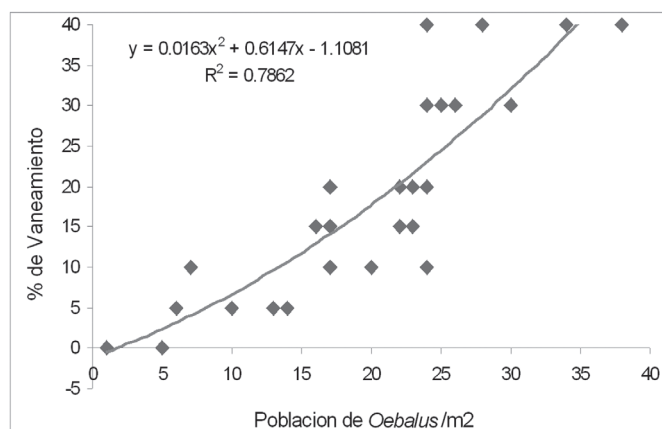
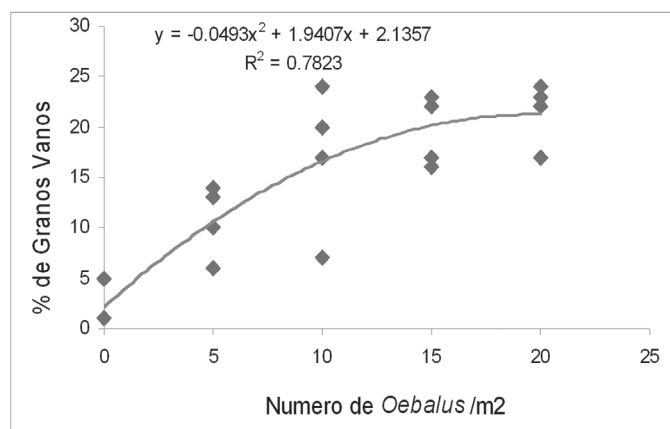
Los datos fueron sometidos a análisis de regresión, utilizando el paquete estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

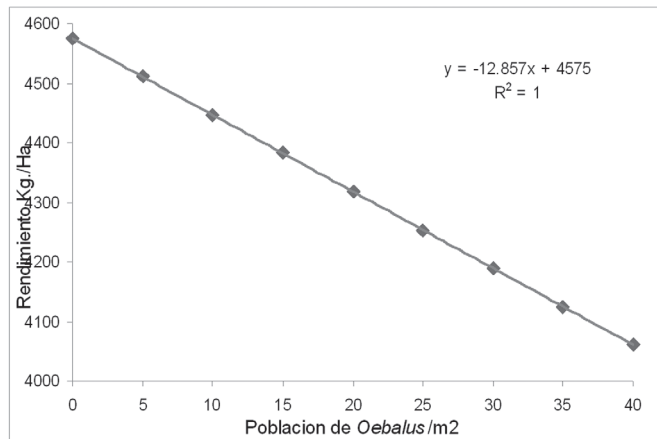
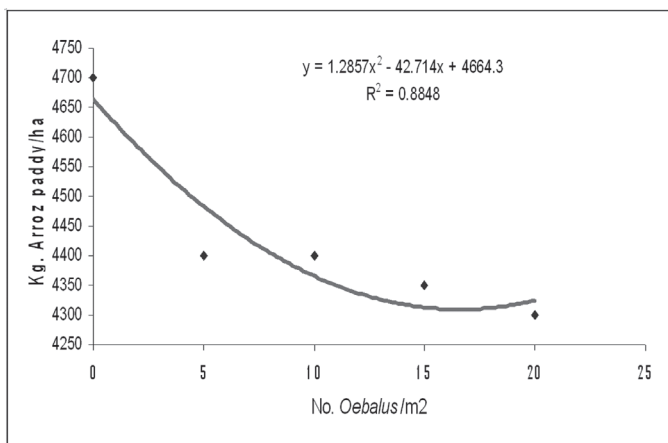
Los resultados obtenidos en las evaluaciones realizadas en los dos años de estudio, sugieren que las poblaciones de hiedevivos (*O. ornata*), inciden significativamente en el Vaneamiento del cultivo de arroz, es decir, que existe una relación directa entre dicha población y el vaneamiento, con coeficientes de determinación ( $r^2$ ) de 0.787 y 0.781, respectivamente, Figura 1. Observándose porcentajes de Vaneamiento de 23.5 % y 32 % con 20 y 40 especímenes de *O. ornata*/m<sup>2</sup>.

Se encontró además, que el rendimiento de arroz disminuyó conforme se incrementó la población de hiedevivos, debido a que durante el estado de grano lechoso en la fase de desarrollo de la panícula, estos extraen los fotoasimilados depositados, contribuyendo con el vaneamiento y la reducción del rendimiento (Figura 2).

El rendimiento disminuyó en promedio 14.9 kg/ha, por cada unidad incrementada de *O. ornata*, para los dos años de estudio, Figura 2. Estos resultados están acorde con lo observado por Pantoja *et al.* (1997), quienes encontraron que el estado de grano lechoso en este cultivo, es el de mayor riesgo de pérdidas económicas en la producción porque es más fácil la succión del contenido del grano para el insecto, que puede reducir los rendimientos del arroz hasta en 65% si la incidencia ocurre en este, reduciendo el daño a medida que avanza hacia el estado de grano lleno. Así mismo, Meneses *et al.* (2001), reportaron pérdidas en los rendimientos de 27 al 65% con poblaciones de 0.3 a 1.1 *Oebalus* por panícula, al ser comparados con un testigo libre de insectos; observaron además, que si el arroz es dedicado a semilla, la germinación disminuye de 9 a 14%.



Figuras 1 . Efectos de la población de *Oebalus ornata* en el Vaneamiento de arroz en cascara en el 2007 y 2008.



Figuras 2. Efectos de la población de *Oebalus ornata* en el rendimiento de arroz en cáscara en el 2007 y 2008

## CONCLUSIONES

Se observó una relación directa entre la densidad poblacional de la plaga y el Vaneamiento de la variedad de arroz Idiaf-1, afectando significativamente los rendimientos.

## LITERATURA CITADA

- Meneses, R.; Gutiérrez, A.; García, A.; Antigua, G.; Gómez, J.; Correa, F.; Calvert, L. 2001. Guía para el trabajo de campo en el manejo integrado de plagas del arroz. CIAT. Cali, CO. 71 p.
- Pantoja, A.; Fischer, A.; Correa, F.; Sanint, L.; Ramírez, A.. 1997. MIP en arroz, manejo integrado de plagas. Fundación Polar, FEDEARROZ, FLAR y CIAT. Caracas, VE. 146 p.
- Rosario, J. 2001. Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de arroz en República Dominicana. In: Curso sobre Tecnología Arrocería. Bonao, DO. Pp. 5-6.
- SAS Institute Inc. 2002. Guía de usuario, versión 9.0. SAS Institute.
- Vivas, L.; Notz, A. 2011. Distribución espacial en poblaciones de *Oebalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo. Guarico, VN.





# Resistencia de variedades de trigo al herbicida imazamox en España

Francisco Jiménez<sup>1</sup>, Antonia Rojano<sup>2</sup>, Nelson Espinoza<sup>3</sup> y Rafael De Prado<sup>2</sup>

Los cultivos clearfield presentan cierta tolerancia, resistencia o insensibilidad a herbicidas inhibidores de la enzima acetolactato sintasa (ALS) como las Imidazolinonas. Esta resistencia ocurre mediante sustituciones aminoacídicas que generan mutaciones en la ALS de biotipos resistentes (resistencia en el sitio de acción). La resistencia, también puede ocurrir fuera del sitio de acción del herbicida, debido a menor penetración y/o translocación, metabolización, secuestro y conjugación del herbicida. El objetivo de este estudio fue evaluar la resistencia a Imazamox de los cultivares de trigo 'Pantera' (Chile) y 'Gazul' (España). Se cultivaron plantas de ambas variedades y se realizaron ensayos de inhibición de actividad de ALS y de dosis-respuesta, calculándose la concentración de herbicida que reduce en 50% la actividad de la ALS ( $I_{50}$ ) y la dosis que reduce el peso fresco en 50%, con respecto al control no tratado ( $ED_{50}$ ). Los valores de  $I_{50}$  fueron 29.06 y 2.25  $\mu\text{M}$ , en tanto que los valores de  $ED_{50}$  fueron 107.70 y 1.63 g ia de Imazamox  $\text{ha}^{-1}$ , para Pantera y Gazul, respectivamente. Los valores de  $I_{50}$  y  $ED_{50}$  en Pantera mostraron correlación significativa ( $P < 0.05$ ), lo que sugiere que el mecanismo principal de resistencia en estas variedades de trigo es debido a la expresión de insensibilidad en la enzima ALS.

**Palabras clave:** IMI, trigo, resistencia,  $ED_{50}$ ,  $I_{50}$

## INTRODUCCIÓN

Mediante métodos de mejoramiento clásico, tales como selección por retro cruzamiento con cultivares élites y mutagénesis, se han obtenido cultivares resistentes a herbicidas de la familia imidazolinona o cultivos IMI-resistentes. Esta resistencia es atribuida a una mutación en la enzima acetolactato sintasa (ALS), en el sitio de unión con el herbicida, a pesar de que otros mecanismos de resistencia podrían estar presentes (Tan *et al.* 2005).

Los mecanismos de resistencia a herbicidas comprenden la retención en la superficie de la hoja, alteración de la absorción y translocación, metabolismo a compuestos no tóxicos del herbicida por la planta, e insensibilidad de la enzima diana al herbicida (Powles y Yu 2010).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la resistencia del cultivar de trigo Pantera (R) y Gazul (S) mediante estudio de la ALS y en ensayos de dosis respuesta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Herbicida

Los ensayos de dosis respuesta se realizaron con el herbicida Imazamox (Pulsar 40, BASF). En tanto que los estudios enzimáticos (ALS) se realizaron con productos puros (> 98%) suministrados por BASF.

### Material vegetal

El cultivar de trigo ensayado fue desarrollado mediante convenio entre el INIA-Carillanca de Chile y la compañía BASF, y comercializado en Chile (Newhouse *et al.* 1992). Se estudiaron los cultivares 'Pantera' IMI-resistente (R) (Chile) y 'Gazul' sensible (S) (España). Las semillas fueron pregerminadas y colocadas en macetas de 1 litro, conteniendo una mezcla de turba y arena en una relación 1:1, y mantenida en invernadero a temperatura noche/día de 18/27 °C y fotoperiodo de 14/10 h. Los tratamientos se aplicaron cuando las plantas alcanzaron de 3 a 5 hojas de desarrollo.

### Ensayos de dosis-respuesta

Las plantas fueron tratadas con el herbicida Imazamox (Pulsar 40) a las dosis de 0, 40, 80, 120, 160 y 240 g ia  $\text{ha}^{-1}$ , utilizando un volumen de 250 l  $\text{ha}^{-1}$ . Las plantas se cortaron 21 días después de tratadas, para calcular la dosis efectiva que reduce en un 50% ( $ED_{50}$ ) el peso fresco de los cultivares con respecto a un control no tratado (De Prado *et al.* 2006). El factor de resistencia (FR) se determinó mediante la relación  $ED_{50} (R) / ED_{50} (S)$ . Los datos se ajustaron a un modelo de regresión no lineal (Streibig *et al.* 1993; Seefeldt *et al.* 1995).

<sup>1</sup> Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), República Dominicana.

<sup>2</sup> Universidad de Córdoba, España.

<sup>3</sup> INIA. Carillanca. Temuco. Chile. fjimenez23@hotmail.com

## Ensayo de actividad de la ALS

La actividad ALS se midió como la cantidad formada de acetolactato, después de la conversión de este producto en acetoina por descarboxilación en presencia de ácido (Ray 1984). La extracción de la enzima y los estudios de la actividad enzimática se realizó sobre hojas jóvenes siguiendo la metodología descrita por Calha *et al.* (2007). Los ensayos de actividad de la ALS se realizaron sobre extractos enzimáticos incubados con Imazamox, y se expresaron como la concentración de herbicida necesaria para reducir la actividad ALS en un 50% ( $I_{50}$ ) con respecto al control.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ensayo de dosis-respuesta ( $ED_{50}$ )

Los datos de peso fresco de los cultivares se ajustaron al modelo de regresión no lineal log-logistic con un nivel de significancia ( $P < 0.01$ ), permitiendo estimar las dosis efectivas que reduce en 50% ( $ED_{50}$ ) el peso fresco de los cultivares tratados (Tabla 1 y Figura 1).

La dosis requerida para reducir el peso fresco en un 50% del cultivar Pantera ( $ED_{50}$ ) fue de 107.7 g ia ha<sup>-1</sup> (Tabla 1). Esta dosis es 2.5 veces la recomendada, lo que muestra alta resistencia. Por el contrario, para Gazul (S) la  $ED_{50}$  fue de 1.63 g ia ha<sup>-1</sup>, lo que muestra un nivel de reducción de masa fresca a dosis muy bajas y por supuesto la sensibilidad del mismo.

El factor de resistencia (FR) del cultivar Pantera fue 66.1, indicando que este cultivar requiere 66.1 veces la dosis de cultivar sensible para reducir la masa fresca en un 50% (Tabla 1).

### Ensayo de actividad de la enzima ALS

Los datos para cada uno de los cultivares muestran un ajuste significativo ( $P < 0.05$ ) a la ecuación log-logística (Tabla 2). Para el cultivar Pantera, la actividad de la enzima ALS se redujo con el aumento de la concentración de Imazamox, mostrando una respuesta sigmoidal (Figura 2). La concentración de herbicida que reduce en 50% la actividad de la enzima ( $I_{50}$ ) de los cultivares Pantera y Gazul fue 29.06 y 2.25  $\mu$ M, y el FR calculado, obtenido de la relación entre el cultivar resistente y sensible ( $I_{50} R / S I_{50}$ ) fue 12.91 en Pantera (Tabla 2).

Los resultados mostraron correlación entre los valores de  $I_{50}$  y la  $ED_{50}$ , lo que explica la reducción de la masa fresca como consecuencia de la inhibición de actividad enzimática en el cultivar Gazul, ya que esta enzima cataliza la biosíntesis de aminoácidos de cadena ramificada valina, leucina e isoleucina, los cuales son esenciales para el crecimiento de la planta.

## CONCLUSIONES

Los resultados de la actividad enzimática de la ALS y de dosis respuesta indican un alto nivel de resistencia en el cultivar Pantera, cuya correlación sugiere una mutación en la proteína de enlace con el herbicida.

Tabla 1. Parámetros de la ecuación<sup>1/</sup> usada para calcular la dosis de Imazamox requerida para reducir en un 50% la masa fresca ( $ED_{50}$ ) de los cultivares de trigo (R) y (S).

Cultivars	Respuesta	U	L	b	Pseudo $r^2$ <sup>3/</sup>	$ED_{50}$ (SE) <sup>2/</sup>	FR <sup>4/</sup>
Pantera	R	98.80	12.21	6.05	0.97	107.70 (2.013)	66.1
Gazul	S	100.00	6.06	2.63	0.99	1.63 (0.103)	-----

<sup>1/</sup>Ecuación Log-logistic  $Y = L + \{(U-L) / [1 + (x/ED_{50})^b]\}$ , donde Y es la masa fresca, expresada como porcentaje con respecto al control no tratado; x (variable independiente) es la dosis del herbicida Imazamox (g ia ha<sup>-1</sup>), U es el valor máximo de la asíntota, L es el valor mínimo, b es el punto de inversión de la curva, y  $ED_{50}$  es la dosis efectiva requerida para reducir en 50 % la masa fresca de los cultivares. Los datos fueron ajustados a un modelo de regresión no lineal. Los datos representan el promedio de diez repeticiones. <sup>2/</sup> SE= error estándar. <sup>3/</sup> coeficiente de determinación. <sup>4/</sup> FR = factor de resistencia =  $ED_{50} R / ED_{50} S$ .

Tabla 2. Parámetros de la ecuación utilizada<sup>1/</sup> para calcular la concentración de Imazamox que reduce en 50% la actividad enzimática ( $I_{50}$ ).

Cultivar	Respuesta	U	L	b	Pseudo $r^2$ <sup>3/</sup>	$ED_{50}$ (SE) <sup>2/</sup>	FR <sup>4/</sup>
Pantera	R	101.53	14.73	0.48	0.98	29.06(3.65)	12.91
Gazul	S	100.32	5.86	1.09	0.98	2.25 (0.16)	-----

<sup>1/</sup>Ecuación Log-logistic  $Y = L + \{(U-L) / [1 + (x/I_{50})^b]\}$ , donde Y es la actividad enzimática, expresada como porcentaje con respecto al control no tratado; x (variable independiente) es la concentración Imazamox ( $\mu$ M), U es el valor máximo de la asíntota, L es el valor mínimo, b es el punto de inversión de la curva, e  $I_{50}$  es la concentración de Imazamox requerida para reducir en 50% la actividad enzimática de la ALS. Los datos fueron ajustados a un modelo de regresión no lineal. <sup>2/</sup>SE= error estándar. <sup>3/</sup>coeficiente de determinación. <sup>4/</sup>FR = factor de resistencia =  $I_{50} R / I_{50} S$ .

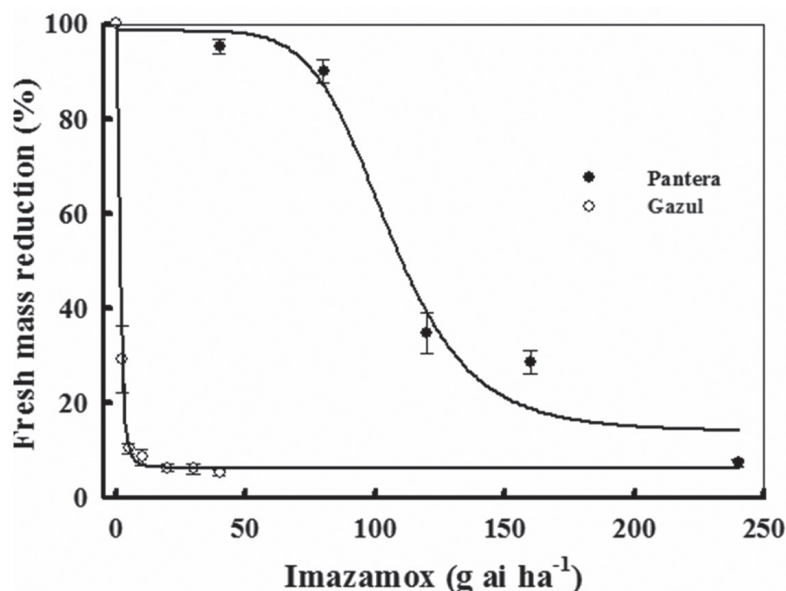


Figura 1. Dosis-respuesta (ED50) en dos cultivares de trigo tratados con Imazamox. Los valores corresponden al promedio  $\pm$  SE (n = 10).

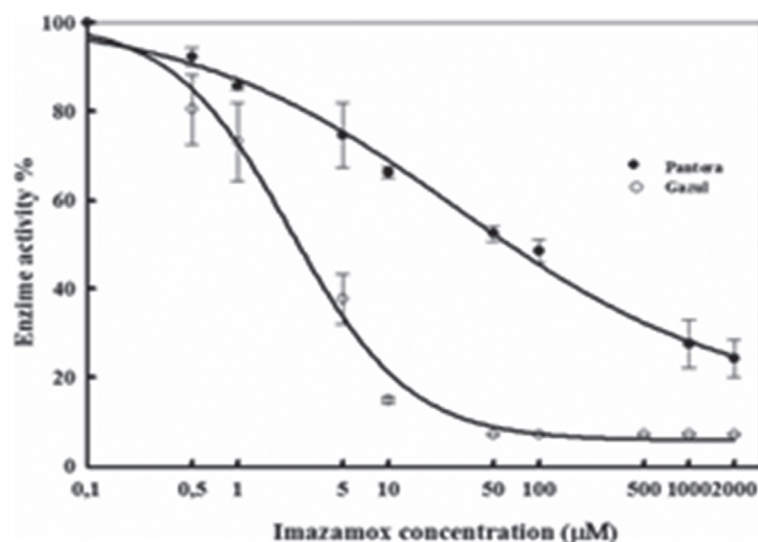


Figura 2. Actividad enzimática incubada a diferentes concentraciones de Imazamox. Ecuación en tabla 2.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el Ministerio de Ciencias e Innovación de España, a través del proyecto AGL2010-16774, el Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) y el Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF). Se agradece la colaboración técnica de Rafael A. Roldán-Gómez.

## LITERATURA CITADA

- Calha, I.; Osuna, M.; Serra, C.; Moreira, I.; De Prado, R.; Rocha F. 2007. Mechanism of resistance to bensulfuron-methyl in *Alisma plantago-aquatica* biotypes from Portuguese rice paddy fields. *Weed Research* 47(3):231-240
- De Prado, R.; Cruz-Hipólito, H.; Martínez-Cordón, M. 2006. Uso de herbicidas en olivicultura. *Agrícola vergel: Fruticultura, horticultura, floricultura* 297: 419-431.
- Newhouse, K.; Smith, W.; Starrett, M.; Schaefer, T.; Singh, B. 1992. Tolerance to Imidazolinone herbicides in wheat. *Plant Physiology*. 100:882-886
- Powles, S.; Yu, Q. 2010. Evolution in action: Plants resistant to herbicides. *Annual Review of Plant Biology*. 61:317-347.
- Ray, T. 1984. Site of Action of Chlorsulfuron. Inhibition of Valine and Isoleucine Biosynthesis in Plants. *Plant Physiology* 75: 827-831.
- Seefeldt, S.; Jensen, J.; Fuerst, E. 1995. Log-logistic analysis of dose-response relationships. *Weed Technology* 9:218-227
- Streibig, J.; Kudsk, P. 1993. *Herbicide Bioassays*. CRC Press. Boca Ratón, FL. 270 p.
- Tan, S.; Evans, R.; Dahmer, M.; Singh B.; Shaner, D. 2005. Imidazolinone-tolerant crops: history, current status and future. *Pest Management Science* 61:246-257.



## Caracterización de los atributos de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.) del municipio de Castillo

Marisol Ventura<sup>1</sup>, Alejandro María<sup>1</sup>, José González<sup>1</sup>, Orlando Rodríguez<sup>1</sup> y Juan Almonte<sup>1</sup>

Las plantaciones de cacao de la República Dominicana se caracterizan por que son fenotípicamente heterogéneas y genotípicamente heterocigóticas. En el municipio de Castillo, provincia Duarte, República Dominicana esta diversidad resulta de la mezcla de cacao tipo amelonado de Brasil, trinitario de Trinidad y Tobago, criollo de Venezuela y el Nacional del Ecuador. El cacao tipo trinitario y el criollo tienen la particularidad de producir cacaos con sabores y aromas especiales. La caracterización del cacao por atributos de calidad, permite agregarle valor por la diferenciación del producto. El objetivo de este estudio fue caracterizar los determinantes de calidad del cacao de Castillo. El tipo genético del cacao se determinó mediante observaciones fenotípicas en 300 fincas establecidas. Para determinar las características físicas, químicas y organolépticas, se eligió al azar 50 muestras de cacao en baba de las 300 fincas seleccionadas. La caracterización física incluyó porcentaje de total marrón, violeta, pizarroso, moho y afectados por insectos. Las características químicas incluyeron análisis de pH, ceniza, nitrógeno, proteína bruta y ácidos grasos libres. La evaluación organoléptica consistió en catar las siguientes características: astringencia, amargor, acidez, aromas, sabores especiales y preferencia. Se encontró que en el 46.6% de las fincas predominó el cacao tipo forastero y en el 21.7% el cacao trinitario. En el 31.7% de las fincas, ninguno de los tipos genéticos sobrepasó el criterio de predominancia, superior al 60%. En cuanto a las características sensoriales, el 2% resultó ser un cacao superior, 2% estándar y 96% bueno. Se concluye que en el municipio de Castillo existen cacaos con atributos de calidad deseables y se consideran recursos fitogenéticos valiosos para competir en mercados diferenciados.

**Palabras clave:** forastero, trinitario, calidad organoléptica, tipo genético

### INTRODUCCIÓN

Cros y Jean (1997) señalan que la calidad aromática de un chocolate está relacionada con el origen de las almendras, la fermentación, el secado y el tostado. También, concluyen que el perfil aromático del cacao depende de la composición bioquímica de las almendras, que esta directamente determinada por factores ambientales.

Reyes *et al.* (1999) informa que gran parte de las características organolépticas del cacao están determinadas por el proceso de fermentación de la semilla, las condiciones agroclimáticas de las fincas, las características genéticas de los materiales y el manejo del cultivo. De igual manera, expresan que la calidad del cacao se manifiesta a través de las características físicas (tamaño, peso, grosor de la cáscara, color) y las características organolépticas de las almendras.

Cross (1997) afirma que el genotipo y el beneficio poscosecha son los factores determinante en la calidad de las almendras y que el efecto de las condiciones edafoclimáticas, parece ser muy bajo. En ese mismo orden, Gutiérrez (2007) sostiene que la calidad final de un cacao fino depende de los siguientes factores: 50% del tipo genético, 20% manejo poscosecha (fermentación y secado), 25% transformación (tostado y conchado) y 5% se debe al suelo y el manejo.

Las plantaciones de cacao de la República Dominicana se caracterizan por que son fenotípicamente heterogéneas y genotípicamente heterocigóticas. Esta diversidad genética resulta de la mezcla de cacaos amelonado de Brasil, trinitario de Trinidad, criollo de Venezuela y nacional del Ecuador. El cacao tipo trinitario y criollo tiene la particularidad de producir cacaos con sabores y aromas especiales. Se han encontrado aromas de maderas, frutas secas, nuez y floral, entre otros. Sin embargo, no se conoce la proporción en que están presentes en las fincas. Esta limitante impide colocarlo en condiciones ventajosas en los mercados internacionales. La diferenciación del cacao por atributos de calidad permite la segmentación y agregación de valor en el mercado. En este sentido, con el objetivo de contribuir a posicionar el cacao dominicano en los mercados especiales e internacionales, es necesario determinar sus atributos de calidad en las diferentes zonas de producción de cacao de la República Dominicana.

El objetivo de este estudio fue caracterizar los determinantes de calidad (tipo genético, atributos físicos, químicos y organolépticos del cacao), como las características del suelo y georeferenciación de fincas cacaoteras del municipio de Castillo, provincia Duarte, República Dominicana.

<sup>1</sup> Investigadores en cacao. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Correo electrónico: mventura@idiaf.gov.do. Trabajo financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF)



## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el municipio de Castillo, provincia Duarte. El área de estudio está ubicada a 19°13'12" latitud N y 70° 01' 48" longitud O. Temperatura media anual de 26.2°C y pluviometría anual de 1,552.8 mm..

### Características fenotípicas del cacao

Para determinar el tipo genético de cacao presente en las plantaciones, se seleccionaron 300 fincas y se realizaron observaciones fenotípicas del cacao (forma de las mazorcas, color y forma de las semillas). Para determinar la predominancia de los tipos genético presente en cada finca, se realizó un ranqueo.

### Características físicas, químicas y organolépticas

Para determinar estas características, se eligió al azar 50 muestras de cacao en baba de las 300 fincas seleccionadas. Las muestras se micro fermentaron en bolsas de nylon. La caracterización física del cacao se realizó mediante prueba de corte con una muestra de 100 granos de cacao e incluyó porcentaje de total marrón, violeta, pizarroso, moho y afectados por insectos. La caracterización química del cacao incluyó el análisis de pH, ceniza, nitrógeno total, proteína bruta y ácidos grasos libres.

Para la evaluación organoléptica, se tomó una muestra de cacao fermentado y seco, se procedió a la torrefacción, descascarado, molienda y refinado para producir el licor de cacao, el cual se utilizó para ser evaluado por un panel de catadores. En la evaluación organoléptica se cató las siguientes características: astringencia, amargor, acidez, aromas, sabores especiales y preferencia.

### Características físicas y químicas del suelo

Para determinar las características del suelo, se tomaron 45 muestras de las 300 fincas evaluadas y se realizaron los análisis físicos y químicos. Los análisis físicos incluyeron la textura (arena, limo y arcilla). Los análisis químicos se realizaron para determinar pH, conductividad eléctrica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, materia orgánica, azufre, hierro, capacidad de intercambio catiónico, manganeso, cobre y zinc.

## Ubicación geográfica

Para la ubicación, se cuantificó la altitud en las 300 fincas en estudio y se determinaron las coordenadas geográficas utilizando un GPS.

### Análisis de datos

Las variables estudiadas se analizaron mediante análisis de componentes principales (ACP), pruebas de chi cuadrado y Duncan. Además, se realizó un análisis de clúster k-Means, con el fin de identificar grupos de casos relativamente homogéneos basándose en las características seleccionadas, utilizando la distancia euclidiana simple.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Tipo genético de cacao

De acuerdo a los resultados obtenidos, en las fincas de cacao estudiadas existe una mezcla de los tipos forastero y trinitario, predominando el forastero amazónico (Figura 1). Es importante destacar que en los tipo forastero se observó una mayor tendencia hacia el amelonado de Brasil y en menor proporción de calabacillo.

Los resultados muestran una heterogeneidad en las plantaciones de cacao, con diferentes formas en sus frutos y semillas. Además, se pudo apreciar que el color de los cotiledones está estrechamente influenciado por factores genéticos.

### Características físicas deseables e indeseables del cacao

Los resultados de las características físicas deseables, como el total marrón se encuentran dentro de los límites exigidos por los mercados. En las características indeseables se encontraron valores por debajo de los límites máximos permisibles. De acuerdo a Unctad (2014) (información de mercados sobre productos básicos), los límites permisibles de granos mohosos, pizarrosos y afectados por insectos, para un cacao grado uno no debe exceder el 3%; en cambio para cacao grado dos, se acepta un máximo de 4% de granos con moho, 8% pizarrosos y 6 % afectados por insectos (Tabla 1). Los resultados obtenidos permiten concluir que el cacao de Castillo cumple con los estándares internacionales de calidad.

Tabla 1. Características físicas deseables e indeseables

T Genético	Indeseables (%)				Deseable (%)
	Moho	Daños por insectos	Color pizarroso	Color violeta	Color marrón
Forastero	0.15	0.00	0.62	18.92	80.31
Mixta	0.38	0.00	0.00	28.88	70.75
Trinitario	0.14	0.03	0.03	23.34	76.45
Total general	0.18	0.02	0.18	23.08	76.54

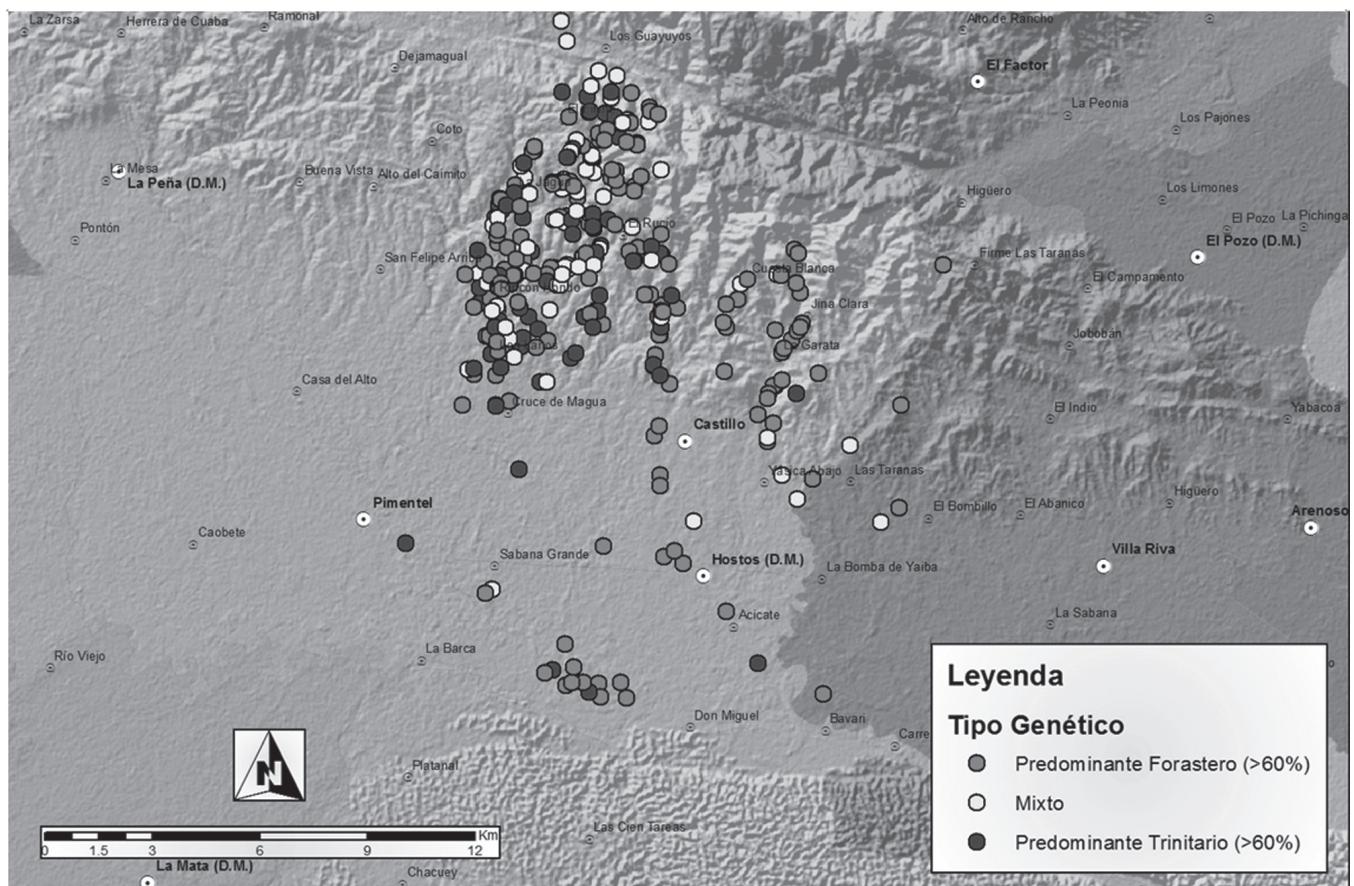


Figura 1. Ubicación y predominancia de los tipo genético en fincas de cacao.

### Características químicas del cacao

En lo referente a las características químicas se encontró que el contenido de ceniza y nitrógeno en los tipos de cacao evaluados tienen cierta similitud con los estándares requeridos para cacao de calidad. De acuerdo a Unctad (2014), el pH aceptable es entre 4.6 y 5.7, la ceniza 4.2% y el nitrógeno 2.5%. También, se encontraron valores aceptables para la calidad en el contenido de proteína bruta y ácidos grasos libres, Tabla 2. Según Aecosan (2012), la proteína bruta debe estar por encima de 10% y el contenido de ácidos grasos libres debe ser menor de 1.75%. La similitud de las características químicas de las semillas de cacao por tipo genético podría atribuirse a que en las plantaciones de cacao de Castillo no existen materiales puros, sino una mezcla heterogénea de poblaciones híbridas. Los resultados indican que la calidad del cacao de la zona estudiada, respecto a las características químicas, se ajusta a los estándares requeridos por los mercados de calidad.

### Características organolépticas

En las evaluaciones de las muestras en estudio se encontró que el perfil sensorial promedio de los licores de cacaos tipo trinitario se caracteriza por la presencia de alta intensidad aromática global. Presentan sabor frutal y agradable acidez persistente en la boca. En cambio, los perfiles sensoriales de los cacaos tipo forastero se caracterizan por sabor astringente y amargo y baja intensidad aromática en la boca. La correspondencia de los sabores agradables o desagradables refleja la influencia del tipo genético en la calidad sensorial de las semillas. El análisis de componentes principales (ACP) realizado por tipo genético se presenta en la Figura 2.

### Descripción de los grupos sensoriales

Se obtuvieron tres grupos clasificados como superior, estándar y bueno. De acuerdo al análisis de varianza existen diferencias entre los grupos. El 2% resultó superior, 2 % estándar y 96 % bueno.

Tabla 2. Características químicas del cacao

Variable	pH	Ceniza (%)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)	Ácidos grasos libres (%)
M Forastero	4.82	4.15	2.40	15.29	0.39
M Mixta	4.79	4.38	2.51	15.74	0.35
M Trinitario	4.84	4.41	2.57	16.13	0.36

El grupo superior pertenece a cacaos que presentan atributos requeridos por los nichos de mercados de cacaos especiales, como el sabor frutal y floral. Se caracterizan por tener buena intensidad y calidad aromática, así como muy baja astringencia. A este grupo pertenece el 2% de los cacaos evaluados.

El grupo estándar cuenta con el 2% de los cacaos probados. Pertenecen a cacaos que no manifiestan ningún atributo particularmente dominante la intensidad y calidad aromática es ligeramente débil. El amargor y astringencia son mayores que en los otros dos grupos. Los atributos frutados son muy bajos. Se consideran cacaos corrientes.

El grupo bueno cuenta con el 96 % de los cacaos probados. Corresponde a cacaos que tienen atributos requeridos para la exportación, como el sabor frutal. Aunque presentan una nota ligeramente amarga y astringente la calidad aromática es buena y tienen una acidez agradable.

Los resultados obtenidos indican que el cacao de Castillo, respecto a los atributos sensoriales es muy homogéneo. Tiene características distintivas de aromas y sabores, preferidos por los fabricantes de chocolate y se adapta muy bien para los mercados de calidad.

## Características físicas del suelo

De acuerdo a los resultados obtenidos, se encontraron cinco tipos de suelos (ligeramente arcilloso, franco arcilloso, arcillo limoso, limo arcilloso y franco). Prevalecen los suelos arcillosos, encontrándose menor presencia de suelos francos.

## Características químicas del suelo

Aunque en los resultados de las variables químicas del suelo se observa cierta variabilidad, en general existe buena disponibilidad de nutrientes en el suelo especialmente calcio, magnesio, materia orgánica y condiciones de pH (Tabla 3).

## Ubicación de las fincas

La Figura 3, muestra la ubicación de las fincas por rangos de altitud. Se encontró que a menos de 100 msnm se encuentran ubicadas el 16.33% de las fincas muestreadas. Entre 100 a 300 msnm se encuentran, la mayoría, el 71.66%. Entre 301 a 600 msnm se encuentran 10%. Así mismo, en altitudes más elevada, sobre los 600 msnm, se encuentra el 2% de las fincas muestreadas. De acuerdo a los resultados las fincas muestreadas se encuentran ubicadas en los rangos considerados óptimos para el cultivo de cacao. Según Enríquez (2004) el cacao crece y expresa todo su potencial en altitudes desde 0 hasta los 800 msnm.

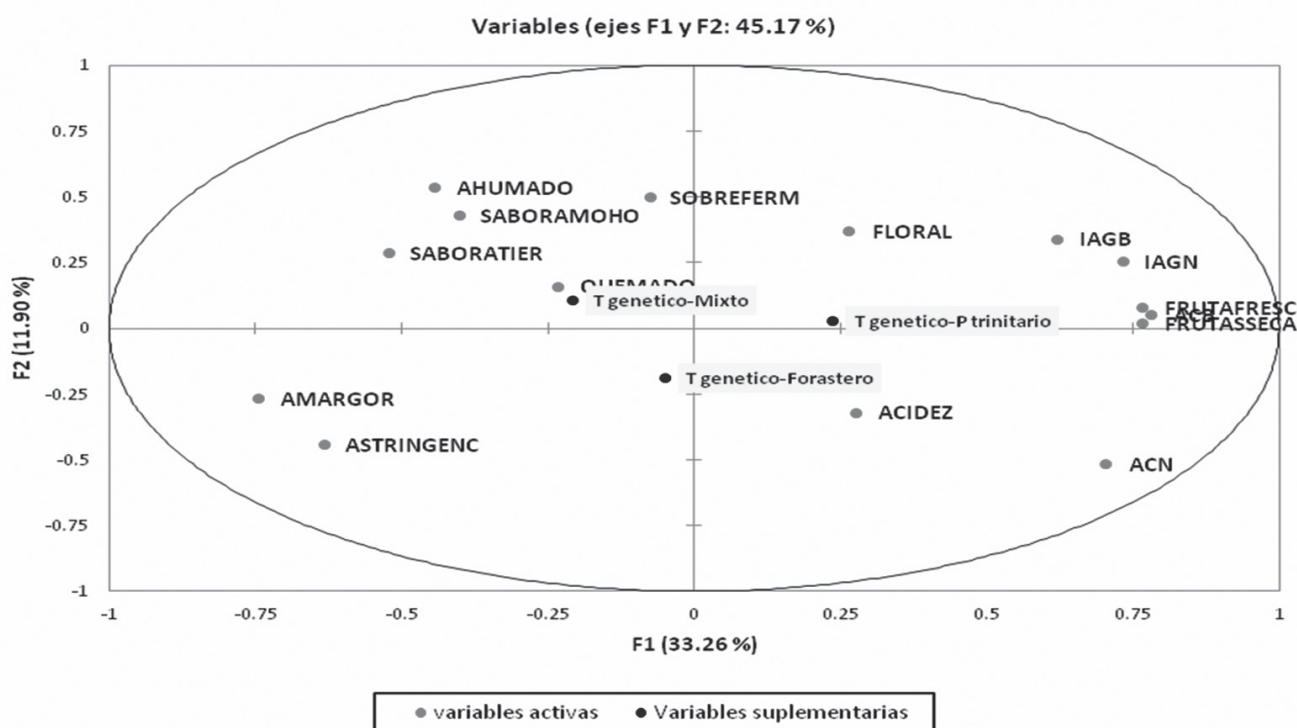


Figura 2. Análisis de componentes principales por tipo genético.



Tabla 3. Características químicas del suelo.

Variables químicas	Promedio	Mediana	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
pH Agua	6.32	6.20	0.64	5.10	7.90
C.E.	0.14	0.12	0.08	0.04	0.44
Ca	17.37	17.56	10.07	4.29	51.63
Mg	4.19	3.48	3.03	0.71	17.81
K	0.16	0.14	0.11	0.02	0.71
Na	0.24	0.26	0.30	0.00	1.94
CICE	21.96	20.98	12.60	5.85	72.09
Fe	85.80	77.40	54.05	15.19	320.92
Mn	22.89	15.13	25.98	1.11	121.82
Cu	4.33	4.16	2.05	0.10	9.61
Zn	1.91	1.08	3.44	.23	23.47
P	4.20	2.80	5.51	.20	24.90
MO	3.86	3.71	1.13	1.52	8.38

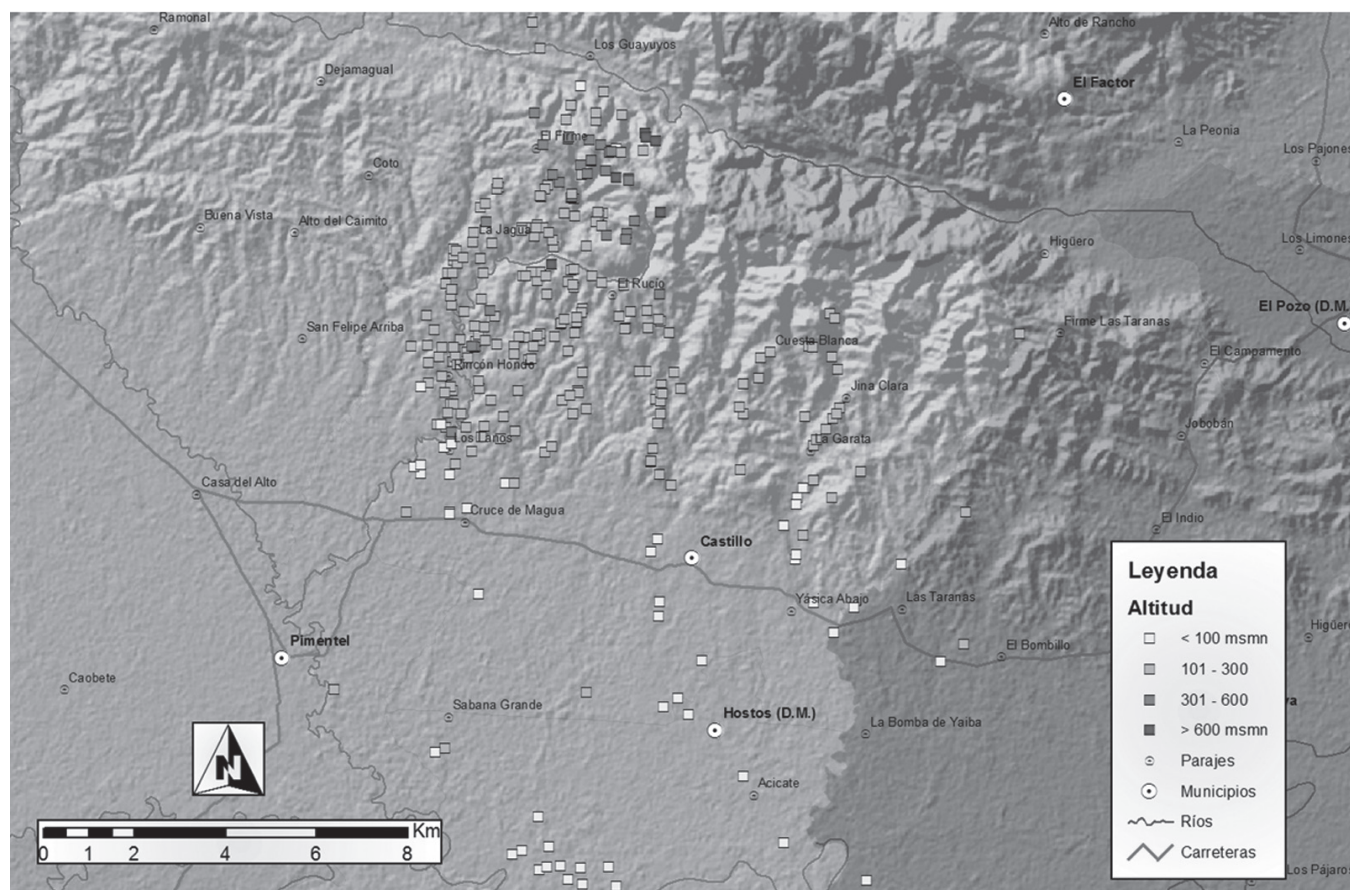


Figura 3. Ubicación de la finca por rango de altitud.

## CONCLUSIONES

Dentro de los factores estudiados, que fueron; el tipo genético, suelos y altitud; el tipo genético es el factor dominante sobre las características sensoriales de los cacaos.

En relación a la calidad organoléptica, existen tres grupos sensoriales que se diferencian en la apreciación de sabores agradables como fruta fresca y seca.

En las fincas de Castillo existen cacaos con atributos de calidad química y organoléptica deseables y se consideran materiales valiosos para competir en mercados diferenciados.

De los cacaos evaluados, el 98% presenta características deseables y demandadas por los mercados de calidad y son adecuados para la exportación. De acuerdo a los resultados obtenidos, los mejoradores de cacao tienen la oportunidad de seleccionar variantes de tipos genéticos de cacao dentro de las localidades estudiadas.

## RECOMENDACIONES

Con las informaciones obtenidas del cacao en Castillo, se puede contribuir a mejorar el posicionamiento del cacao de la zona estudiada en mercados de calidad diferenciada.

Identificar nichos de mercados. En tal sentido, el país deberá basarse en una estrategia de comercialización del cacao de Castillo en base a los altos estándares de calidad encontrados en éste estudio.

## LITERATURA CITADA

Aecosam (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición, ES). 2003. Reglamento técnico-sanitario de los productos de cacao y chocolate. (En Línea). Consultado el 19 de agosto del 2012. Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2003/08/05/pdfs/A30184-30187.pdf>.

Cross, E.; Jean, N. 1997. Cocoa quality: effect of fermentation and drying. *Plantations, Recherche, Développement*. 24:25-27.

Enrique, G. 2004. Cacao orgánico, Guía para Productores Ecuatorianos. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Quito, EC. 360 p.

Gutiérrez, M. 2007. Manual de prácticas de control de calidad de cacao en centros de acopio. APROCAP. San Juan de Bigote Morropon, PE. (En Línea). Consultado el 2 de febrero del 2014. Disponible en: [http://www.pdrs.org.pe/img\\_upload\\_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Prcticas\\_de\\_control\\_de\\_calidad\\_de\\_cacao.pdf](http://www.pdrs.org.pe/img_upload_pdrs/36c22b17acbae902af95f805cbae1ec5/Prcticas_de_control_de_calidad_de_cacao.pdf).

Reyes H.; Vivas, J.; Alfredo, R. 1999. La calidad en el cacao. Factores determinantes de la Calidad. FONAIAP (En línea). Consultado el 21 de abril del 2012. Disponible en: [www.ceniap.gov.ve/publica/divulga](http://www.ceniap.gov.ve/publica/divulga).

UNCTAD (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo). 2014. Información de mercado de cacao. (En Línea). Consultado el 2 de febrero 2014. Disponible en: <http://r0.unctad.org/infocomm/espagnol/indexes.htm>



## Comportamiento forrajero de tres *Pennisetum purpureum* Schumach

Birmania Wagner<sup>1</sup> y Rodys Colón<sup>1</sup>

La utilización de especies con alta producción de biomasa y posibilidades forrajeras es una actividad que puede contribuir a reducir costos de producción en la alimentación del ganado. El objetivo de este estudio fue determinar el rendimiento de materia seca en kg/ha, la relación hoja:tallo y altura de corte en tres *Pennisetum purpureum* Schumach (Merker enano, Merker morado y King grass). El estudio se realizó en la Estación Experimental Pedro Brand del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), en Santo Domingo. Para la siembra se utilizaron esquejes a razón de 20,000 ptas/ha (1.0 m entre hilera y 0.5 m entre plantas), se aplicó fertilización básica según análisis de suelos. Se utilizó un diseño de bloque completos al azar con tres tratamientos (*Pennisetum spp*) y cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron altura de corte, rendimiento de materia seca, proteína cruda y relación hoja-tallo. Los datos fueron procesados mediante ANAVA con nivel de significancia de 5% y la prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias de tratamientos. Los cortes se realizaron cada 45 días. Los resultados indican que no hubo diferencias estadísticas entre las gramíneas para rendimiento de materia seca ( $P>0.05$ ). King grass superó a las demás en altura con 1.4 m, Merker morado alcanzó los mayores niveles de proteína cruda en hojas y tallos (PCHT). Con respecto a la relación hoja:tallo (RHT) se detectaron diferencias significativas entre las gramíneas. Dada la importancia que tienen los forrajes en su relación hoja:tallo y de acuerdo a los resultados, Merker enano es una opción para ser incluidos en los sistemas de producción tanto para corte como en pastoreo controlado.

**Palabras clave:** Merker enano, Merker morado, King grass, frecuencia de corte, relación hoja:tallo.

### INTRODUCCIÓN

Las gramíneas tropicales constituyen la principal fuente de alimentos para más de 3 mil millones de bovinos, pequeños rumiantes y herbívoros, que son la fuente principal de proteína animal para un segmento importante de la población mundial (Ramírez *et al.* 2008).

Según Enríquez *et al.* (1999), la estacionalidad puede afectar el rendimiento de los forrajes y su calidad nutricional. Martín (1998) indica que uno de los factores que limita la producción animal en los trópicos de América Latina es la escasa disponibilidad y la pobre calidad de los forrajes, sobre todo en áreas de suelos con baja fertilidad natural y con sequías estacionales (León *et al.* 2000).

La producción continua de forraje es importante para satisfacer las necesidades de consumo de materia seca de los rumiantes. Los recursos genéticos forrajeros contribuyen al equilibrio ecológico y productivo de los ecosistemas naturales e inducidos, sin embargo, en la ganadería actual es común depender de contadas especies forrajeras, sin optar por explorar el potencial genético de otras opciones forrajeras como las nuevas variedades de forrajes de corte que satisfacen estos requerimientos (Meléndez 2000).

En la República Dominicana la historia de los pastos y los forrajes se inicia con la introducción de la hierba elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach) a los campos experimentales del Ingenio Río Haina en el año 1922, luego la Compañía Dominicana de Alimentos Lacteos (CODAL) introdujo la gramínea Super Merker a la zona de producción de leche de San Francisco de Macorís.

Soto (2003), informa que durante la década de los años 1970 y 1980, el género *Pennisetum* fue un pasto frecuentemente evaluado siendo posteriormente relegado a un segundo plano por la introducción de otras especies de gramíneas forrajeras. Según estudios, las especies del género *Pennisetum*, en su mayoría, presentaron rendimientos de 40 toneladas de materia seca y más de 120 toneladas de materia verde por ha/año.

De acuerdo a Clavero *et al.* (2000), los sistemas pecuarios sostenibles sobre la base de la utilización de pastos mejorados de alta producción pueden constituir una alternativa viable para los productores. Wagner *et al.* (1982) resalta que los pastos y los forrajes son fuentes básicas en la alimentación del ganado, estos representan un recurso natural importante cuando se utilizan racionalmente, sin alterar el balance ecológico de su entorno.

<sup>1</sup> Investigadoras Pastos y Forrajes, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, IDIAF. Santo Domingo, República Dominicana. birmanawagner@yahoo.com, agrostologia48@gmail.com, rcolon@idiaf.gov.do

La mayoría de los países utilizan gramíneas en sus sistemas de producción de recursos alimenticios para los animales de granja, por lo que se justifica la evaluación de nuevas especies y cultivos para identificar fuentes alimenticias con calidad.

Existen plantas forrajeras de alto valor genético para la producción en cantidad y calidad de materia seca, que puede ser usado en sistemas intensivos bajo corte, entre los cuales destaca el *Pennisetum purpureum*.

El pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), permite aumentar la oferta forrajera de los sistemas productivos de los productores. Además, permite contar con una fuente de materia orgánica para recuperar los suelos empobrecidos y controlar la erosión hídrica.

Esta gramínea, originaria del continente africano, se introdujo en Argentina a principios de siglo XX. Es una especie perenne, de crecimiento erecto, de 2 a 4 m de altura, con una caña maciza de 1,5 a 2 cm de diámetro, hojas lanceoladas, planas, tiernas y algo ásperas de 50 a 100 cm de largo y de 5 cm de ancho (Araya y Boschini 2005).

El objetivo de este estudio es evaluar el rendimiento de materia seca la relación hoja:tallo, el contenido de nutrientes y la altura de corte de los *Pennisetum* Merker enano, Merker morado y King grass

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se condujo en la Estación Experimental Pedro Brand del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) en Santo Domingo, durante los años 2006-2007. La estación experimental esta localizada a 90 msnm a 18°34' latitud norte y 70°05' longitud oeste. Durante la conducción del experimento se registraron precipitaciones media anual de 1,800 mm con una distribución bimodal (abril a octubre), con temperatura media anual 25°C, con una máxima de 32°C y una mínima de 22°C. El suelo es del orden ultisol con las siguientes características (Tabla 1).

Para la siembra, se utilizaron esquejes a razón de 20,000 pta/ha, sembrados a 1.0 m entre hilera y 0.5 m entre plantas. Se realizó fertilización básica, acuerdo a las recomendaciones del análisis de suelos. Se utilizó un diseño de bloque completos al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron: altura de corte, rendimiento de materia seca, proteína

cruda y relación hoja-tallo. Los datos fueron procesados mediante ANAVA, con nivel de significancia de 5% y se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de medias, en el caso de que los efectos de las variables fueron significativos para las gramíneas evaluadas. Los cortes se realizaron cada 45 días.

El rendimiento de biomasa se determinó muestreando un área de 3.0 metros lineales. La altura de planta se midió con una vara graduada en metros y se tomaron 3 puntos dentro de la parcela en áreas de menor a mayor desarrollo de la planta.

La relación hoja:tallo se determinó cortando el pasto a 5 cm sobre el suelo, luego se pesó la muestra. Posteriormente, se tomó una submuestra de 700 g de la cual se separaron las hojas de tallos y fueron pesados nuevamente. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C por 48 h, para determinar el peso seco y la materia seca. En cada evaluación se realizaron observaciones de incidencia de plagas y enfermedades

La proteína cruda fue determinada mediante el método Kjeldahl. Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico InfoStat, versión 2008 (Balzarini *et al.* 2008).

## Descripción de las gramíneas estudiadas

### Merker enano

Esta es una gramínea que se adapta a suelos moderadamente bien drenados, de fertilidad media a alta. No prospera bien en suelos de textura pesada y no sobrevivirá en terrenos que permanezcan saturados de agua por cierto tiempo. Es tolerante a la sequía y bajas temperaturas. Sollenberger *et al.* 1988.

Dervin y Clavero (1992) recomiendan Merker enano para pastoreo o corte. En condiciones de pastoreo rotativo, es persistente, si se pastorea cada 4 a 6 semanas con altura de foliación de 35 a 45 cm. Sin embargo, esta forrajera no persiste en condiciones de pastoreo continuo y defoliaciones intensas.

Mantiene valores nutritivos más altos que los observados en la mayoría de las gramíneas de origen tropical (Sollenberger *et al.* 1989). Se propaga vegetativamente usando el tallo maduro entero o cortado, como material de siembra.

Tabla 1. Características físicas y químicas del área experimental Pedro Brand .

Prof. cm	Arena %	Limo %	Arcilla %	Ph	M.O. %	P ppm	Ca meq/100g	K meq/100g	Sat.Al %
0-20	52	2	46	4.6	3.1	2.6	3.75	0.07	9.5

## Merker morado

El pasto elefante morado se desarrolló en Tifton, Georgia, de origen africano por selección de una progenie autopolinizada del pasto Merkeron, el cual es un híbrido alto seleccionado de un cruce de pasto elefante enano x pasto elefante alto. Esta gramínea es un híbrido apomítico F1 cruzamiento de LST1 x K-68.

Se caracteriza por su alto rendimiento y calidad. Este cultivar fue introducido a Venezuela en la década de 1980 y difundido en los países tropicales y subtropicales.

Posee un gen recesivo que le da una coloración purpura de donde obtiene su segundo nombre en la clasificación de la respectiva especie. La planta puede presentar colores que van desde un verde amarilloso, pasando por un verde intenso, o un verde oscuro, sólidos o con vetas moradas, o predominantemente púrpura (Rojas 2009).

El Merker morado es un pasto perenne macollado de crecimiento erecto alcanzando alturas promedio de dos metros. La altura de la planta varía durante el período de invierno de 1,67 metros a los 60 días después del corte. En plantaciones más viejas se han encontrado alturas superiores a los 4,5 metros.

## King grass

El King grass, pasto seleccionado como promisorio a través de trabajos realizados por la Red Internacional de Ensayos en Pastos (RIEP), por su establecimiento rápido, crecimiento y relativamente altos rendimientos de forraje verde y materia seca.

Es una gramínea originaria de África, ampliamente distribuida en las regiones tropicales y sub-tropicales de América, por su elevado rendimiento de materia seca y calidad nutricional aceptable (Araya y Boschini 2005, Meléndez *et al.* 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indican que no se detectó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el rendimiento de materia seca para los cultivares de *pennisetum* estudiados (Tabla 2).

Estos valores están dentro de los encontrados por Pavetti y Morel (2001) y Wagner (1982), en cortes cada 56 días donde reportan rendimientos entre 8,000 y 16,000 kg/ha de materia seca 6,720 y 8,128 kg/ha de materia seca, respectivamente.

La Tabla 3, presenta la relación hoja-tallo de los diferentes cultivares, Merker enano fue estadísticamente superior a los demás con una relación hoja:tallo de 1.6. En relación a cantidad de hoja:tallo el Merker morado y King grass, no mostraron diferencias estadísticas entre ambos.

Trabajos similares realizados por Mármol *et al.* (2006) y Dervin *et al.* (1992), muestran resultados similares. La relación hoja:tallo de Merker enano fue mayor que el King grass y el Merker morado; sin embargo, Araya y Boschini (2005), encontraron diferencias entre estas especies. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Hanna y Monson (1988) y Sollemberger *et al.* (1988), quienes concluyen que el cultivar Mott (Merker enano) presenta una alta relación hoja:tallo. Investigaciones realizadas por Madera *et al.* (2013) encontraron una relación hoja:tallo en Merker morado superior a los reportados en este estudio, en cortes a los 45 días.

En la Tabla 4, se observa que todas las gramíneas estudiadas difieren entre sí, respecto a la altura de cortes. Sin embargo, King grass supera a las demás con 1.4 metros.

Tabla 2. Rendimiento de materia seca en kg/ha por gramínea.

Especies	Rendimiento kg/ha Materia seca
Merker enano	7840.9 a
Merker morado	10394.3 a
King grass	10471.6 a

Letras iguales no difieren significativamente ( $p \leq 0.05$ )

Tabla 3. Relación hoja/tallos de las gramíneas de *Pennisetum* en estudio .

Especies	Hojas	Tallos	Rh/t
Merker enano	61.4	38.6	1.6a
Merker morado	46.2	53.8	0.86b
King grass	47.1	52.9	0.89b

Letras iguales no difieren significativamente ( $p < 0.05$ )

Tabla 4. Media de altura de planta por cultivar.

Especies	Media (m)
Merker enano	0.7 a
Merker morado	1.1 b
King grass	1.4 c

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ )

Tabla 5 .Contenido de proteína cruda y minerales para las fracciones de planta en cortes cada 45 días.

Elementos	Especies					
	Merker enano		Merker morado		king grass	
	H	T	H	T	H	T
Proteína	13.0	8.0	13.1	6.8	12.4	6.3
Minerales	24.02	14.69	21.0	14.11	20.0	12.4

En la Tabla 5, se observa el contenido de proteína de las hojas y tallos de las especies. En el caso de Merker enano, estos datos coinciden con los encontrados por Dervin et al. (1992), cuyo contenido a las 8 semanas fue de 13.6 y 12.0 % en hojas y tallos, respectivamente.

En trabajos realizados en Costa Rica por Araya y Boschini (2005) reportan valores similares a los encontrados en esta investigación. Estos datos concuerdan con Hanna y Mondson (1988) y Sollenberger et al. (1988).

Otras Investigaciones realizadas por Araya y Boschini (2005) reportan valores de 13.18 % en hojas y 6.67 % en tallos, valores similares a los reportados en la Tabla 5.

Investigaciones realizadas con el pasto 'CT-115' en Cuba, encontraron valores de PC de 14.25 % en las hojas y 7.06 % en los tallos (Ramírez et al. 2008). De acuerdo a Chacon y Vargas (2009) esto se puede atribuir a factores de manejo del material y aspectos ambientales.

Dada la importancia que tienen los forrajes en su relación hoja:tallo y de acuerdo a los resultados, Merker enano es una opción para ser incluido en los sistemas de producción. Este pasto ofrece la opción de ser pastoreado sin afectar su recuperación.

## LITERATURA CITADA

- Araya M.; Boschini, F. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 16(1): 37-43.
- Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J.; Robledo, C. 2008. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, AR.
- Chacón-Hernández, P.; Vargas-Rodríguez, C.; 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Nota Técnica. Agronomía Mesoamericana* 20(2):399-408.
- Chaparro, C.; Sollembarger, L. 1997. Nutritive value of clipped mott elephant grass herbage. *Agron.* 89:789-794.
- Clavero, T.; Caraballo, L.; González, R. 2000. Respuesta del pasto elefante enano *Pennisetum purpureum* cv. Mott al pastoreo. Producción de biomasa y características de crecimiento. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 17:71-77.
- Clavero, T.; Caraballo, L.; González, R. 2000. Respuesta del pasto elefante enano *Pennisetum purpureum* cv. Mott al pastoreo. Contenido mineral. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)* 17: 208-213
- Dervin, D.; Tyrone, G.; Clavero, C. 1992. Growth characteristics of Mott elephant grass (*Pennisetum purpureum* cv Mott). *Revista de Agronomía (LUZ)* 9:25-34.
- Enríquez, Q.; Meléndez, F.; Bolaños, E. 1999. Tecnología para la producción y manejo de forrajes tropicales en México. INIFAP. CIRGOC. Libro técnico No 7. Veracruz, MX.
- Hanna, W.; Monson, W. 1988. Registrations of tift N75 dwarf napier-grass germplasm. *Crop Sci.* 28: 270-871.
- León, J.; Ibarra, G.; Iglesias, O. 2000. *Pennisetum purpureum* cv. CRA- 265 en condiciones de secano, parámetros agronómicos y valor nutritivo. *Revista de Producción Animal.* 2000.
- Martín, P. 1998. Valor nutritivo de las gramíneas tropicales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* 32 (1): 1
- Madera, N. ; Ortiz, B.; Bacab, H.; Magaña, H. 2013. Influence of age cut Purple grass (*Pennisetum purpureum*) in production and *in vitro* digestibility dry matter. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17(2): 41-52

- Marquez, F.; Sanchez, J.; Urbano, D.; Davila, C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre tres genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*): 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Trop*25(4): 253-259.
- Mármol, F.; González, B.; Chirinos, Z. 2006. Producción forrajera de cuatro germoplasmas de *Pennisetum purpureum* en sistemas intensivos bajo corte. Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía, Maracaibo, VN.
- Meléndez, J.; Ibarra, G.; Iglesias, O. 2000. *Pennisetum purpureum* cv. CRA-265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo. *Producción Animal*.
- Pavetti, D.; Morel, F. 2001 Evaluación de jardín de introducción de gramíneas forrajeras. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Bajo Pino, AR.
- Ramírez, J.; Verdecia, D.; Leonard, I. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum*. Cuba CT 169 en un suelo pluvisol (Yield and chemical composition of the grass *Pennisetum* Cuba CT 169) REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria Volumen IX Número 5. Universidad de Granma, La Habana, CU.
- Rojas, S. 2009. análisis bromatológico pasto elefante morado ( *Pennisetum purpureum*)
- Sollemberger, L.; Prine, G.; Ocumpaugh, W.; Hanna, W.; Kalmbacher, R. 1988. "Mott" dwarf elephantgrass: a high quality forage for the subtropic and tropic. *Uni. Fla. Agri. Exp. Stn. Circ.* S-356.
- Soto, Y. 2003. Antecedentes de investigaciones en pastos y forrajes. Centro Nacional de Investigaciones Pecuarias (CENIP). Secretaría de Estado de Agricultura. Santo Domingo, DO.
- Wagner, B.; Hernández, M.; Tapia, M. 1982. Establecimiento y rendimiento de siete (7) cultivares de *Pennisetum spp.* Resumen de Investigaciones Pecuarias, CENIP, Santo Domingo.
- Wagner, B.; Vargas, M. 2005. Observaciones de comportamiento productivo en 11 gramíneas forrajeras, procedentes del Banco de germoplasma de Engombe. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo Oeste, DO.





## Revista Científica Agropecuaria y Forestal (APF)

### Instrucciones para los autores

La Revista Científica Agropecuaria y Forestal (APF) es editada por la Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales de la República Dominicana (SODIAF). Se publica dos veces al año, tanto impresa como digital. El contenido de la Revista aparece publicado, en texto completo y de libre acceso, en el sitio web de la SODIAF [www.sodiaf.org.do](http://www.sodiaf.org.do). Los manuscritos que se sometan a la Revista APF se deben escribir en español.

Los trabajos que se publican en la Revista APF pueden ser de instituciones o personas dominicanas o extranjeras. Los manuscritos son sometidos a una revisión por pares anónimos que fungen de árbitros para el Comité Editorial. Los árbitros son profesionales destacados en sus disciplinas en forma individual y proceden de instituciones nacionales o internacionales. Sólo el Editor Principal conoce cuáles árbitros evalúan cada manuscrito. Las decisiones del Comité Editorial de publicar o no un manuscrito son inapelables y de acuerdo a las recomendaciones de los revisores. La Revista APF publicará artículos originales que no hayan sido publicados, parcial o totalmente, en ninguna otra revista científica nacional o internacional. Se aceptan artículos que hayan sido presentados pero no publicados en congresos, seminarios y simposios, ofreciendo el crédito correspondiente. Los autores, tanto individuales como corporativos, cederán los derechos de publicación a la Revista y se responsabilizarán por el contenido de sus trabajos.

El objetivo de la Revista APF es contribuir con la comunicación de resultados, parciales o finales, de trabajos investigación y transferencia de tecnologías en la comunidad científica nacional e internacional. Los trabajos sometidos deben aportar nuevo conocimiento al desarrollo científico o tecnológico. Se aceptan trabajos de todas las disciplinas biofísicas y socioeconómicas en los sectores agrícola, pecuario, incluyendo pesca y acuicultura, y forestal. La Revista APF incluirá trabajos en cinco secciones: Artículos Científicos, Revisiones Bibliográficas, Notas Técnicas, Revisiones de Libros y Artículos de Opinión. Los manuscritos sometidos a las primeras tres secciones serán revisados por pares calificados. Todos los manuscritos deben someterse en formato digital con una comunicación de solicitud formal al: Editor Revista Científica APF, Sociedad Dominicana de Investigadores Agropecuarios y Forestales (SODIAF), correo electrónico: [editor.revista@sodiaf.org.do](mailto:editor.revista@sodiaf.org.do).

### Sobre el estilo de los manuscritos para la revista

El lenguaje de escritura de las publicaciones debe caracterizarse por su claridad, concisión y precisión. La extensión máxima de los trabajos debe ser de 15 páginas para los Artículos Científicos y Revisiones Bibliográficas y 10 páginas para las Notas Técnicas. El texto y las tablas de los manuscritos deben prepararse en Microsoft Word, tipografía Arial, tamaño 12, a 1.15 espacios entre líneas y en papel tamaño carta. A fin de asegurar la integridad de la información original, se deberá someter también un ejemplar en formato 'pdf'. Los márgenes superior e inferior deben ser de 2.5 cm, mientras el izquierdo y derecho deberán ser de 3 cm. Las páginas deberán numerarse en el centro de la parte inferior y utilizar la numeración continua de líneas en el margen izquierdo.

1. La escritura debe hacerse siguiendo las normas y reglas establecidas por la Real Academia de la Lengua Española en las ediciones más recientes de su 'Diccionario de la Lengua Española' y sus manuales de gramática y ortografía.
2. Para la expresión de valores de unidades, se utilizarán las normativas oficiales del Sistema Internacional de unidades de pesos y medidas (SI). Se preferirá la forma exponencial de expresión de estas unidades (25 kg ha<sup>-1</sup> de K). Utilice el punto decimal, en lugar de la coma decimal. Utilice el 0 antes del punto decimal (0.567). Limite el número de cifras significativas a lo estrictamente necesario para entender la magnitud de las diferencias. La escritura de números también debe hacerse siguiendo esas normativas. Los números del 0 al 9 se escriben textualmente (ocho tarros), con la excepción de cuando están en una serie (3, 5 y 14 semanas) o cuando se incluyen unidades de medida del SI (6 kg). No comience una oración con un número, escríbalo.
3. El sistema de referencias bibliográficas a utilizar será el del IICA-CATIE. En el texto, las citas se basan en el método Harvard (autor-año) y la lista de referencias (Literatura Citada) se organiza siguiendo un arreglo alfabético y cronológico por año de publicación. La alfabetización se hace por apellido e iniciales del nombre del autor.
4. Se usarán los términos 'Tabla', en vez de Cuadro, y 'Figura', en lugar de Gráfica o Ilustración. Las tablas y las figuras deben ser autosuficientes, o sea deben poder entenderse sin necesidad de recurrir al texto. Tablas y figuras deben numerarse secuencialmente

## Instrucciones Para los Autores

en el orden que aparecen en el texto, utilizando números arábigos, y colocarse lo más próximo posible al lugar donde se hace referencia a ellas. En ningún caso los títulos se consideran oraciones, pero debe asegurarse una sintaxis adecuada y su correcta legibilidad. Los títulos no se escriben en negritas ni se pone punto final. Las tablas y las figuras deben tener sus fuentes de referencias. Las notas al pie deben referirse con números arábigos.

5. Las tablas deben prepararse con sólo tres líneas horizontales (ver ejemplo más abajo). Los títulos de las tablas deben colocarse siempre arriba. Si hay notas al pie, el orden preferido de secuencia es: 1) En el título, 2) Cabezas de columnas, 3) Cabezas de filas, y 4) Cuerpo de la tabla. Para estas notas pueden utilizarse números o caracteres. No use más de tres decimales en cifras en el cuerpo de la tabla, si no es imprescindible.
6. El término 'figura' incluye gráficas, fotografías, dibujos, mapas o diagramas. Los títulos de las figuras deben colocarse siempre abajo. No use más de dos decimales en los ejes de las figuras. Las figuras se deben preparar en blanco y negro, y utilizando patrones para el relleno de formas. Las figuras que sean imágenes deben someterse como archivos en formato 'jpg' de alta resolución (no menos de 300 dpi), para evitar su pixelación en la impresión. Aquellas que se preparen en Excel también deben salvarse como archivos 'jpg'. Las figuras deben someterse en archivos aparte del texto. La Revista APF se imprime en blanco y negro, por lo que las figuras no deben someterse en colores, sino en tonos de gris o patrones para rellenar formas. Se debe identificar en el texto el lugar donde colocar las figuras.
7. La primera vez que se mencionan los nombres de plantas, artrópodos o agentes patógenos se debe referir su nombre común y su nombre científico,

este último en cursiva y en paréntesis, con su clasificador, siguiendo las normativas de las sociedades especializadas en cada caso. Las veces subsiguientes que se mencionen se pueden referir con sus nombres comunes o con el nombre científico, utilizando la inicial del género y la especie. Esto es aceptable, si no causa confusiones con otros géneros y especies mencionadas en el trabajo.

8. Para referirse por primera vez a nombres de productos químicos, plaguicidas, fertilizantes, hormonas, entre otros, incluya el nombre técnico o genérico, así como el fabricante. De ahí en adelante utilice los nombres técnicos.
9. En el caso de la mención de la taxonomía de suelos, refiera la serie y la familia de suelos en su primera mención.
10. Refiera las horas utilizando el sistema horario de 12 horas, con a.m. y p.m., y usando dos dígitos para horas y minutos (hh:mm).

## TIPOS DE MANUSCRITOS ACEPTADOS

### 1. Artículos Científicos

El artículo científico es el manuscrito más importante a publicar en la Revista Científica APF. Se caracteriza por sus contribuciones al conocimiento científico o tecnológico. Consiste en una profunda, actualizada y detallada revisión de literatura con aportes nuevos al conocimiento. Los epígrafes que constituyen un artículo científico son:

#### Título

Debe representar el contenido y los objetivos o resultados del artículo. No debe exceder de 15 palabras. No deben usarse abreviaciones ni fórmulas químicas. Se

Ejemplo de tabla:

Tabla 1. Emisión de  $\text{NH}_3$  desde el suelo en una pradera manejada con pastoreo

Tratamiento <sup>1</sup>	Emisión de $\text{NH}_3$	
	Annual kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	Diaria kg ha <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>
C	31.2 c <sup>2</sup>	0.085 c <sup>2</sup>
FI	39.9 a	0.109 a
FS	41.4 a	0.113 a
PFI	36.1 b	0.099 b
PFS	37.9 b	0.103 b

<sup>1</sup> C = Control sin pastoreo; FI = frecuente intenso; FS = frecuente suave; PFI = poco frecuente intenso; PFS = poco frecuente suave.

<sup>2</sup> Medias dentro de una columna seguidas por letras diferentes difieren significativamente entre sí (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

pueden usar nombres comunes, nombres de cultivos, plagas o enfermedades, siempre que sean reconocidos en el mundo hispano.

### Autores y Filiación

Indicar el primer nombre seguido del primer apellido de cada autor. Incluir dirección, institución y correo electrónico del autor de contacto, como nota al pie de la primera página. El primer autor se considerará el autor principal de la investigación. Se entiende que cada coautor aprobó la versión final del manuscrito y que es igualmente responsable del trabajo.

### Resumen

Es la sección más leída de un artículo, después del título. Los hallazgos importantes del estudio deben de estar reflejados en el resumen. No debe contener más de 250 palabras y la estructura recomendada es la siguiente: importancia del estudio, los objetivos, metodología de investigación, principales resultados o hallazgos (cuantificados y con su soporte estadístico) y conclusiones. Ya en esta sección las abreviaciones se definen cuando se mencionan por primera vez. No se deben poner referencias de tablas ni figuras, como tampoco referencias documentales.

### Palabras Claves

Incluir no más de cinco palabras claves que puedan ser utilizadas para la indización bibliográfica. Evitar poner palabras claves que ya están en el título.

### Introducción

Defina claramente el problema que se estudió y que justificó hacer el estudio. Presente una discusión teórica actualizada y detallada basada en los hallazgos más recientes de otros autores. Presente su estrategia metodológica y los objetivos del estudio. Mantenga la introducción corta y ofrezca información esencial y actualizada.

### Materiales y Métodos

Esta sección debe proveer información suficiente que permita a otros investigadores repetir el estudio, basándose únicamente en la lectura del artículo, obtener resultados parecidos y llegar a conclusiones similares. Se deben describir de manera clara los materiales y los métodos biológicos, analíticos y estadísticos utilizados para realizar la investigación. Debido a la fuerte interacción del ambiente, es recomendable repetir en el tiempo y/o el espacio los ensayos que se realizan a campo abierto. Esto garantiza mayor estabilidad y consistencia en los resultados. Establezca con claridad si su estudio es experimental o no experimental, y de qué tipo. Diga con claridad cuáles fueron los tratamientos, si los hubo;

cuáles fueron las unidades experimentales; cuáles las unidades de muestreo (o de análisis); plantee con claridad el tipo de muestreo que hizo para levantar los datos; y describa con claridad las variables respuesta que estudió y cómo se midieron.

### Resultados y Discusión

En esta sección se presenta y discuten los resultados obtenidos. Discuta sus resultados, o sea diga cuál es su interpretación de por qué se obtuvieron los resultados que presenta. Explique cómo se puede entender el comportamiento de las variables respuesta, en relación a los tratamientos que se evaluaron y a los objetivos del estudio. Esta sección debe estar sustentada por tablas, figuras, análisis estadísticos de este estudio. Relacione sus resultados con los de otros autores. Una buena discusión presenta los resultados relacionados a los objetivos del estudio y discute los resultados o hallazgos de otros autores con los del estudio, tanto para apoyarlo como manifestar contradicciones. Se debe mantener la claridad y la concisión del escrito. No se debe presentar la misma información en diferente formato (texto, tabla o figura). Al presentar resultados, y siempre que sea posible, acompañe las medidas de tendencia central con alguna medida de variación o dispersión. En los análisis estadísticos, presente la probabilidad a la que hubo significación en la comparación de la diferencia de medias ( $P = 0.0514$ ) en lugar de decir que la diferencia fue significativa (\* o  $P \leq 0.05$ ) o altamente significativa (\*\* o  $P \leq 0.01$ ). Dé la oportunidad al lector de decidir si declara o no significativa una diferencia o magnitud. Recuerde que la probabilidad representa el peso de la evidencia, aportada por el análisis estadístico, de las diferencias entre medias o magnitudes.

### Conclusiones

Deben estar relacionadas con los objetivos del estudio. Para cada objetivo planteado, deben redactarse conclusiones. Establezca cuáles son las implicaciones de los resultados, o si estos no tienen ninguna implicación. No convierta esta sección en una lista de los principales resultados. Las conclusiones deben dar respuestas a los objetivos e hipótesis planteadas. Se deben basar, exclusivamente, en los resultados del estudio en cuestión, no en experiencias previas de los investigadores o en especulaciones.

### Agradecimientos

Esta sección, que es opcional, puede aparecer antes de la Literatura Consultada. Se incluyen aquí personas, instituciones, organizaciones y laboratorios, entre otros, que han contribuido total o parcialmente a la realización del estudio.

### Literatura Citada

El propósito de este epígrafe es ofrecer al lector un listado de documentos relevantes, utilizados por los autores, de manera que se pueda acceder a la información utilizada. Liste alfabéticamente las referencias bibliográficas citadas en el artículo. Se recomienda utilizar citas con aportes relevantes, publicadas y actualizadas. Si una referencia bibliográfica no está disponible de una fuente impresa o electrónica reconocida, no debe incluirse. Las referencias bibliográficas se deben presentar siguiendo el formato que se sugiere en el documento *Redacción de Referencias Bibliográficas*:

*Normas Técnicas del IICA y CATIE*, 4<sup>ta</sup> Edición.

En este documento se pueden ver ejemplos de referencias de diversos tipos de documentos. Adicionalmente, cuando los documentos en línea dispongan de un número identificador DOI, inclúyalo en la referencia en lugar de la dirección URL. Asegúrese de que todos los documentos referidos en el texto se encuentran en esta sección. Así mismo, todos los documentos que se incluyen en este Epígrafe, deben estar referidos en el texto. No incluya en esta sección referencias a comunicaciones personales. Estas van como notas al pie de la página donde se refieren. En esta sección, trate de incluir, principalmente, artículos científicos. Limite a lo estrictamente necesario la inclusión de libros sobre tópicos clásicos, memorias de congresos, seminarios o tesis. No incluya revistas de divulgación. Se pueden incluir manuscritos que ya han sido aceptados para publicación por revistas científicas, especificando '*En imprenta*'. El Comité Editorial de la Revista APF puede pedir pruebas de esto último a los autores.

### 2. Notas Técnicas

Son publicaciones cortas sobre temas científicos o tecnológicos, tales como: reportes de plagas y enfermedades, nuevos cultivos, investigaciones en ejecución y descripciones de métodos, entre otros. Normalmente se preparan sobre investigaciones en curso y avances de investigación. Deben ser escritas siguiendo las mismas normas para Artículos Científicos.

### 3. Revisiones Bibliográficas

En esta sección se publicarán revisiones bibliográficas relevantes. Debe estar basada en bibliografía actualizada.

### 4. Revisiones de Libros

Revisiones cortas sobre libros recientemente publicados y cuyos planteamientos son importantes para el desarrollo del conocimiento científico.

### 5. Artículos de Opinión

Son artículos cuyo contenido aborda algún tema científico-tecnológico de interés para la comunidad de investigación agropecuaria y de recursos naturales, en el que el autor expresa su opinión técnica tratando de aportar luz al tema y ayudar a los lectores a formar su propia opinión.

Si le interesa recibir referencias o documentos digitales para apoyar la preparación de sus manuscritos siguiendo estas recomendaciones, como el uso del Sistema Internacional de unidades (SI), la redacción de referencias bibliográficas, la preparación de tablas y gráficas, la escritura de nombres científicos de agentes biológicos, entre otros, puede dirigirse al Editor de la Revista APF. Los artículos que se publican en la Revista sirven de ejemplos para muchas de estas normas.







# Instituciones Auspiciadoras



## **Ministerio de Agricultura**

Es la institución estatal responsable de formular y dirigir la política agropecuaria del país, de acuerdo con los planes generales de desarrollo. También es responsable de estudiar la situación agropecuaria del país y presentar a la consideración del Gobierno el plan global agropecuario a corto y largo plazo. Así mismo, coordina los programas a corto y largo plazo de las entidades vinculadas y relacionadas al sector.



## **Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (CONIAF)**

EL CONIAF es una institución descentralizada del gobierno Dominicano, que fortalece, estimula y orienta al Sistema Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales - SINIAF. Ofrece financiamiento a través del fondo de investigación, fomentando el desarrollo de la capacidad científica y tecnológica en instituciones públicas y privadas.



## **Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)**

El IDIAF es la institución estatal responsable de la ejecución de la política de investigación y validación agropecuaria y forestal de la República Dominicana.



## **Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal (CEDAF)**

El CEDAF es una organización privada sin fines de lucro que promueve el desarrollo sostenible del sector agropecuario y forestal, a través de la capacitación, información, innovación institucional y análisis de políticas y estrategias sectoriales, avalados por una imagen de excelencia institucional y alta credibilidad con el fin de estimular una agricultura competitiva que contribuya a reducir los niveles de pobreza y a proteger el medio ambiente.



Revista Científica Agropecuaria y Forestal (APF)  
Revista APF Volumen 3 (1) 2014