



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 28

PANAMÁ-2018



### **AVISO**

Se comunica que deben utilizar el formato de citas que se basa en la normativa internacional ASA (American Society of Agronomy). Adicional de otros cambios incluidos dentro de las normas para autores.

Ciencia Agropecuaria: revista científica/  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.  
no. 28 (2018). Panamá, PA. Semestral  
148 p.  
ISSN L 2414-3278  
1. Investigaciones Agrícolas  
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN  
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

# Ciencia Agropecuaria

---

REVISTA CIENTÍFICA N° 28

PANAMÁ-2018

Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

La versión electrónica de la revista Ciencia Agropecuaria, se puede consultar en:

<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

---

***Editor Principal***

Ismael Camargo Buitrago, Dr. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

***Editora Asociada***

Neysa Garrido Calderón, M.Sc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

***Consejo Editorial***

Román Gordón Mendoza, M.Sc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

José A. Yau, Dr. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Hilda Lezcano, Dra. Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – Universidad de Panamá

Axel Villalobos Córtes, Dr. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Juan C. Martínez González, Dr. Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) – México.

Pedro Guerra Martínez, M.Sc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson, Dr. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

***Diseño y Diagramación***

Gregoria del C. Hurtado Chacón  
Melkissedeth Gómez Delgado Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

***Revisión y Traducción de resúmenes***

Jaime Espinosa Tasón, M.Sc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

---

---

## CONTENIDO

### ARTÍCULOS

---

- |        |   |
|--------|---|
| 1-21   | <b>ESTABILIDAD DE TRES GRUPOS RACIALES BOVINOS DEL SISTEMA DOBLE PROPÓSITO EN 10 AMBIENTES DE PANAMÁ</b><br><i>Pedro Guerra-Martínez</i>  |
| 22-36  | <b>SECUENCIAS DEL GEN BOLA-DRB3.2 DE BOVINOS GUAYMÍ Y GUABALÁ DE PANAMÁ</b><br><i>Axel Villalobos-Cortés; Rita González</i>   |
| 37-55  | <b>PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE <i>Trialeurodes vaporariorum</i> (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN LOS CULTIVOS DE PAPA Y TOMATE</b><br><i>Gladys I. González-Dufau; Julio Santamaría-Guerra; Kathia Castrejon; Isabel Herrera; Arnulfo Monzón</i>                  |
| 56-74  | <b>ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DE DOS VARIEDADES DE ARROZ EN UN SUELO ENTISOL BAJO SECANO EN TONOSÍ-PANAMÁ</b><br><i>Luis Alberto Barahona-Amores; José Ezequiel Villarreal-Núñez; Rubén Darío Samaniego-Sánchez; Evelyn Itzel Quirós-McIntire</i>              |
| 75-92  | <b>COEFICIENTES GENÉTICOS DE DOS VARIEDADES DE ARROZ EN DISTINTAS FECHAS DE SIEMBRA</b><br><i>Luis Alberto Barahona-Amores; Román Gordón-Mendoza; Rubén Samaniego-Sánchez; Gustavo Castillo-Vega</i>  |
| 93-116 | <b>VARIEDADES DE MAÍZ CON ALTO CONTENIDO DE BETACAROTENOS</b><br><i>Román Gordón-Mendoza; Jorge Franco-Barrera; Jorge Núñez-Cano; Jorge Jaén-Villarreal; Ana Sáez-Cigarruista; Eric Quirós-Rodríguez; Emigdio Rodríguez-Quiel; Félix San Vicente-García</i> |
-

---

117-131

**VARIEDADES DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO,  
PANAMÁ - 2017**

*Román Gordón-Mendoza; Jorge Franco-Barrera;  
Jorge Núñez-Cano; Jorge Jaén-Villarreal; Ana Sáez-Cigarruista;  
Francisco Ramos-Manzané; Aurisbel Ávila-Guevara*

---

**NOTAS TÉCNICAS**

---

132-141

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS ORGÁNICAS  
EN LA PRODUCCIÓN DE AJÍ (*Capsicum annum* L.) DURANTE  
LA ÉPOCA SECA**

*José A Guerra-Murillo; Yisela Villarreal-Caballero;  
Rubén Samaniego-Sánchez; Luis Barahona-Amores;  
Arturo Batista-De Gracia; Gustavo Castillo-Vega*

---

142-148

**NORMAS PARA AUTORES**

---

## ESTABILIDAD DE TRES GRUPOS RACIALES BOVINOS DEL SISTEMA DOBLE PROPÓSITO EN 10 AMBIENTES DE PANAMÁ<sup>1</sup>

*Pedro Guerra-Martínez<sup>2</sup>*

### RESUMEN

Los estudios de mejoramiento genético de bovinos del sistema doble propósito, enfocados a la mayor producción de leche por lactancia y estables en una amplia gama de condiciones ambientales, enfrenta factores ambientales que enmascaran el potencial de los genotipos. La interacción genotipo-ambiente (GxA) puede hacer que esta predicción sea imprecisa. El objetivo de este estudio fue evaluar la estabilidad productiva de tres grupos raciales de bovinos doble propósito en 10 ambientes de Panamá. Los datos se obtuvieron del Proyecto IDIAP-CIID (1991) de 17 fincas (FINCA) en total. Los grupos raciales (GEN) fueron: CEBU, <50%E y >50%E. Los ambientes (ENV) se derivaron del estudio de dos modalidades del sistema doble propósito (Tradicional, T y Mejorado, M) en cinco ecosistemas de Panamá (Los Santos, Gualaca Alto, Gualaca Bajo, Bugaba Bajo y Bugaba Medio). Para obtener las medias ajustadas, los datos se analizaron por un modelo mixto de diseño completamente al azar (desigual número de réplicas) con arreglo de parcelas divididas. ENV fue la parcela principal y GEN la subparcela. GEN fue efecto fijo, FINCA(ENV), ENV y ENV\*GEN se consideraron efectos aleatorios. Posteriormente se aplicó el modelo de regresión en los sitios (Biplot GGE-SReg). La variable de estudio fue producción de leche ajustada a 280 días (PTL-280d). Los efectos ENV no fueron significativos ( $P>0,05$ ), pero los efectos GEN y ENV\*GEN fueron altamente significativos ( $P<0,01$ ). El GEN más sobresaliente en PTL-280d, pero no muy estable fue >50%E, seguido por ≤50%E y CEBU. La localidad más favorable fue BBSM (Bugaba Bajo Sistema Mejorado) y para estudios de discriminación de GEN fue BBST (Bugaba Bajo Sistema Tradicional). El método Biplot GGE-SReg permitió identificar el mejor GEN y ENV en sistemas bovino doble propósito.

**PALABRAS CLAVES:** Biplot GGE-SReg, producción láctea, potencial genético, ecosistemas.

---

<sup>1</sup>Recepción: 29 de enero de 2018. Aceptación: 28 de marzo de 2018. Contribución del Proyecto "Difusión y adopción de tecnologías generadas por IDIAP en fincas familiares ganaderas en Chiriquí, Veraguas y Los Santos. IDIAP.

<sup>2</sup>M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega". e-mail: pedroguerram16@gmail.com

## STABILITY OF THREE BOVINE BREED GROUPS FROM THE DUAL PURPOSE SYSTEM IN 10 ENVIRONMENTS OF PANAMA

### ABSTRACT

Studies of animal breeding of bovines of the dual purpose system focus on high milk yield per lactation and stable in a wide range of environmental conditions faces environmental factors that mask the potential of the genotypes. Genotype-environmental interaction (GxE) can make that this prediction not be precise. The objective of this study was to evaluate the stability of three dual purpose bovine racial groups in ten environments of Panama. Data came from IDIAP-IDRC Project (1991) of 17 farms (FINCA) in total. Racial groups (GEN) were: CEBU,  $\leq 50\%E$  y  $> 50\%E$ . Environments (ENV) were derived from two dual purpose system modalities (Traditional, T and Improved, M) in five ecosystems of Panama (Los Santos, Gualaca Alto, Gualaca Bajo, Bugaba Bajo y Bugaba Medio). To obtain adjusted means, data were analyzed by a mixed complete randomized design (unbalanced replications) with a split-plot arrangement. ENV was the main plot and GEN the subplot. GEN was a fixed effect, FINCA(ENV), ENV and ENV\*GEN were considered random effects. After that a regression on sites model was applied. (Biplot GGE-SReg). The dependent variable was milk yield adjusted to 280 days (PTL-280d). ENV effects were not significant ( $P > 0,05$ ), but GEN and ENV\*GEN effects were highly significant ( $P < 0,01$ ). The most outstanding GEN in PTL-280d, but not stable was  $> 50\%E$ , followed by  $\leq 50\%E$  and CEBU. The site more favorable was BBSM (Bugaba Bajo Improved System) and for discrimination studies of GEN was BBST (Bugaba Bajo Traditional System). Biplot GGE-SReg method allowed identifies the best GEN and ENV in dual purpose systems.

**KEYWORDS:** Biplot GGE-SReg, milk production, genetic potential, ecosystems.

### INTRODUCCIÓN

Debido al cambio climático y sus actuales y futuros efectos en la ganadería bovina hay que insistir en continuar con los estudios en mejoramiento genético para buscar un genotipo adaptable a estos constantes cambios tomando en cuenta las condiciones climáticas, disponibilidad de recursos nutricionales, agua, confort y al mercado interno y externo. De ser así, la

interacción genotipo-ambiente juega un rol importante en los programas e investigaciones en mejoramiento genético bovino. Dickerson (1977) define la interacción genotipo-ambiente como cualquier cambio en el comportamiento entre una serie de genotipos causada por un cambio en el ambiente de producción-mercado. Por otro lado, Weaver *et al.* (1983), indican que un genotipo debe producir bien, tanto en un



área de selección inicial, como también debe mantener un alto nivel de producción en muchos ambientes, dentro de su área entendida de adaptación.

El objetivo general en mejoramiento genético animal es cambiar el genotipo de una población o hatos tan rápidamente como sea posible, de tal forma que mejore su comportamiento productivo bajo las condiciones ambientales, las cuales prevalecen en el presente y en el futuro (Dickerson 1962). Guerra (1995) indicó que las existencias de variaciones ambientales no permiten al mejorador dar recomendaciones de los genotipos sobre la base de los datos obtenidos en un solo ambiente, y en muchos casos son moderadamente controlados. Agrega que es indispensable medir la estabilidad fenotípica de los genotipos bajo un rango de condiciones agro-ambientales. Esto permitiría seleccionar genotipos estables que interactúen menos con los ambientes a donde se les va a recomendar.

Esta temática ha despertado interés en muchos investigadores a presentar nuevas herramientas metodológicas para entender la naturaleza de las interacciones. La estratificación de ambientes fue

propuesta por Sprague y Federer (1951), luego Finlay y Wilkinson (1963) propusieron el uso de los coeficientes de regresión de los genotipos (variedades de cebada) sobre los ambientes. Adicional a esta propuesta, Eberhart y Russell (1966) añadieron a este concepto otros dos parámetros, como el promedio de la característica y la desviación de la regresión de los genotipos sobre los ambientes. A estas propuestas surgieron objeciones estadísticas relacionadas con la medida del medio ambiente (Perkins y Jinks 1966, Freeman y Perkins 1971, Amézquita y Franco 1990). Sin embargo, Fripp y Catlen (1971) señalaron que usar la regresión con índices dependientes versus independientes, ambos métodos dan similares respuestas. De allí que autores como Córdova (1981) ha propuesto una metodología para estudiar la estabilidad genética basada en Eberhart y Russell (1966).

Guerra (1995) aplicó la metodología de Eberhart y Russell (1966) para estudiar la estabilidad de tres grupos raciales bovinos del sistema doble propósito. En las últimas décadas se han desarrollado técnicas multivariadas para estudiar la interacción genotipo-ambiente. Se han utilizado análisis de componentes principales (ACP), análisis de coordenadas principales y análisis de

conglomerados (Crossa 1990, Zobel *et al.* 1988). El análisis convencional AMMI propuesto por Zobel *et al.* (1988) fue modificado por Yan *et al.* (2000) denominado GGE-Biplot (Genotipo e Interacción Genotipo por Ambiente).

El análisis GGE agrupa efectos de genotipo, el cual es el efecto aditivo en el análisis AMMI, con la interacción Genotipo x Ambiente (GE), el cual es un efecto multiplicativo, y somete estos efectos a un modelo multiplicativo por regresión local o sitio (SReg-Site Regression). Hay que resaltar que el desarrollo del modelo AMMI-Biplot (Efectos Principales Aditivos e Interacción Multiplicativa), que integra análisis de varianza y de componentes principales (Zobel *et al.* 1988, Vargas y Crossa 2000, Crossa *et al.* 1990), han mostrado su eficiencia para explicar una proporción de la suma de cuadrados de la interacción superior a la obtenida con el análisis de varianza y regresión conjunta (Zobel *et al.* 1988, Crossa 1990, Crossa y Cornelius 1997, 2000, Crossa *et al.* 1990, 1991). Ante tal situación investigadores del IDIAP han utilizado estas herramientas para realizar evaluaciones de estabilidad de variedades de granos en diferentes ambientes como es el caso del arroz (Camargo *et al.* 2013), del maíz (Gordón *et al.* 2004ab, Gordón *et al.* 2013) y de los

frijoles (Rodríguez-Quiel *et al.* 2013). Estas herramientas no se han utilizado en los proyectos de mejoramiento genético de bovinos en Panamá, por lo que en este trabajo se propuso evaluar la estabilidad de tres grupos raciales bovinos del sistema doble propósito en 10 ambientes de Panamá por los métodos Biplot GGE-SReg.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Fuente de datos

Los datos utilizados en este estudio provienen del Proyecto IDIAP-CIID sobre el estudio del mejoramiento del sistema doble propósito en Chiriquí y Los Santos (IDIAP-CIID 1991). La metodología es detallada en el Informe Final del Proyecto IDIAP-CIID (1991), De Gracia (1991), Guerra (1991), Guerra M y De Gracia (1992). Este estudio se realizó en 17 fincas doble propósito (dos en Gualaca Alto, cuatro en Gualaca Bajo, tres en Bugaba Medio, dos en Bugaba Bajo y seis en Los Santos).

### Características agroecológicas

El estudio se realizó en cinco ecosistemas descritos en el Cuadro 1 por De Gracia (1991), Guerra (1991), Guerra y De Gracia (1992) e IDIAP-CIID (1991). La diferenciación de estos cinco ecosistemas se basó en lo reportado por Quirós *et al.* (1988, 1989).

**CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DE LOS CINCO ECOSISTEMAS DEL PROYECTO IDIAP-CIID.**

Características	Ecosistemas				
	Gualaca		Bugaba		Los Santos
	Alto (GA) (2)	Bajo (GB) (4)	Medio (BM) (3)	Bajo (BB) (2)	(LS) (6)
Altitud, msnm	500-1000	0-250	300-700	0-270	0-20
Precipitación, mm	2800	5600	4280	2560	1100
Temperatura, °C	23	25	23	25	28
Meses de sequía	4	4	3	3	6
Topografía	Quebrada	Ondulada	Quebrada	Ondulada	Plana
Pasto predominante	<i>Cynidonsp.</i> <i>Axonopussp.</i>	<i>H. rufa</i> <i>Axonopussp.</i>	<i>Axonopussp.</i>	<i>P. maximum</i>	<i>H. rufa</i> <i>B. pertusa</i>
Suelo:					
-pH	5,4	5,4	5,4	5,3	5,3
-Mat. Orgánica, %	9,3	7,6	14,0	16,0	3,0
-Fósforo (ppm)	5,9	2,5	4,7	3,4	8,0

Fuente: Quirós *et al.* 1989, De Gracia 1991, Guerra 1991, Guerra y De Gracia 1992.

( ) = número de fincas

### Etapas del proyecto IDIAP-CIID

La metodología de investigación consistió en tres etapas: selección de áreas y fincas (Etapa I); actividades a nivel de fincas o estudio de dos niveles tecnológicos, que comprende el estudio del sistema tradicional o sub-etapa 1 (EST), considerando todos sus componentes tal cual los administraba el productor, y el estudio del sistema mejorado o sub-etapa 2 (ESM), teniendo en cuenta todos sus componentes con la introducción de mejoras tecnológicas (Etapa II); y transferencia y capacitación

(Etapa III). Las alternativas tecnológicas fueron descritas por De Gracia (1991).

### Definición de los ambientes

Tomando el estudio de Guerra (1991) se definió la presencia de dos ambientes (tradicional o EST y mejorado o ESM). Debido a que en los cinco ecosistemas se implementaron las alternativas tecnológicas, diez ambientes (ENV) fueron definidos así: en Los Santos (LST y LSM), en Gualaca Alto (GAT y GAM), en Gualaca Bajo (GBT y GBM), en Bugaba Bajo (BBT y BBM) y Bugaba Medio (BMT y BMM).

## Grupos raciales o genotipos

Los animales se dividieron en tres grupos raciales o genotipos (GEN) de acuerdo a su apariencia fenotípica e información del productor. Los grupos raciales fueron los siguientes: Cebuínos (animales Cebú y/o Brahman y sus cruces);  $\leq 50E$  (animales con igual o menor al 50% de sangre europea) y  $>50E$  (animales con mayor al 50% de sangre europea). Las razas europeas lecheras predominantes en los cruzamientos fueron: Holstein y Pardo Suizo (Guerra 1991).

## Variable de estudio

Se tomó la producción de leche vendible<sup>3</sup> por lactancia corregida a 280 días (PTL-280d) como la variable de estudio. Se ajustó a 280 días porque era el promedio de la duración de la lactancia de los animales doble propósito (Guerra 1991).

## Análisis de varianza mediante un modelo lineal mixto con los datos completos

Se contó con un total de 102 observaciones de PTL-280d, por finca, ambiente y grupo racial. Para ajustar las medias, estos datos se analizaron mediante un modelo lineal mixto con un

<sup>3</sup>Es la leche que se vende a las plantas procesadoras y no incluye la leche consumida por el ternero y en la casa.

diseño completamente al azar en un arreglo de parcela dividida con procedimiento de Littell *et al.* (2006), en donde el efecto del factor ENV es aleatorio, el efecto del factor GEN es fijo, el efecto de FINCA(ENV) es aleatorio, el efecto de la interacción ENV\*GEN es aleatoria y el Residual fue considerado como efecto aleatorio.

Este procedimiento está basado en determinaciones probabilísticas máximas o restringidas de modelos lineales estadísticos que contemplan términos fijos y aleatorios. También se consideró ajustar por los “grados de libertad efectivos” con la técnica de Satterthwaite (1946) al considerar que las muestras son independientes pero desigual varianza muestral. Los errores estándar (EE) fueron derivados del diseño experimental, fuentes de variación asumidas y sus componentes de varianza (Littell *et al.* 2006). El modelo mixto fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + ENV_i + FCA_j(ENV_i) + GEN_k + ENV_i*GEN_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = es la producción de leche por lactancia ajustada a 280 días (PTL-280d) en el k-ésimo grupo racial, en la j-ésima finca dentro del i-ésimo ambiente.

$\mu$  = media general

$ENV_i$  = es el efecto del i-ésimo ambiente.

Es un efecto aleatorio.  $i = 1, 2, \dots, e$ .

$FCA_j(ENV_i)$  = es el efecto de la j-ésima finca anidada en la i-ésimo ambiente. Es un efecto aleatorio y uno de los términos de error para la prueba F de  $ENV_i$ .  $j = 1, 2, \dots, p$ .

$GEN_k$  = es el efecto del k-ésimo grupo racial. Es un efecto fijo.  $k = 1, 2, \dots, g$ .

$ENV_i * GEN_k$  = es el efecto de la interacción del i-ésimo ambiente con el k-ésimo grupo racial. Es un efecto aleatorio y el otro componente del término del error para la prueba de F de  $ENV_i$  y el término de error para la prueba de F de  $GEN_k$ .

$\varepsilon_{ijk}$  = es el error aleatorio.

Las medias ajustadas por el modelo fueron comparadas entre sí por pruebas de t con la hipótesis nula de  $\mu_i = \mu_j$ . El número de réplicas se estimó de acuerdo a la siguiente fórmula para modelos con desbalanceado número de réplicas (Steel y Torrie 1980):

$$r_0 = \left( \sum r_i - \frac{\sum r_i^2}{\sum r_i} \right) 1/(gr - 1)$$

Donde:

$r_0$  = número de réplicas ajustado,

$r_i$  = número de réplicas en cada finca y ambiente.  $i = 1, 2, \dots, r$

$gr$  = número de grupos raciales.

En este procedimiento para modelos mixtos, se utilizó la opción de Máxima Verosimilitud Restringida (REML), lo que calcula correctamente los componentes de varianza de los efectos fijos y aleatorios con datos desbalanceados.

### Análisis de estabilidad

Para el análisis de estabilidad se utilizó el modelo Biplot GGE-SReg. Para este análisis se utilizó el procedimiento descrito por Salas *et al.* (2009), Yan *et al.* (2000), Yan *et al.* (2001), Yan y Hunt 2001, 2002. De acuerdo a Crossa y Cornelius (1997), Gordón y Franco (2013), estos modelos Lineal-Bilineal son instrumentos útiles para analizar los ensayos en múltiples ambientes y estudiar e interpretar la interacción del ambiente con los grupos raciales. Entre estos modelos se cuenta con el de Efectos Principales e Interacción Multiplicativa (AMMI-Biplot).

Inicialmente se utilizaba el modelo AMMI-Biplot que integra el Análisis de Varianza y el Análisis de Componentes Principales (PCA) para determinar la interacción de los grupos raciales en los distintos ambientes (Zobel *et al.* 1988, Yan *et al.* 2000, Gauch 2006, Glaz y Kang 2008).

## Modelo de regresión en los sitios (SReg)

El análisis de la interacción genotipo por ambiente se hizo mediante el modelo Biplot GGE-SReg y ha sido utilizado para explorar la respuesta de los grupos raciales a ambientes específicos. Es prácticamente similar al modelo AMMI, sólo que los efectos principales de los grupos raciales, que en el modelo AMMI se estiman como efectos aditivos, en el Biplot GGE-SReg se envían al residual para modelarlo de forma multivariada mediante el PCA (Análisis de Componentes Principales) junto con la interacción (Yan *et al.* 2000, Yan *et al.* 2001, Salas *et al.* 2009).

El modelo de Yan *et al.* (2000) es el siguiente:

$$\bar{Y}_{ij} = \mu + \delta_j + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

Donde:

$\bar{Y}_{ij}$  = es la media del *i*-ésimo grupo racial en el *j*-ésimo ambiente;

$\mu$  = es la media general;

$\tau_i$  = es el efecto del *i*-ésimo genotipo;

$\delta_j$  = es el efecto del *j*-ésimo ambiente;

$\lambda_k$  ( $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_t$ ) son valores sin singulares que permiten la imposición de restricciones a la ortogonalidad para los vectores simples de grupos raciales;

$\alpha_{ik} = (\alpha_{1k}, \dots, \alpha_{gk})$  y ambientes

$\gamma_{jk} = (\gamma_{1k}, \dots, \gamma_{ek})$  de tal forma que

$\sum_i \alpha_{ik}^2 = \sum_j \gamma_{jk}^2 = 1$  y  $\sum_i \alpha_{ik} \alpha_{ik'} = \sum_j \gamma_{jk} \gamma_{jk'} = 0$  para  $k \neq k'$ ;  $\alpha_{ik}$  y  $\alpha_{jk}$  para  $k = 1, 2, 3, \dots$  estos son llamados “primarios,” “secundarios,” “terciarios,” . . . etc. Para los efectos de grupos raciales y ambientes, respectivamente;

$\bar{\epsilon}_{ij}$  = es el error residual asumiendo que NID  $(0, \sigma^2/r)$ , donde  $\sigma^2$  es el error de las varianzas, y *r* es el número de repeticiones.

## Representación gráfica

Se utilizó el método gráfico Biplot GGE-SReg. De acuerdo a Yan *et al.* (2000), Yan y Hunt (2002), la gráfica Biplot GGE-SReg permite determinar el genotipo con mejor comportamiento en un ambiente específico; identificar el ambiente más apropiado para un genotipo específico; comparar cualquier par de genotipos en un ambiente; determinar el mejor genotipo para cada ambiente y diferenciación de mega-ambientes. Además, Yan y Hunt (2001) señalaron que el gráfico permite identificar al genotipo ideal como aquel con altas puntuaciones en el PCA1 (asociado a medias de rendimientos altos) y las puntuaciones en el PCA2 cercanas a cero. Esto último indica la estabilidad del genotipo a través de los ambientes contrastantes. Se agregan que también se aplica para determinar el ambiente ideal.

Además, en el Biplot GGE-SReg, los genotipos que se encuentran ubicados hacia el centro de la gráfica son menos responsivos a estímulos ambientales que aquellos localizados en las esquinas o vértices del polígono, los cuales se consideran más responsivos (positiva o negativamente) (Camargo *et al.* 2004). Los genotipos ubicados en las esquinas o sectores donde no hay localidades son considerados deficientes en cuanto al comportamiento en la mayoría de las localidades evaluadas (Yan *et al.* 2000).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de varianza a través del modelo mixto y para un modelo lineal generalizado o MLG (Littell *et al.* 2006, 1991) se detallan en el Cuadro 2. Ambos procedimientos dieron iguales resultados. Los parámetros estimados de covarianza fueron 54448,00 y 460,97 para FINCA(ENV) y el Residual del análisis, respectivamente. Esta covarianza del Residual es igual al Cuadrado Medio del Error con el procedimiento MLG y de FINCA(ENV) es tres veces menor que el Cuadrado Medio de esta fuente de variación con respecto al MLG. Con estos valores se calcularon los errores estándares presentados en el Cuadro 2.

También muestra los grados de libertad del numerador (Numgl) de las tres fuentes de variación, ENV, FINCA(ENV) y GEN y los respectivos grados de libertad del denominador, de sus fuentes de error (Den gl) para la prueba F, ajustado por Satterthwaite (1946).

El análisis de varianza no se detectaron diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en el efecto promedio del ambiente (ENV), usando el término de error los componentes aleatorios (FINCA(ENV) + FINCA\*ENV) debido a la alta variación entre fincas anidadas en ENV y al aporte de la interacción de ENV\*GEN. Por otro lado, el efecto promedio del grupo racial (GEN) y la interacción entre ENV\*GEN resultaron ser altamente significativos ( $P < 0,01$ ). El efecto promedio ENV representa el 27,87% de la variación total, el GEN el 3,53% y la interacción ENV\*GEN el 0,36%. La mayor contribución fue por FINCA(ENV) con 66,96% (Cuadro 2).

Los sistemas mejorados (SM) influyeron positivamente en el aumento de la PTL-280d en los cinco ecosistemas y los tres grupos raciales (Cuadro 3). Las mayores producciones de leche (PTL-280d) se registraron en Bugaba Bajo en el Sistema Mejorado (BBSM) con promedios de 1237,3; 1359,6 y 1194,4 kg

en animales  $\leq 50\%E$ ,  $>50\%E$  y CEBU, respectivamente, mientras que en el Sistema Tradicional las producciones fueron 969,5; 1138,0 y 997,5 kg ( $P < 0,01$ ), respectivamente. Por otra parte, las menores producciones en ambos sistemas tecnológicos se encontraron en Gualaca Alto (GAST y GASM). Las producciones fueron 754,5, 801,3 y 691,5 kg para el  $\leq 50\%E$ ,  $>50\%E$  y CEBU, respectivamente. Mientras que en GASM las PTL-280d fueron 803,9, 871,3 y 746,9 kg ( $P < 0,01$ ) para los mismos grupos raciales, respectivamente.

Las PTL-280d de animales  $\leq 50\%E$  reportadas en BBSM (1237,3 kg) fueron 64,0% superior a la reportada en el GAST con el mismo grupo racial (Cuadro 3). Además, comparando ambos ecosistemas se encontraron superioridades en  $>50\%E$  y CEBU de 69,7% y 72,7%, respectivamente. Similar tendencia fue reportada en Venezuela por López y Vaccaro (2002) cuando animales cruzados 50% Pardo Suizos y 50% Holstein en promedio produjeron 701,0 kg de leche en Guánico1, 850,5 kg en Guánico2 y 2551,5 kg en Falcón.

**CUADRO 2. ANÁLISIS DE VARIANZA CON LOS PROCEDIMIENTOS PARA MODELOS MIXTOS<sup>a</sup> Y MODELOS LIENALES GENERALIZADOS<sup>b</sup> PARA PRODUCCIÓN DE LECHE AJUSTADA A 280 DÍAS (PTL-280d).**

Estimados de Parámetros de Covarianza (Modelo Mixto)				
Parámetros	Estimados			
FINCA(ENV)	54448,00			
Residual	460,97			
Efectos <sup>a</sup> Num gl <sup>c</sup>	Den gl <sup>d</sup>	Valor-F		
Ambiente (ENV)	9	24		1,15 <sup>ns</sup>
G.Racial (GEN)	2	48		224,62 <sup>**</sup>
ENV*GEN	18	48		2,52 <sup>**</sup>
Fuente de variación <sup>b</sup> gl	S. Cuadrados	C. Medios	%Explicado	
Ambiente (ENV)	9	1689029,408	187669,934 <sup>ns</sup>	28,77
FINCA(ENV)	24	3931323,668	163805,153 <sup>**</sup>	66,96
G. Racial (GEN)	2	207085,491	103542,745 <sup>**</sup>	3,53
ENV*GEN	18	20925,795	1162,544 <sup>**</sup>	0,36
Residual	48	22126,733	460,974	0,38
Total	101	5870491,085		

CV = 2,4%  
 $R^2 = 99,6\%$   
<sup>\*\*</sup> $P < 0,01$   
<sup>ns</sup> = no significativo ( $P > 0,05$ )

<sup>a</sup> Procedimiento de modelo mixto

<sup>b</sup> Procedimiento de modelo lineal generalizado

<sup>c</sup> Grados de libertad del numerador.

<sup>d</sup> Grados de libertad del denominador.



Guánico1 es una zona más adversa para los sistemas doble propósito, Guánico2 es moderada y Falcón es mucho más favorable. Por otra parte, animales 62,5%

Pardo Suizos y 62,5% Holstein produjeron en promedio 769,5 kg en Guánico1, 806,5 kg en Guánico2 y 2695,5 kg en Falcón. En promedio, en Guánico1 se reportaron producciones de leche por lactancia de 736,3 kg, en Guánico2 de 828,5 kg y en Falcón de 2623,5 kg.

En los ambientes mejorados y ecosistemas más favorables como en Falcón (Venezuela), Vaccaro (2000) reportó producciones por lactancia de 2669, 2731 y 2717 kg de leche en grupos raciales 50%E, 62,5%E y 75%E, respectivamente.

Los errores estándares (EE) con el modelo mixto son mayores por el ajuste de acuerdo a Satterthwaite (1946) al asumir que las varianzas de las muestras (observaciones por grupo racial y ecosistema) no son homogéneas y por el ajuste de los grados de libertad (Cuadro 3). Estos errores estándares con el procedimiento del modelo mixto son casi 20 veces más grandes que los errores estándares con el procedimiento

del modelo lineal generalizado. Sin embargo, de acuerdo a Gil (2001), el procedimiento del modelo mixto proporciona errores estándares adecuados a cada nivel de análisis, realizando las comparaciones de media en forma correcta, por lo que se recomienda su utilización ampliamente en sustitución del procedimiento de modelos lineales generalizados para el análisis de parcelas divididas.

En un análisis de varianza cuando una interacción resulta significativa se le da más relevancia a esta fuente de variación que a los efectos simples, sin embargo, a manera de información se presentan las medias ajustadas de los efectos de los ambientes y grupos raciales.

El nivel tecnológico mejorado se relacionó con el aumento en la producción de leche (PTL-280d). Las mayores producciones de leche (PTL-280d) se encontraron en BBSM con 1263,75 kg, superando a BBST, BMSM, LSSM y GBSM en 22,1%, 22,3%, 33,2 y 34,0%, respectivamente, sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ( $P>0,05$ ) (Cuadro 4).

**CUADRO 3. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA PTL-280d (kg) POR AMBIENTE Y GRUPO RACIAL PARA AMBOS PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS<sup>1</sup>.**

Ambiente	Grupo Racial	PTL-280d, kg	±EE <sup>2</sup>	±EE <sup>3</sup>
BBSM	≤50E	1237,3 <sup>b</sup>	15,2	165,7
BBSM	>50E	1359,6 <sup>a</sup>	15,2	165,7
BBSM	CEBU	1194,4 <sup>c</sup>	15,2	165,7
BBST	≤50E	969,5 <sup>b</sup>	15,2	165,7
BBST	>50E	1138,0 <sup>a</sup>	15,2	165,7
BBST	CEBU	997,5 <sup>b</sup>	15,2	165,7
BMSM	≤50E	1020,9 <sup>b</sup>	12,4	135,3
BMSM	>50E	1104,9 <sup>a</sup>	12,4	135,3
BMSM	CEBU	972,7 <sup>c</sup>	12,4	135,3
BMST	≤50E	838,4 <sup>b</sup>	12,4	135,3
BMST	>50E	897,0 <sup>a</sup>	12,4	135,3
BMST	CEBU	788,4 <sup>c</sup>	12,4	135,3
GASM	≤50E	803,9 <sup>b</sup>	15,2	165,7
GASM	>50E	871,3 <sup>a</sup>	15,2	165,7
GASM	CEBU	746,9 <sup>c</sup>	15,2	165,7
GAST	≤50E	754,5 <sup>b</sup>	15,2	165,7
GAST	>50E	801,3 <sup>a</sup>	15,2	165,7
GAST	CEBU	691,5 <sup>c</sup>	15,2	165,7
GBSM	≤50E	947,3 <sup>b</sup>	10,7	117,2
GBSM	>50E	990,7 <sup>a</sup>	10,7	117,2
GBSM	CEBU	890,8 <sup>c</sup>	10,7	117,2
GBST	≤50E	798,2 <sup>b</sup>	10,7	117,2
GBST	>50E	846,7 <sup>a</sup>	10,7	117,2
GBST	CEBU	728,9 <sup>c</sup>	10,7	117,2
LSSM	≤50E	936,6 <sup>b</sup>	8,8	95,7
LSSM	>50E	1005,6 <sup>a</sup>	8,8	95,7
LSSM	CEBU	904,8 <sup>c</sup>	8,8	95,7
LSST	≤50E	767,8 <sup>b</sup>	8,8	95,7
LSST	>50E	841,7 <sup>a</sup>	8,8	95,7
LSST	CEBU	752,6 <sup>c</sup>	8,8	95,7

EE = error estándar de la media.

<sup>1</sup>Medias ajustadas con diferente letra dentro de ecosistemas y entre grupos raciales difieren entre sí al 1% de probabilidad.

<sup>2</sup>Procedimiento de modelo lineal generalizado.

<sup>3</sup>Procedimiento de modelo mixto con REML y ajuste por Satterthwaite (1946).

La menor PTL-280d se reportó en GBST con 791,27 kg y LSST con 794,03 kg y fueron 59,7% y 59,2% menores en producción que BBSM (Cuadro 4). Estas diferencias resultaron ser significativas ( $P < 0,05$ ).

López y Vaccaro (2002) reportaron que el ambiente, potencial genético de los animales, disponibilidad y manejo de los recursos influyen significativamente en el nivel de producción de leche. En tres zonas de Venezuela (Guánico 1, Guánico 2 y Falcón) en hatos con cruces Holstein-Cebú y Pardo Suizo-Cebú y con encastes de 50%E a 62,5%E, las producciones por lactancia promedios de todos los grupos raciales fueron 735,2; 828,8 y 2623,5 kg de leche para Guánico1, Guanico2 y Falcón, respectivamente.

El grupo racial (GEN) con mayor PTL-280d fue el >50%E con 985,68 kg, superando a  $\leq 50$ %E y CEBU en 8,4% y 13,7%, respectivamente (Cuadro 5). Además, el grupo racial <50%E fue 4,9% superior al CEBU. Destacándose que estas diferencias entre las tres medias resultaron estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ). Esta tendencia la corrobora Guerra (1991) al reportar la producción total de leche por lactancia no ajustada

(PTLNA) de los grupos raciales CEBU,  $\leq 50$ E y >50E de 701,1, 816,0 y 963,0 kg, respectivamente. López y Vaccaro (2002) reportan una producción promedio por lactancia de animales 50%E de 1367,5 kg y animales 62,5%E de 1423,5 kg. Otras experiencias de Venezuela, Vaccaro (2000) reportó producciones de leche por lactancia para un nivel tecnológico bajo de producción de 761,0, 852,3 y 821,9 kg para animales CEBU,  $\leq 50$ %E y >50%E, respectivamente.

Se utilizaron los promedios de PTL-280d por grupo racial y por ambiente; así como los valores DM1 (CPA1) y DM2 (CPA2) para la construcción de la Gráfica Biplot GGE-SReg (Figura 1).

Ninguno de los tres grupos raciales estuvo cerca del origen, por lo tanto, fueron los que más respondieron a los diferentes ambientes (Figura 1). Además, los tres estuvieron ubicados en los vértices del polígono triangular, por lo tanto, respondieron a los estímulos ambientales, ya sea positiva o negativamente, dependiendo del signo y la magnitud de la puntuación. El CPA 1 y CPA2, en conjunto, explican el 100% de la interacción grupo racial x ambiente.

**CUADRO 4. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA PTL-280d (kg) POR AMBIENTE<sup>1</sup>.**

Ambiente	PTL-280d, kg	±EE <sup>2</sup>	±EE <sup>3</sup>
BBSM	1263,75 <sup>a</sup>	8,76	165,23
BBST	1034,97 <sup>ab</sup>	8,76	165,23
BMSM	1032,83 <sup>ab</sup>	7,16	134,91
BMST	841,27 <sup>b</sup>	7,16	134,91
GASM	807,40 <sup>b</sup>	8,76	165,23
GAST	749,10 <sup>b</sup>	8,76	165,23
GBSM	942,95 <sup>ab</sup>	6,20	116,84
GBST	791,27 <sup>b</sup>	6,20	116,84
LSSM	949,01 <sup>ab</sup>	5,06	95,39
LSST	794,03 <sup>b</sup>	5,06	95,39

EE = error estándar de la media.

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad.

<sup>2</sup>Procedimiento de modelo lineal generalizado

<sup>3</sup>Procedimiento de modelo mixto con REML y ajuste por Satterthwaite (1946)

**CUADRO 5. MEDIAS AJUSTADAS POR MÍNIMOS CUADRADOS PARA PTL-280d POR GRUPO RACIAL<sup>1</sup>.**

Grupo Racial	PTL-280d, kg	±EE <sup>2</sup>	±EE <sup>3</sup>
≤50E	909,45 <sup>a</sup>	4,02	43,84
>50E	985,68 <sup>b</sup>	4,02	43,84
CEBU	866,85 <sup>c</sup>	4,02	43,84

EE = error estándar de la media

<sup>1</sup>Medias con la misma letra no difieren entre sí al 5% de probabilidad.

<sup>2</sup>Procedimiento de modelo lineal generalizado

<sup>3</sup>Procedimiento de modelo mixto con REML y ajuste por Satterthwaite (1946).

El CPA1 explica el 93,4% de la interacción, mientras que el CPA2 explica el 6,6%.

El grupo racial >50%E, de acuerdo al modelo, fue el más estable en su rendimiento debido a sus altas puntuaciones en el primer eje del componente principal (CPA1), que se relaciona con altas PTL-280d, pero en el

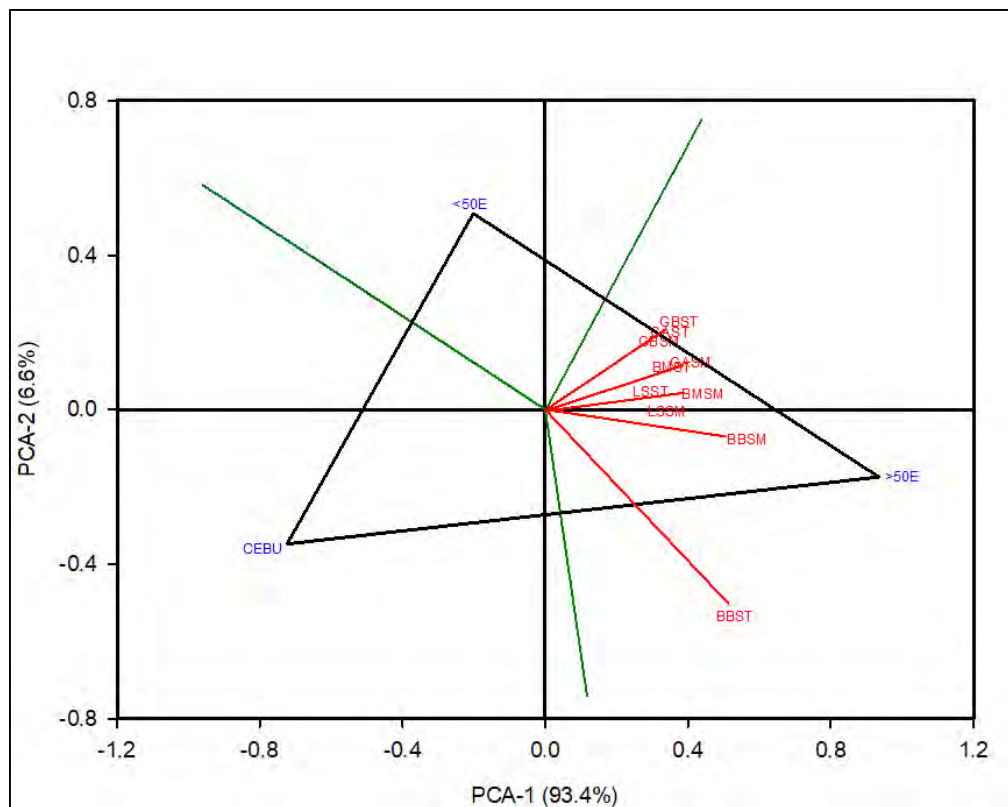
CPA2 sus puntuaciones no estuvieron cercanos a cero, por lo tanto, no mostró buena estabilidad (Yan y Hunt 2001, 2002).

El grupo racial CEBU fue el que presentó más pobre comportamiento en PTL-280d por su ubicación alejada de los sectores donde se encuentran los vectores de los ambientes. Como señala

Camargo *et al.* (2013), se pudiera observar una correlación negativa entre genotipos y ambientes (Figura 1).

El grupo racial  $\leq 50\%E$  fue identificado por el modelo como el grupo racial que peor respondió a los estímulos ambientales, ya presenta un comportamiento por debajo de la media en relación al CPA1, pero su puntuación tampoco es cerca a cero, por lo tanto, muestra alta inestabilidad (Figura 1).

Los ambientes fueron agrupados en dos sectores, como se observa en la Figura 1. El primero conformado únicamente por el ambiente de Bugaba Medio Sistema Tradicional (BBST) y el otro grupo por el resto de los ambientes. Además, se aprecia que el ambiente BBST tiene la mayor capacidad para discriminar a los grupos raciales del sistema doble propósito, la cual está indicada por la mayor longitud del vector en este ambiente (Camargo *et al.* 2013).



**Figura 1. Gráfico “Biplot” de los dos primeros componentes del modelo SREG de los datos de PTL-280d de tres grupos raciales y 10 ambientes.**

## CONCLUSIONES

- El análisis de varianza de un diseño completamente al azar con desigual número de réplicas con arreglo de parcela dividida permitió detectar diferencias estadísticas reales en la interacción genotipo por ambiente y entre los grupos raciales estudiados.
- El modelo Biplot GGE-SReg permitió estudiar detenidamente la interacción Genotipo por Ambiente y la contribución de los dos primeros CP.
- El grupo racial >50%E es el de mejor comportamiento en los 10 ambientes y el grupo racial CEBU mostro buena estabilidad.
- El ambiente BBST es el mejor indicado para estudios discriminantes de grupos raciales bovinos para sistemas doble propósito de Panamá.

## RECOMENDACIONES

- Retomar los estudios de adaptabilidad de genotipos bovinos a más ambientes de producción en Panamá, involucrando al sistema de producción bovino Vaca-Ternero.

## BIBLIOGRAFÍA

- Amézquita, MC; Franco, MA. 1990. Utilización de información de ensayos multilocacionales de evaluación de germoplasma. Organización de base de datos. *In*Puignau, JP (ed). Diálogo XXVIII. Introducción, Conservación y Evaluación de Germoplasma Forrajero en el Cono Sur. Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agropecuario del Cono Sur. PROCISUR. IICA. Montevideo, UY. p. 337-354.
- Camargo, I; Gordón, R; González, A; Franco, J. 2004. Interpretación de la interacción genotipo-ambiente y confiabilidad de la respuesta de cinco híbridos de maíz en 30 ambientes de Azuero, Panamá. 2001-2003. *Ciencia Agropecuaria* no. 16:1-16.
- Camargo-Buitrago, I; Bernal, J; Montero, G; Espinoza, J; Barrios, M; Fernández, N; Rojas, C; Ehrman, J; Franco, L; Guevara, E. 2013. Valor agronómico y contenido nutricional de arroces biofortificados con hierro y zinc. *Ciencia Agropecuaria* no. 21:47-70.

- Córdova, HS. 1981. Metodología de análisis de experimentos en serie. *In* Guía Técnica para la Investigación Agrícola. Capítulo V. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA). Sector Público. Guatemala, Guatemala, CA. p.1-19.
- Crossa, J. 1990. Statistical analysis of multi location trials. *Advances in Agronomy* 44:55-85.
- Crossa, J; Cornelius, PL. 1997. Sites regression and shifted multiplicative model clustering of cultivar trial sites under heterogeneity of error variances. *Crop Science* 37:405-415.
- Crossa, J; Cornelius, PL. 2000. Modelos lineales bilineales para el análisis de ensayos de genotipos en ambientes múltiples. *In* Simposium Interacción Genotipo x Ambiente. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C. 15-20 de octubre de 2000. Irapuato, MX. p. 61-68.
- Crossa, J; Fox, PN; Pfeiffer, WH; Rajaram, S; Gauch Jr, HG. 1991. AMMI adjustment for statistical analysis of an international wheat yield trial. *Theoretical and Applied Genetics* 81: 27-37.
- Crossa, J; Gauch Jr, HG; Zobel, RW. 1990. Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science* 30:493-500.
- De Gracia, M. 1991. Sistema de producción bovina de doble propósito en Panamá. *Turrialba* 41(1):108-120.
- Dickerson, GE. 1962. Implications of genetic-environmental interaction in animal breeding. *Animal Production* 4:47-63.
- Dickerson, GE. 1977. Genetic-environmental interaction. Background information. *In* Proceeding Joint Annual Meeting of NC-1, S-10 and WRCC-1 Beef Cattle Breeding Technical Committees. Technical Report. Texas A&M University, College Station, Texas. USA. 2 p.
- Eberhart, SA; Russell, HG. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Science* 6:36-40.

- Finlay, KW; Wilkinson, GN. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14:742-754.
- Freeman, GH; Perkins, JM. 1971. Environmental and genotype environmental components of variability. VIII. Relation between genotypes grown in different environments and measure of these environments. Heredity 27:15-23.
- Fripp, JJ; Catlen, GE. 1971. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. 1. Analysis and character. Heredity 27:393-407.
- Gauch, HG. 2006. Statistical analysis of yield trials by AMMI and GGE. Crop Science 46:1488-1500.
- Gil, JL. 2001. Comparación de procedimientos GLM y MIXED del SAS® para analizar diseños de parcelas divididas con bloques al azar. Zootecnia Tropical 19(1):43-58.
- Glaz, B; Kang, MS. 2008. Location contribution determined via GGE Biplot analysis of multienvironment sugarcane genotype-performance trials. Crop Science 48:941-950.
- Gollob, HE. 1968. A statistical model which combines features of factor analytic and analysis of variance techniques. Psychometrika 33:75-115.
- Gordón, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2004a. Determinación de la adaptabilidad y estabilidad de 18 híbridos de maíz de grano blanco, a través de ambientes contrastantes. Azuero, Panamá, 2002. Ciencia Agropecuaria no. 16:63-80.
- Gordón, R; Camargo, I; Franco, J; González, A. 2004b. Evaluación de la estabilidad de 15 híbridos de maíz en 10 ambientes de la región de Azuero, Panamá. 2003. Ciencia Agropecuaria no. 16:45-62.
- Gordón-Mendoza, R; Franco-Barrera, J. 2013. Manejo de la fertilización suplementaria y efecto de dos mejoradores de suelo en maíz. Ciencia Agropecuaria no. 21:1-24.
- Guerra M, P. 1995. Parámetros de estabilidad de grupos raciales en



- sistemas doble propósito en Chiriquí y Los Santos, Panamá. *Ciencia Agropecuaria* no. 8:15-32.
- Guerra M, P; De Gracia G, M. 1992. Comportamiento reproductivo de tres grupos raciales en sistemas doble propósito en Panamá. *Turrialba* 42(1):23-31.
- Guerra, P. 1991. Producción de leche de animales cruzados en sistemas de doble propósito en Panamá. *Turrialba* 41(1):96-107.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá) – CIID (Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo). 1991. Proyecto Estudio de sistemas de producción doble propósito (leche y carne) en pequeñas y medianas fincas de Panamá. Informe Final. IDIAP. Gualaca, Chiriquí. PA. 145 p.
- Littell, RC; Freud, RJ; Spector, PC. 1991. SAS system for linear models. 3<sup>rd</sup> Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.
- Littell, RC; Milliken, GA; Stroup, WW; Wolfinger, RD; Schabenberger, O. 2006. SAS® for mixed models. 2<sup>nd</sup> Edition. SAS Institute Inc, Cary, NC, USA. 834 p.
- López, J; Vaccaro, L. 2002. Comportamiento productivo de cruces Holstein Friesian-Cebú comparadas con Pardo Suizo-Cebú en sistemas doble propósito en tres zonas de Venezuela. *Zootecnia Tropical* 20(3):21-33.
- Perkins, JM; Jinks, JL. 1966. Environmental and genotype components of variability. III. Multiplelines and crosses. *Heredity* 23:339-356.
- Quirós, R; Amézquita, MC; Guerra, P; Quiel, J. 1988. Utilización de la información generada a través de la investigación en sistemas de producción animal. *In* Informe de la VIII Reunión General. IICA, RISPAL, CATIE, CIID, INIAA. Guatemala, GT. 17 al 21 de octubre de 1988. p. 347-360.
- Quirós, R; Amezquita, MC; Guerra, P; Quiel, J. 1989. Utilización de la información generada a través de la investigación en sistemas de producción animal. *In* Gastal, E; Puigan, JP; Tonina, T. (eds). *Transferencia de Tecnología*

- Agropecuaria. Enfoque de hoy y perspectiva para el futuro. Diálogo XXVII PROCISUR-IICA. Programa Cooperativo para el Desarrollo Agropecuario del Cono Sur. Colonia, UY. p. 103-113.
- Rodríguez-Quiel, E; Gordón-Mendoza, R; González-Guevara, F; Quiróz-Rodríguez, E; Hernández-Rojas, R; Palacios-Rodríguez, E; Melgar-Moreno, A. 2013. Líneas de frijol con alto contenido de hierro y zinc. *Ciencia Agropecuaria* no. 21:25-37.
- Salas, E; Juárez, H; Giraldo, D; Amorós, W; Simon; R; Bonierbale, M. 2009. Modelos de análisis de estabilidad y definición de ambientes basados en GIS. Centro Internacional de la Papa (CIP). Red LATINPAPA. Lima, PE. 63 p.
- Satterthwaite, FE. 1946. An approximate distribution of estimates of variance components. *Biometrics Bulletin* 2:110-114.
- Sprague, GF; Federer, WT. 1951. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agronomy Journal* 4:503-507.
- Steel, RGD; Torrie, JH. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2<sup>nd</sup> Edition. McGraw-Hill, Inc. New York. USA. 633 p.
- Vaccaro, L. 2000. Cruzamiento para la producción de leche en América tropical: Evidencia de Venezuela. *In* III Simpósio Internacional de Melhoramento Animal. SBMA. Belo Horizonte, BR. p. 38-46.
- Vargas H, M; Crossa, J. 2000. El análisis AMMI y la gráfica del Biplot en SAS. CIMMYT, INT. México, DF. MX.42 p.
- Weaver, DB; Thurlow, DL; Patterson, RM. 1983. Stability parameters of soybean cultivars in maturity groups VI, VII and VIII. *Crop Science* 23:569-571.
- Yan, W; Hunt, LA; Sheng, Q; Szlavnic, Z. 2000. Cultivar evaluation and mega environment investigation base on the GGE-Biplot. *Crop Science* 40:597-605.
- Yan, W; Hunt, LA. 2001. Interpretation of genotype x environment interaction for winter wheat yield in Ontario. *Crop Science* 41: 19-25.

Yan, W; Cornelius, PL; Crossa, J; Hunt, LA. 2001. Two types of GGE-Biplots for analyzing multi-environment trial data. *Crop Science*. 41:656-663.

Yan, W; Hunt, LA. 2002. Biplot analysis of diallel data. *Crop Science* 2:21-30.

Zobel, RW; Wright, MJ; Gauch Jr, HG. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agronomy Journal* 80:388-393.

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento al Dr. Ismael Camargo Buitrago por facilitar la fuente metodológica para el análisis de los datos y revisión del manuscrito. También agradezco al Ing. Román Gordón Mendoza por su valiosa ayuda en el análisis de los datos. Finalmente, agradezco a los que fueron colaboradores del Proyecto IDIAP-CIID (1979-1991) por la recolección y facilitación de la información durante la ejecución de este significativo proyecto pecuario.

## SECUENCIAS DEL GEN BOLA-DRB3.2 DE BOVINOS GUAYMÍ Y GUABALÁ DE PANAMÁ<sup>1</sup>

*Axel Villalobos-Cortés<sup>2</sup>; Rita González<sup>3</sup>*

### RESUMEN

El complejo mayor de histocompatibilidad (CMH) ha sido asociado con caracteres de importancia económica tales como producción de leche, proteína y grasa en leche y con resistencia o susceptibilidad a enfermedades tales como brucelosis, infestación por garrapatas, hemoparásitos y mastitis. El segundo exón del gen BoLA-DRB3 del CMH, es altamente polimórfico y se han reportado 136 alelos que codifican elementos funcionales de restricción, proceso mediante el cual un linfocito puede reconocer un antígeno como propio o extraño. El objetivo de este trabajo fue validar un protocolo de amplificación y secuenciación del segundo exón del gen BoLA-DRB3 en poblaciones bovinas Guaymí y Guabalá para realizar estudios de caracterización en Panamá. Las secuencias obtenidas presentaron identidad con el segundo exón del gen BoLA-DRB3.2 que oscilaron entre 87% y 98%, en cuanto al número de pares de bases (bp), estas oscilaron entre 148 a 239 y valores máximos (MAX SCORE) de entre 165 a 339. Los alelos con mayor frecuencia en la raza Guabalá fueron, \*R-73 (21%) y el \*1801(14%) y en la raza Guaymí fue el \*0101 (38%). En cuanto a los alelos compartidos, se observó que ambas razas comparten los alelos, \*0101 y \*R-73. Desde el punto de vista de la conservación y uso de la biodiversidad, las razas Guaymí y Guabalá representan una potencial reserva de genes que deben ser estudiados y fomentar su uso dentro de programas donde se requiera mínimo uso de insumos o, dentro de esquemas de cruzamientos donde se requieran animales de alta rusticidad de tipo *Bos taurus* x *Bos taurus*.

**PALABRAS CLAVES:** Bovino criollo, biodiversidad, conservación, caracterización, gen BoLA.

---

<sup>1</sup> Recepción: 16 de mayo de 2018. Aceptación: 13 de junio de 2018.

<sup>2</sup> Ph.D. en Conservación y mejora animal. IDIAP. Laboratorio Análisis y Biología Molecular Aplicada, Clayton Cd del Saber Edificio 221. e-mail: villalobos.axel@gmail.com

<sup>3</sup> Licda. en Biotecnología. IDIAP. Laboratorio Análisis y Biología Molecular Aplicada, Clayton, Cd. del Saber Edificio 221. e-mail: ritacarolinagonzalez@gmail.com

## SEQUENCES OF GENE BOLA-DRB3.2 FROM THE GUAYMI AND GUABALA CREOLE CATTLE OF PANAMA

### ABSTRACT

The major histocompatibility complex (MHC) has been associated with economically important traits such as milk production, protein and fat in milk and with resistance or susceptibility to diseases such as brucellosis, tick infestation, hemoparasites and mastitis. The second exon of the BOLA-DRB3 gene of CMH is highly polymorphic and 136 alleles that encode functional restriction elements have been reported, through which a lymphocyte can recognize an antigen as its own or foreign. The objective of this work was to validate a protocol for the amplification and sequencing of the second exon of the BoLA-DRB3 gene in Guaymi and Guabala bovine populations to carry out characterization studies in Panama. The obtained sequences showed identity with the second exon of the BoLA-DRB3.2 gene that oscillated between 87% and 98%, in terms of the number of base pairs (bp), these ranged between 148 and 239 and maximum score (MAX SCORE) between 165 to 339. The most frequent alleles in the Guabala breed were, \*R-73 (21%) and \*1801 (14%) and in the Guaymi breed it was \*0101 (38%). Regarding shared alleles, it was observed that both breeds share the alleles, \*0101 and \*R-73. From the point of view of the conservation and use of biodiversity, the Guaymi and Guabala breeds represent a potential reserve of genes that must be studied and promote their use within programs that require minimum use of inputs or, within crossbreeding schemes where highly rustic animals of the *Bos taurus* x *Bos taurus* type are required.

**KEY WORDS:** Creole cattle, biodiversity, conservation, characterization, gen BoLA.

### INTRODUCCIÓN

El complejo mayor de histocompatibilidad (CMH) ha sido asociado con caracteres de importancia económica tales como la producción de leche (Machado *et al.* 2005), proteína y grasa en leche (Do Nascimento *et al.* 2006) y con enfermedades tales como brucellosis (Martínez *et al.* 2005), infestación por garrapatas (Martínez *et al.* 2006), hemoparásitos (Hernández *et al.* 2011), mastitis (Zambrano *et al.* 2009) y

leucosis enzoótica bovina (Juliarena *et al.* 2008, Panei *et al.* 2009).

Se han reportado trabajos sobre caracterización del gen BOLA-DRB3.2 en razas criollas colombianas como el Blanco Orejinegro, Romosinuano y Costeño con Cuernos, cuyos resultados indican que el ganado criollo colombiano posee genes de resistencia a enfermedades (Martínez *et al.* 2005, Castro *et al.* 2006, Darwin 2010).

También se ha detectado en ganado criollo mexicano (Portillo 2006), en ganado cebú (De y Singh 2006) y en razas sintéticas como la raza Senepol (Mariasegaram 2007). Algunos polimorfismos en el gen BOLA-DRB3.2 se han relacionado con el desarrollo de resistencia o susceptibilidad al Virus de la Leucosis Bovina (VLB). Estudios realizados por Lewin *et al.* (1988) y Xu *et al.* (1993) revelaron que la presencia de los aminoácidos Glu-Arg (en la posición 70-71) y Glu, Arg y Val (en las posiciones 74, 77 y 78) de la cadena BOLA-DR $\beta$  estaban asociados con ausencia de linfocitosis persistente y desarrollo de tumores, respectivamente (Aida 2001).

El gen BOLA-DRB3.2 es altamente polimórfico, Takeshima y Aida (2006) han reportado 136 alelos que codifican elementos funcionales de restricción, proceso mediante el cual un linfocito puede reconocer un antígeno como propio o extraño (Davies *et al.* 1997, Maccari *et al.* 2017).

En Panamá se han desarrollado trabajos de caracterización genética de las razas criollas Guaymí y Guabalá (Villalobos-Cortés *et al.* 2010) por lo que la posibilidad de encontrar alelos del gen BOLA-DRB3.2 y su utilización en programas de conservación y

mejoramiento genético son de importancia estratégica. Por otro lado, existen otras razas localmente adaptadas de interés en la producción animal, que también podrían presentar alelos asociados a resistencia y susceptibilidad de enfermedades, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue validar un protocolo de amplificación y secuenciación del segundo exón del gen BoLA-DRB3 en poblaciones bovinas Guaymí y Guabalá para realizar estudios de caracterización en Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo aleatorio de pelo de 22 bovinos criollos panameños. 11 animales de las poblaciones Guaymí (GY); 11 animales de la población Guabalá (GUA). Las muestras de los animales GY se obtuvieron del núcleo de conservación del IDIAP ubicado en la Finca Calabacito, provincia de Veraguas; las muestras de las poblaciones GUA se obtuvieron del núcleo de conservación en el Subcentro Ollas Arriba, Panamá Oeste y de la Finca Agroturística, La Isleta ubicada en Guabalá, provincia de Chiriquí.

El protocolo de extracción consistió en un método modificado para mini preparaciones en tubos de 250ul (Villalobos y González 2017). Se

colocaron 10 muestras de pelos de bovino obtenidas de la borla; en cada tubo se agregaron 150ul del reactivo; se aplicó vórtex por 15 segundos; luego se incubaron a 65° C por 6 minutos, nuevamente se aplicó vórtex por 15 segundos e incubaron a 98° C por 2 minutos. Las muestras se guardaron a -20° C para su uso en el experimento.

El rendimiento ADN obtenido fue de 2.2 ng/ul por cada muestra de ADN extraída. La amplificación del segundo exón del gen BoLA-DRB3, se realizó en un equipo de PCR, mediante un protocolo semi-anidado. En las reacciones de PCR se utilizaron los oligonucleótidos: HLO30: 5'-ATCCTCTCTCTGCAGCACATTTCC-3'; HL031: 5'-TTTAAATTCGCGCTCACCTCGCCGCT-3'; HL032: 5'-TCGC CGCTCAGTGAACTCTC-3' (Groenen *et al.* 1990; Siguardardorttir *et al.* 1991).

En la primera reacción de amplificación se utilizaron los oligonucleótidos HL030 y HL031 (0,5mM), en 25µl de mezcla total, con 70 a 100 ng de ADN, 0,2 mM de cada DNTP, 1x de tampón PCR, 1,5 mM MgCl<sub>2</sub> y 1U de Taq ADN polimerasa. El programa de amplificación constó de una desnaturalización inicial de 3 minutos a 94° C, 10 ciclos de 25 segundos a 94° C, 30 segundos a 60° C y 30 segundos a

72°C, con una extensión final de 5 minutos a 72° C (Dietz *et al.* 1997).

Para realizar la segunda reacción se tomaron 5µl de la primera reacción de PCR utilizando los oligonucleótidos HL030 y HL032 en un volumen total de 25µl, con las mismas concentraciones de DNTP, tampón PCR, MgCl<sub>2</sub> y Taq ADN polimerasa y constó de una desnaturalización inicial de 94° C a 4 minutos seguida de 25 ciclos de desnaturalización 94° C a un minuto; anillamiento de 67° C a 2 minutos y elongación de 72° C a un minuto y una extensión final de 72° C por 5 minutos (Takeshima *et al.* 2006).

Los productos de PCR fueron resueltos en un analizador de fragmentos digital. Una vez verificado el tamaño de los fragmentos, fueron sometidos a un proceso de purificación mediante columnas con filtro Microcon de Merck millipore. Se realizó la cuantificación y validación de la calidad de amplicones en un analizador de fragmentos mediante el Kit DNF-915 dsDNA.

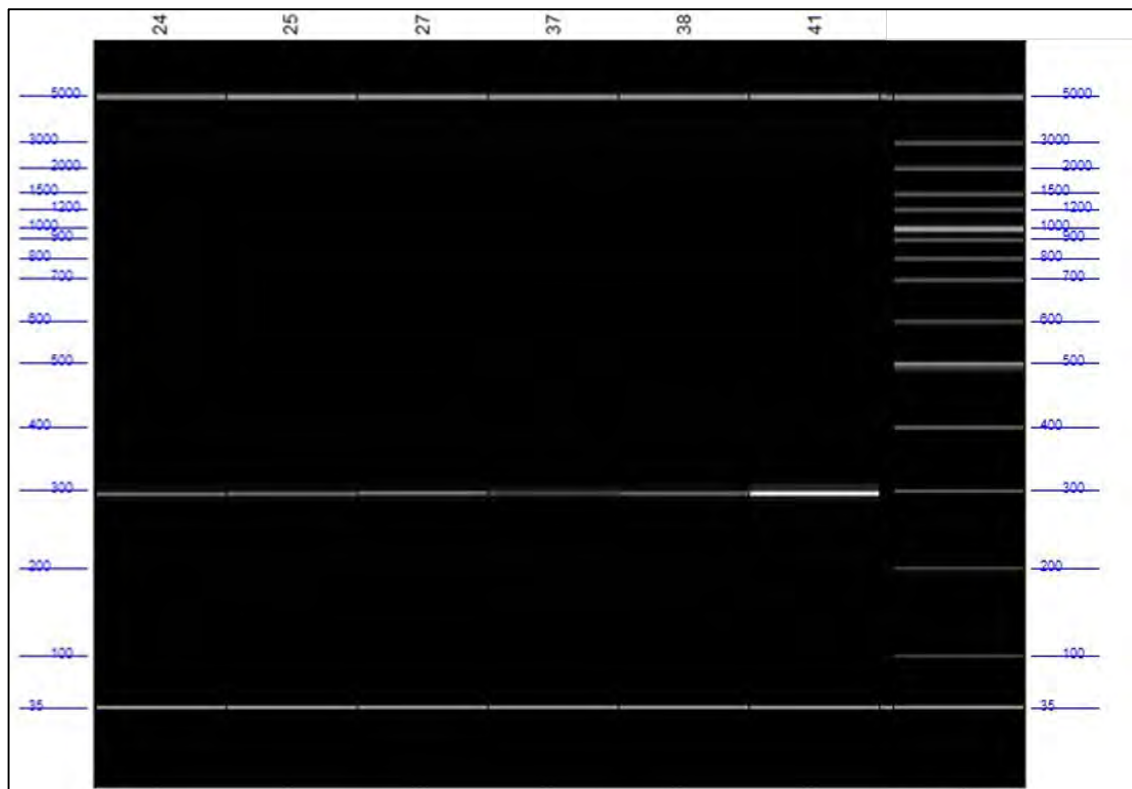
De los 22 animales muestreados se tomaron 15 con mejor calidad para realizar la secuenciación de los fragmentos amplificados, los cuales se llevaron a cabo mediante el kit

BigDye® Terminator v1.1 utilizando un equipo de secuenciación Sanger, ABI 3500 de Applied Biosystems. Las secuencias obtenidas se editaron y alinearon en los programas BioEdit Sequence Alignment Editor (Hall 1999) y MEGA 7 (Kumar *et al.* 2015) y posteriormente analizadas utilizando el programa BLASTn del Centro Nacional para Información en Biotecnología (NCBI). Como secuencia de referencia se utilizó el gen del segundo exón del Antígeno Leucocitario Bovino BoLA-

DRB3.2 del complejo mayor de histocompatibilidad tipo II (MHC II), depositado en Genbank, número de accesión, JN887487.1

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los fragmentos de 296bp correspondientes al segundo exón del gen BoLA-DRB3 de las poblaciones Guaymí (24, 25 y 27) y Guabalá (37, 38 y 41); a la extrema derecha se presenta el marcador de pares de bases (M) ver Figura.



**Figura. Electroforesis de amplicones de PCR de 296bp correspondiente al segundo exón del gen BoLA-DRB3; 24, 25 y 27: Bovino Guaymí; 37, 38 y 41 Bovino Guabalá y M marcador de pares de bases, mediante analizador de fragmentos.**



El tamaño de fragmento reportado en el presente trabajo (296bp) es menor a los reportados por Maillard *et al.* (1999) y Maillard *et al.* (2003) quienes obtuvieron tamaños de fragmentos de 304bp en estudios similares de razas Cebú de la isla de Martinica; Behl *et al.* (2007) y Behl *et al.* (2009) también reportan tamaños de fragmentos en el gen BoLA-DRB3.2 de 304bp en ganado Kankrej y Sahiwal respectivamente, sin embargo las diferencias en los tamaños son atribuidas a diversos factores particularmente al uso de distintos cebadores a los utilizados en el presente trabajo, por ejemplo, cebadores como Bod1, Bod2 y PASA en el caso de los estudios realizados por Maillard *et al.* (1999) y Maillard *et al.* (2003); LA31 y LA32 en el caso de Behl *et al.* (2007) y Behl *et al.* (2009). Por otro lado, fragmentos con diferencia de 12bp respecto a los resultantes en el presente trabajo reportan otros autores tales como Paswan *et al.* (2005) trabajando con bovinos y búfalos en Izatnagar, India; Parnian *et al.* (2006) en ganado Holstein; Portillo *et al.* (2006) con ganado criollo en México, Pashmi *et al.* (2007) con ganado Holstein, Tamoospur *et al.* (2007) y Sadeghi *et al.* (2008) en ganado Sistani de Irán, Oprzadek *et al.* (2012) en ganado Holstein de Polonia y Mosafer *et al.* (2012) en el búfalo Mazandarani de Irán. Cabe destacar que

en los trabajos arriba citados se utilizaron los mismos juegos de cebadores que en el presente trabajo (HLO30, HLO31 y HLO32).

Una vez lograda la amplificación de los fragmentos del gen BoLA-DRB3 con su correspondiente tamaño de pares de bases, se tomaron 22 amplificados de las muestras con mejor calidad para realizar la secuenciación. Los resultados obtenidos en BLASTn presentaron identidad con el segundo exón del gen BoLA-DRB3 que oscilaron entre 87% y 98%, en cuanto al número de pares de bases (bp), estas oscilaron entre 148 y 239 y valores máximos (MAX SCORE) de entre 165 y 339. Del total de amplificados se obtuvieron 17 diferentes alelos secuenciados. Los más frecuentes fueron \*0101 (18%), \*R-73 (18%) y \*1801 (9%) ver Cuadro.

Los valores para cada población obtenidos en BLASTn donde se observó que la raza Guabalá presentó la mayor diversidad de alelos (11) en relación con la Guaymí (6) ver Cuadro. Los alelos más abundantes en la raza Guabalá fueron, \*R-73 (21%) y el \*1801(14%) y en la raza Guaymí fue el \*0101 (38%). En cuanto a los alelos compartidos, se observó que ambas razas comparten los alelos, \*0101 y \*R-73. El porcentaje de identidad, en la Guabalá osciló entre 91% y 96%, el bp

**CUADRO. VALORES DE FRECUENCIA (FREC), PORCENTAJE DE FRECUENCIA (%FREC), TAMAÑO DE PARES DE BASES (BP), VALOR MÁXIMO, VALOR DE PROBABILIDAD (E-VALUE) Y PORCENTAJE DE IDENTIDAD (%) DE ALELOS DE SECUENCIAS OBTENIDAS DEL GEN BOLA-DRB3.2 DE LAS RAZAS GUAYMÍ Y GUABALÁ.**

RAZA GUABALÁ	FREC	%FREC	bp	Valor Máximo	e-value	% Identidad
*0101	1	7	181	276	1,0E-70	95
*0201	1	7	176	224	5,0E-55	91
*1801	2	14	196	302	2,0E-76	96
*3001	1	7	206	300	1,0E-77	96
*R-08	1	7	197	278	4,0E-71	93
*R-121	1	7	211	302	3,0E-78	93
*R-142	1	7	208	329	1,0E-86	95
*R-177	1	7	209	311	5,0E-81	94
*R-194	1	7	205	309	2,0E-80	95
*R-21	1	7	210	324	6,0E-85	95
*R-73	3	21	212	302	3,3E-67	93
<b>RAZA GUAYMÍ</b>						
*0101	3	38	208	321	6,7E-81	95
*1101	1	13	219	294	5,0E-76	93
*1104	1	13	148	165	3,0E-37	87
*3601	1	13	215	285	3,0E-73	93
*R-09	1	13	224	278	5,0E-71	91
*R-73	1	13	195	281	3,0E-72	95

entre 176 y 212 y el Max Score entre 224 y 324, respectivamente. En ese mismo orden, la raza Guaymí obtuvo porcentajes de identidad entre 87% y 95%, valores de bp entre 148 y 224 y Max Score entre 165 y 321. A diferencia de otros trabajos donde se utilizan el método de PCR-

RFLP (Martínez *et al.* 2005, Hayashi *et al.* 2017), en el presente trabajo se seleccionó el método de secuenciación de amplicones mediante el método Sanger ya que el mismo presenta un mejor poder resolutivo (Baltian *et al.* 2012). Los alelos observados en el

presente trabajo han sido reportados por Martínez *et al.* (2005), como el alelo \*0101, \*1801, \*3001, \*1101, en el ganado criollo en Colombia, quienes realizaron estudios de asociación a resistencia a enfermedades como infestación de garrapatas y brucelosis. Por otro lado, De y Singh (2006) reportaron el alelo \*0201 y \*1801 en razas *Bos indicus* (Gaolao, Sahiwal, Haryana, Red Sindhi and Tarparkar) de la India. Trabajos realizados por da Mota *et al.* (2002) en raza Gyr de Brasil mostraron la presencia de los alelos \*0201, \*3001, \*3601 y \*1801 siendo el alelo de mayor frecuencia el \*3601.

En un estudio de asociación de alelos con la infección natural de *Babesia* spp. en ganado Hartón del Valle realizado por Bolaños *et al.* (2017) se reportaron los alelos \*0101, \*1801, \*3001, \*1101, \*1104, \*3601 siendo el alelo \*1101 identificado como asociado a resistencia a la infección por *Babesia bigemina*. Este mismo alelo ha sido asociado a resistencia a Leucosis bovina en la misma raza (Hernández *et al.* 2011), mastitis subclínica en Holstein (Yoshida *et al.* 2012). Estudios de asociación del gen BoLA-DRB3.2 con perfiles de infección de leucosis enzoótica bovina realizados por Nikbakth *et al.* (2016) en Irán con raza Holstein Iraní, mostraron que el alelo \*0101 y \*1101

están correlacionados a la susceptibilidad a linfocitosis persistente y el alelo \*1802 con susceptibilidad a linfosarcoma. Por otro lado, estos mismos alelos \*1101 y \*0101 mostraron asociación con la resistencia a linfosarcoma. Por lo que no se descarta la probabilidad que los alelos reportados en el presente trabajo tengan el mismo potencial de expresar este rasgo.

De los alelos DRB3\*R obtenidos, las variantes \*R-73, \*R-142 y el \*R-177 fueron reportadas por Posso *et al.* (2012) como alelos nuevos en Hartón del Valle. Igualmente, Wang *et al.* (2008) reportaron el \*R-21, \*R-73, \*R-121 y \*R-08, \*R-09 \*R-142, \*R-177, \*R-194, en un estudio realizado en bovino amarillo de China realizado en el Colegio de Ciencia Animal y Tecnología de la Universidad Agrícola de China. La relevancia que durante los últimos años han tenido las investigaciones sobre el gen BoLA-DRB3 y otros genes en producción animal desarrolladas por distintos investigadores, es su inclusión en la selección de marcadores de resistencia en el control de enfermedades. Animales con un juego favorable de alelos tienen la capacidad de responder mejor a tratamientos médicos y vacunas a diferencia de individuos susceptibles. Un ejemplo es el caso de los alelos del gen

*BoLA-DRB3\*0901*, *0902\** y *\*1701*, asociados a resistencia a la linfocitosis persistente en leucosis enzoótica bovina y una baja incidencia de linfocitos infectados por el virus (Xu *et al.* 1993, Juliarena *et al.* 2017). Además, bajo condiciones naturales, animales con el alelo *\*0902*, no transmiten la infección en el hato y este último y el alelo *\*1701*, están asociados a resistencia a infecciones intramamarias de animales de alta producción (Esteban *et al.* 2009). Con los resultados obtenidos sobre *BoLA-DRB3*, Esteban *et al.* (2009) han propuesto un método alternativo de control y erradicación del virus de la leucosis enzoótica bovina utilizando los alelos previamente mencionados creando un perfil de los animales y sus genotipos y variando la frecuencia alélica del hato hacia un mayor porcentaje de animales resistentes, por lo que con el tiempo se podría eliminar la enfermedad.

### CONCLUSIONES

Se amplificaron y secuenciaron fragmentos del gen *BoLA-DRB3.2* similares a las obtenidas en razas criollas y cebuinas de otras regiones del mundo y que se encuentran asociadas a la resistencia/susceptibilidad a enfermedades de importancia económica. Desde el punto de vista de la conservación y uso de la biodiversidad,

las razas Guaymí y Guabalá representan un potencial banco de genes que debe ser estudiado y fomentar su uso dentro de programas donde se requiera mínimo uso de insumos o bajo esquemas de cruzamientos donde se requieran animales de alta rusticidad de tipo *Bos taurus x Bos taurus*. Igualmente se abre la posibilidad de desarrollar programas de control y erradicación de enfermedades virales como la leucosis enzoótica bovina mediante la selección asistida por marcadores particularmente del gen *BoLA-DRB3*.

### BIBLIOGRAFÍA

- Aida, Y. 2001. Influence of host genetic differences on leukemogenesis induced bovine leukemia virus. *AIDS Res Human Retroviruses*, 17, S12.
- Baltian, L; Ripoli, MV; Sanfilipo, S; Takeshima, S; Aida, Y; Giovambatista, G. 2012. Association between *BoLA-DRB3* and somatic cell count in Holstein cattle from Argentina. *Mol Biol Rep* 39:7215-7220.
- Behl, J; Verma, NK; Behl, R; Mukesh, M; Ahlawat, SPS. 2007. Characterization of Genetic Polymorphism of the Bovine Lymphocyte Antigen *DRB3.2* Locus

- in Kankrej Cattle (*Bos indicus*) (en línea). J. Dairy Sci. 90:2997–3001. Consultado 13 ene. 2013. Disponible en <https://doi.org/10.3168/jds.2006-547>.
- Behl, J; Kumar Verma, N; Behl, R; Sodhi, M. 2009. Genetic Variation of the Major Histocompatibility Complex DRB3.2 Locus in the Native *Bos indicus* Cattle Breeds. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 22(11):1487-1494.
- Bolaños, I; Hernández, D; Álvarez, D. 2017. Asociación de los alelos del gen BoLA-DRB3 con la infección natural de *Babesia spp.* en el ganado criollo Hartón del Valle. Arch. Zootec. 66 (253):113-120.
- Castro, GS; Trujillo, EB; Duran, CV. 2006. Polimorfismos del gen BoLA-DRB3 en el bovino sintético colombiano Lucerna y asociación con conteo de células somáticas y mastitis. Rev Col Cienc Pec. 19:3:270-279.
- Da Mota, AF; Gabriel, JE; Martínez, ML; Coutinho, LL. 2002. Distribution of bovine lymphocyte antigen (BoLA-DRB3) alleles in Brazilian dairy Gir cattle (*Bos indicus*). European Journal of Immunogenetics 29:223–227.
- Darwin, Y. 2010. Asociación del locus BOLA-DRB3.2 con el virus de la leucosis Bovina en razas criollas y colombianas. Universidad Nacional De Colombia Facultad De Ciencias Agropecuarias Coordinación General De Posgrados Palmira. Tesis de Maestría. p. 101.
- Davies, CJ; Andersson, L; Ellis, SA; Hensen, EJ; Lewin, HA; Mikko, S; Muggli-Cockett, NE; Van der Poel, JJ; Russell, GC. 1997. Nomenclature for factors of the BoLA system, 1996: report of the ISAG BoLA Nomenclature Committee. Anim Genetics 28:159-168.
- De, S; Singh, RK. 2006. Identification of new MHC-DRB3 alleles from Indian (*Bos indicus*) cattle. Animal Genetics 37:595-607.
- Dietz, AB; Cohen, ND; Timms, L; Kehrlí Junior, ME. 1997. Bovine lymphocyte antigen class II alleles as risk factors for high somatic cell counts in milk lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 80:406-412.
- Do Nascimento, CS; Machado, MA; Martínez, ML; Barbosa Da Silva, MVG; Martins, MFG; Campos, AL;

- Sousa, ALA, Teodoro, RL; Da Silva, RV; Facioni, SEG; Andrade, DAO. 2006. Association of the bovine major histocompatibility complex (BoLA) BoLA-DRB3 gene with fat and protein production and somatic cell score in Brazilian Gyr dairy cattle (*Bos indicus*). *Genetics and Molecular Biology* 29(4):641-647.
- Esteban, EN; Poli, M; Poiesz, B; Ceriani, C; Dube, S; Gutierrez, S; Dolcini, G; Gagliardi, R; Perex, S; Lützelschwab, C; Fetdman, L; Juliarena, MA. 2009. Bovine leukemia virus (BLV), proposed control and eradication programs by marker assisted breeding of genetically resistant cattle. *In* Rechi LJ, editor. *Animal Genetics*. Hauppauge, NY: Nova Science Publishers, Inc., p. 107-130.
- Groenen, M; Van Der Poel, J; R. Dijkhof, R; Giphart, M. 1990. The nucleotide sequence of bovine MHC class II DQB and DRB genes. *Immunogenetics* 31:37-44.
- Hall, TA. 1999. BIOEDIT: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symp Ser* 41:95-98.
- Hayashi, T; Mekata, H; Sekigushi, S; Kirino, Y; Mitoma, S; Homkawa, K; Horii, Y; Noerimine, J. 2017. Cattle with the BoLA class II *DRB3\*0902* allele have significantly lower bovine leukemia proviral loads. *J. Vet. Med. Sci.* 79(9):1552-1555.
- Hernández, D; Posso, A; Muñoz, J; Giovambattista, G; Álvarez, L. 2011. Evaluación de la resistencia genética del ganado criollo Hartón del Valle al virus de la leucosis bovina. *AICA* 1:169-172.
- Juliarena, MA; Poli, M; Sala, L; Ceriani, C; Gutiérrez, S., Dolcini, G., Rodríguez, EM; Mariño, B; Rodríguez-Dubra, C; Esteban, EN. 2008. Association of BLV infection profiles with alleles of the BoLA-DRB3.2 gen. *Animal Genetics* 39:432-438.
- Juliarena, MA; Barrios, CA; Lützelschwab, CA; Esteban, EE; Gutiérrez, SE. 2017. Bovine leukemia virus: current perspectives. *Virus Adaptation and Treatment* 9:13-26.
- Kumar, S; Stecher, G; Tamura, K. 2015. MEGA7: Molecular Evolutionary

- Genetics Analysis version 7.0. Molecular Biology and Evolution.
- Lewin, HA; Wu, MC; Stewart, JA; Nolan, TJ. 1988. Association between BoLA and subclinical bovine leukemia virus infection in a herd of Holstein-Friesian cows. *Immunogenetic* 27:338-344.
- Maccari, G; Robinson, J; Ballingall, K; Guethlein, LA; Grimholt, U; Kaufman, J; Ho, CS; De Groot, NG; Flicek, P; Bontrop, RE; Hammond, JA; Marsh, SGE. 2017. IPD-MHC 2.0: an improved inter-species database for the study of the major histocompatibility complex. *Nucleic Acids Res.* 45:D860-D864.
- Maillard, JC; Renard, C; Chardon, P; Chantal, Y; Bensaid, A. 1999. Characterization of 18 new BoLA-DRB3 alleles. *Anim. Genet.* 30:200-203.
- Maillard, JC; Berthier, D; Chantall, I; Thevenon, S; Sidibé, I; Stachurski, F; Belemsaga, D; Razafindraibe, H; Elsen, JM. 2003. Selection assisted by a *BoLA-DR/DQ* haplotype against susceptibility to bovine dermatophilosis. *Genet. Sel. Evol.* 35(Suppl. 1):S193-S200.
- Machado, MA; Nascimento, CS; Martínez, ML; Silva, MVGB; Campos, AL; Teodoro, RL; Verneque, RS; Guimarães, SEF. 2005. Associação do loco BoLA-DRB3.2 com produção de leite em bovinos da raça Gir. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 57(3):380-389.
- Mariasegaram, M; Chase Junior; CC; Chaparro, JX; Olson, TA; Brenneman, RA; Niedz, RP. 2007. The slick hair coat locus maps to chromosome 20 in Senepol-derived cattle. *Animal Genetics* 38(1):54-59.
- Martínez, R; Toro, R; Montoya, F; Burbano, M; Tobón, J; Gallego, J; Ariza, F. 2005. Caracterización del locus BoLA-DRB3 en ganado criollo Colombiano y asociación con resistencia a enfermedades. *Arch Zootec.* 54:349-356.
- Martínez, ML; Machado, MA; Nascimento, CS; Silva, MVGB; Teodoro, RL; Furlong, J; Prata, MCA; Campos, AL; Guimarães, MFM; Azevedo, ALS; Pires, MFA; Verneque, RS. 2006. Association of BoLA-DRB3.2 alleles with tick (*Boophilus microplus*) resistance in

- cattle. *Genetics and Molecular Research* 5(3):513-524.
- Mosafer, J; Heydarpour, M; Manshad, E; Russell, G; G. E. Sulimova, GE. 2012. Distribution of BoLA-DRB3 Allelic Frequencies and Identification of Two New Alleles in Iranian Buffalo Breed (en línea). *The ScientificWorld Journal* Volume 2012, Article ID 863024, 6 pages. Consultado 13 ene. 2013. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1100/2012/863024>.
- Oprządek, J; Urtnowski, P; Sender, G; Pawlik, A; Łukaszewicz, M. 2012. Frequency of BoLA-DRB3 alleles in Polish Holstein-Friesian cattle. *Animal Science Papers and Reports* 30(2):91-101. *Biochem Genet* (2016) 54:194-207.
- Nikbakht, G; Ghorbanpour R, A; Esmailnejad, A. 2016. Association of BoLA-DRB3.2 Alleles with BLV Infection Profiles (Persistent Lymphocytosis/Lymphosarcoma) and Lymphocyte Subsets in Iranian Holstein Cattle.
- Panei, CJ; Suzuki, K; Echeverría, MG; Serena, MS; Metz, GE; Gonzales, ET. 2009. Association of BoLA-DRB3.2 alleles with resistance and susceptibility to persistent lymphocytosis in BLV infected Cattle Argentina. *International of Journal of Dairy Science*.
- Parnian, M; Ali Ghorashi, S; Salehi, A; Pashmi, M; Reza Mollasalehi, M. 2006. Polymorphism of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 in Holstein bulls of Iran using PCR-RFLP. *IRANIAN Journal of Biotechnology* 4(3).
- Pashmi, M; Qanbari, S; Ghorashi, SA; Salehi, A. 2007. PCR based RFLP genotyping of bovine lymphocyte antigen DRB3.2 in Iranian Holstein population. *Pakistan Journal of Biological Science* 10(3):383-387.
- Paswan, C; Bhushan, B; Patra, BN; Kumar, P; Sharma, A; Dandapat, S; Tomar, AKS; Dutt, T. 2005. Characterization of MHC DRB3.2 Alleles of Crossbred Cattle by Polymerase Chain Reaction-Restriction Fragment Length Polymorphism. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18(9):1226-1230.
- Portillo, M; Ríos Ramírez, JG; Erosa, G; Rodríguez, F. 2006. Secuenciación de nuevos alelos BoLA-DRB3.2



- detectados en ganado Criollo mexicano. *Téc Pecu Méx.* 44(1):15-25.
- Posso, AM; Muñoz, J; Giovambattista, G; Álvarez, LA; Hernández, D. 2012. Asociación del gen BoLA-DRB3.2 con el virus de la leucosis bovina (VLB) en ganado criollo hartón del Valle. *Acta Agron.* 61(5):22-23.
- Sadeghi, B; Nassiry, M; Heydarpour, M; Shahroudi, F; Mosafer, J; Motlagh, AS. 2008. Characterization of genetic polymorphism of Bovine Lymphocyte Antigen DRB3.2 Locus in Sistani Cattle of Iran (*Bos indicus*). *Biotechnology* 7(2):333-337.
- Sigurdardottir, S; Brosch, C; Gustafsson, K; Andersson, L. 1991. Cloning and sequence analysis of 14 DRB alleles of bovine major histocompatibility complex by using the polymerase chain reaction. *Animal Genetics* 22:199-209.
- Takehima, SN; Aida, Y. 2006. Structure, function and disease susceptibility of the bovine major histocompatibility complex. *Anim Sci J.* 77:138-150.
- Tahmoorespur, M; Nassiry, MR; Najafi, M; Ghovvati, S. 2007. Genetic Polymorphism at the Candidate Gene in Iranian Sistani Cattle (*Bos indicus*). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10:3368-3373.
- Villalobos-Cortés, AI; Martínez, AM; Escobar, C; Vega-Pla, JL; Delgado, JV. 2010. Study of genetic diversity of the Guaymí and Guabalá bovine populations by means of microsatellites. *Livestock Science* 131:45-51.
- Villalobos-Cortés, AI; González-Herrera, RC. 2017. Rendimiento de protocolo de extracción de ADN de bovinos criollos. *Ciencia Agropecuaria no. 25:108-117.*
- Wang, K; Sung, D; Zhang, Y. 2008. Sequencing of 15 new *BoLA-DRB3* alleles. *Int J Immunogenet.* 35(4-5):331-2.
- Wang K; Zhang Y; Sun Dong-Xiao. 2008. Analysis of Sequences of BoLA-DRB3 Genes in Chinese Yellow Cattle[J]. *Acta Veterinaria Et Zootechnica Sinica* 39(7):853-857.
- Xu, A; Van Eijk, MJ; Park, C; Lewin, HA. 1993. Polymorphism in BoLA-DRB3

exon 2 correlates with resistance to persistent lymphocytosis caused by bovine leukemia virus. *Journal of Immunology* 151:6977-6985.

Yoshida, T; Furuta, H; Kondo, Y; Mukoyama, H. 2012. Association of BoLA-DRB3 alleles with mastitis resistance and susceptibility in Japanese Holstein cows. *Anim Sci J*, 83:359-366.

Zambrano, JC; Echeverri, JZ; López, AH. 2009. Asociación de los alelos del gen BoLA DRB3.2 con mastitis clínica y mastitis subclínica en vacas del hato Paysandú de la Universidad Nacional de Colombia<sup>1</sup>. *Rev. Colomb. Cien. Pecu.* 22(3).

### **AGRADECIMIENTOS**

Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento del presente trabajo.

**PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE *Trialeurodes vaporariorum*  
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN LOS CULTIVOS DE PAPA Y TOMATE<sup>1</sup>**

***Gladys I. González-Dufau*<sup>2</sup>; *Julio Santamaría-Guerra*<sup>3</sup>; *Kathia Castrejon*<sup>4</sup>;  
*Isabel Herrera*<sup>5</sup>; *Arnulfo Monzón*<sup>6</sup>**

**RESUMEN**

La mosca blanca de los invernaderos - *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) es una plaga de importancia para la agricultura de tierras altas de la provincia de Chiriquí. La determinación si hay o no diferencias en la calidad de la planta hospedera de cultivos para la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*), se ha realizado mediante experimentos en selección de la planta hospedera, duración de la vida, fecundidad, frecuencia de oviposición, tasa de desarrollo y mortalidad. Con el objetivo de determinar parámetros demográficos de la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*) en Cerro Punta, provincia de Chiriquí, en los cultivos de papa (cv. Puren) y tomate (cv. Tropic), cultivadas con fotoperiodo de 12L: 12O horas y temperatura promedio de  $20,8 \pm 0,7^\circ \text{C}$  y humedad relativa promedio de  $70,93 \pm 2,69\%$ . Se obtuvieron los principales parámetros del potencial biótico de *T. vaporariorum*, se determinó que la planta de tomate (cv. Trópico) fue mejor hospedera con la mayor tasa intrínseca de desarrollo y la menor mortalidad de *T. vaporariorum*, comparada con la planta de papa (cv. Puren).

**PALABRAS CLAVES:** Tasa intrínseca de desarrollo, Tasa generacional, mosca blanca de los invernaderos.

---

<sup>1</sup> Recepción: 25 de mayo de 2018. Aceptación: 13 de junio de 2018.

<sup>2</sup> M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. e-mail: gladys.gonzález@idiap.gob.pa

<sup>3</sup> Ph.D. en Innovación Institucional. IDIAP. CIA-Chiriquí.

<sup>4</sup> Bach. en Ciencias. IDIAP. CIA-Chiriquí.

<sup>5</sup> Ph.D. Fitopatología. Universidad Nacional Agraria.

<sup>6</sup> Ph.D. Entomología. Universidad Nacional Agraria.

## DEMOGRAPHIC PARAMETERS OF *Trialeurodes vaporariorum* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ON POTATO AND TOMATO CROPS

### ABSTRACT

The greenhouse whitefly - *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) is a pest of importance for highland agriculture in the Chiriqui province. The determination of whether there are differences in the quality of the host plant of crops for the greenhouse whitefly (*T. vaporariorum*), has been carried out through experiments in host plant selection, life span, fecundity, frequency of oviposition, rate of development and mortality. With the objective of determining demographic parameters of the greenhouse whitefly (*T. vaporariorum*) under the local conditions of Cerro Punta, Chiriquí province, in the crops of potatoes (cultivar Puren) And tomato (cultivar Tropic), cultivated with photoperiod of 12L:12O hours, average temperature of  $20,8 \pm 0,74^{\circ}$  C and average relative humidity of  $70,93 \pm 2,69\%$ . The main parameters of the biotic potential of *T. vaporariorum* were obtained, it was determined that the tomato plant was the best host with the highest intrinsic rate of development and the lowest mortality of *T. vaporariorum*, compared with the potato plant.

**KEY WORDS:** Intrinsic rate of development, Generational rate, greenhouse whitefly.

### INTRODUCCIÓN

La provincia de Chiriquí, considerada el granero de la República de Panamá, concentra la mayor parte de la producción agropecuaria del país, con una estructura de la tenencia de la tierra en la cual el 82% de los productores poseen menos de 10 hectáreas y ocupan tan solo el 11,58% del total de la superficie cultivada. Aunque sus productores representan el 14% del total de productores agropecuarios del país, el 59,39% poseen menos de 10 hectáreas y dependen por completo de las actividades agropecuarias para su

sustento, lo cual los ubica en la categoría de pequeños agricultores familiares (INEC 2010).

De las principales hortalizas que se producen en el país, según datos del ciclo agrícola 2016-2017, reportados por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA 2017), el 88,11% se producen en la provincia de Chiriquí y de este el 98,26% en sistemas de producción hortícolas de tierras altas ( $\geq 900$  msnm).

La actividad hortícola tiene gran importancia en la producción de

alimentos y en la actividad comercial y socioeconómica local, siendo además una fuente importante de generación de empleos.

La producción hortícola es además un importante polo de innovación tecnológica, como lo es la expansión de los cultivos protegidos, los cuales se han incrementado en más de 628% en los últimos 13 años, pasando de 17,5 ha en el 2000/2001 a 110 ha en el 2013/2014, principalmente en los cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pimentón (*Capsicum annuum*) (MIDA 2017). Esta dinámica de crecimiento se debe a las ventajas que ofrece la protección de cultivos, ya que permite aumentar el rendimiento, proteger de las plagas y cumplir con la demanda de productos frescos durante todo el año, tanto para el mercado nacional como internacional.

Por otra parte, se registra una pérdida de competitividad de la producción hortícola y de disminución de la superficie sembrada, debido al alto costo de producción, degradación de suelos y aguas, variabilidad climática, falta de financiamiento, proliferación de plagas y enfermedades y políticas públicas que privilegian las importaciones, especialmente de los cultivos de papa y cebolla (Santamaría-

Guerra y González 2017). La producción nacional de estos dos rubros abastece el 50,9% y 47,6%, respectivamente del consumo nacional (INEC 2015), sin embargo, los productores se ven afectados en la comercialización de su producción debido a que las importaciones generalmente coinciden con la época de cosecha.

De manera general, los productores hortícolas han tenido que modificar sus prácticas de cultivo para atender las regulaciones sanitarias y las exigencias del mercado por productos inocuos a la salud humana y al ambiente. Así, los productores hortícolas sustituyen insumos sintéticos por bioinsumos, sin cambiar la dependencia externa y manteniendo prácticas de monocultivo en campos poco diversificados, siguiendo rotaciones influenciadas por la demanda del mercado y en un territorio estructurado con base en la intensificación productivista, lo que los mantiene en condición de vulnerabilidad (Santamaría-Guerra y González 2017).

Los daños por insectos plagas, son reportados por los productores como uno de los principales problemas que afectan la producción de hortalizas en las tierras altas de la región occidental del

pais (Santamaría-Guerra <sup>7</sup>2017). En los sistemas de producción hortícola existe un complejo de insectos plaga entre las que están la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) (González 1997, González *et al.* 2018). Su manejo se torna difícil debido, entre otros aspectos, a su corto ciclo de vida, su potencial reproductivo, su elevado número de generaciones al año, su amplio rango de plantas hospederas (polifagia), su ubicación en el envés de la hoja que las protege de las aplicaciones de químicos insecticidas y a su gran capacidad para desarrollar resistencia a éstos (Prijović *et al.* 2014, McDaniel *et al.* 2016, Despoina *et al.* 2017).

Los daños directos de la mosca blanca consisten en la reducción de la fotosíntesis de la planta, la disminución de la calidad de la producción al favorecer la proliferación de fumagina (*Capnodium* spp.) sobre hojas y frutos producto de la excreción de mielecilla, que afectan las plantas y pueden provocar grandes pérdidas en el rendimiento. Por otra parte, se reportan daños indirectos debido a que transmiten diferentes virus que afectan los cultivos (Duffus 1965, Duffus *et al.*

1996, Van Dorst *et al.* 1983). En el cultivo de papa, Salazar *et al.* (2000) y Gabarra *et al.* (2018) reportan que el virus de la vena amarilla de la papa (PYVV; Género Crinivirus, Familia Closteroviridae) es transmitido por *T. vaporariorum*.

La tendencia hacia la búsqueda de alternativas de manejo de plagas, amigables con el ambiente, es marcadamente creciente, cobrando así, mayor relevancia la búsqueda de prácticas que contribuyan a la sostenibilidad de la producción de alimentos inocuos a los humanos y al ambiente. Una de las prácticas reportadas como exitosa es el uso de avispa parasitoides como *Encarsia* y *Eretmocerus* para el control de *T. vaporariorum* (Westwood) en diferentes cultivos (Woest y Van Lenteren 1976), sin embargo, los resultados varían debido a la influencia de la planta hospedera en la eficiencia del parasitoidismo y sobre los parámetros reproductivos y demográficos de la mosca blanca de los invernaderos (De Vis 2001).

Las plantas proporcionan refugio (hospedaje) y alimentos a los insectos fitófagos, al mismo tiempo que ofrecen

<sup>7</sup> Santamaría-Guerra, J. 2017. Caracterización de sistemas de producción con hortalizas en las tierras altas de la Región Occidental de Panamá (entrevista). IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, CIA Chiriquí), Volcán, PA.

facilidades para su apareamiento y oviposición. Debido a esto, la selección y aceptación de una planta hospedera idónea, es vital para la supervivencia y reproducción de cualquier insecto herbívoro.

La interacción entre la planta hospedera y los insectos (nocivos o benéficos) está determinada por una parte, por las características de las plantas en cuanto a cantidad y calidad de nutrimentos que ofrece (néctares, polen, aminoácidos, azúcares entre otros), la presencia de compuestos volátiles, metabolitos secundarios y otros químicos de contacto que atraen a los insectos y las características de las estructuras foliares como textura, colores y defensas mecánicas (Buttler y Henneberry 1984, Singer 2000, Costa *et al.* 2009). Por otra parte, la presencia de estructuras especializadas (sensores/sénsulos) en las extremidades (tarsos y antenas), en los ojos y partes bucales de los insectos, le permiten percibir las características favorables de las plantas hospederas (Schoonhoven *et al.* 2005).

Décadas de investigación han revelado las interacciones en la relación entre los parasitoides y su hospedero, así como también con las plantas hospederas, e.g. la mayoría de los casos

el parasitoide *Encarsia formosa*, tiene mayor producción de progenie, una tasa intrínseca de desarrollo o crecimiento  $r_m$  mayor que la de *T. vaporariorum* y puede mantener reguladas las poblaciones de su hospedero (Van Roermund y Van Lenteren 1992, De Vis 2001).

Sin embargo, en algunos casos el control biológico no es exitoso debido entre otros factores a la planta hospedera. Cuando la calidad de la planta hospedera es excelente para *T. vaporariorum* su  $r_m$  incrementa considerablemente mientras que el  $r_m$  de *E. formosa* se mantiene constante. Temperaturas bajas en invernaderos puede también tener un efecto negativo en el control biológico reduciendo la  $r_m$  de *E. formosa*, y su actividad y motilidad (Van Lenteren *et al.* 1996).

La determinación si hay o no diferencias en la calidad de la planta hospedera de cultivos para la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*), se ha realizado mediante experimentos en selección de la planta hospedera, duración de la vida, fecundidad, frecuencia de oviposición, tasa de desarrollo y mortalidad de la mosca blanca (Huang 1988, Yano 1988, González 2005). En USA, Natwick y Zalom (1984), señalaron que a 10° C el

desarrollo es lento y a 32° C éste se lleva a cabo en pocos días; otros autores demostraron que el tiempo de desarrollo de huevo a adulto sobre hojas de algodón varió de 65,1 días a 14,9° C hasta 16,6 días a 30° C (Butler *et al.* 1984).

En Panamá, González (2005), reportó diferentes períodos para el ciclo de vida de este insecto de acuerdo a la planta hospedera en la cual se desarrolla, indicando que el desarrollo de huevo a adulto, las moscas blancas demoran entre 12 días en el cultivo de tomate y 14 días para el cultivo de pimentón.

En este trabajo se evaluó el comportamiento de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* en tomate (cv. Tropic) y papa (cv. Puren). Se determinó el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* en dichos materiales genéticos, la fecundidad y parámetros demográficos ( $r_m$ ,  $R_o$ , *Tiempo generacional*) por cada uno de los materiales genéticos de tomate y papa en condiciones de laboratorio y bajo las condiciones locales de Cerro Punta, provincia de Chiriquí.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación del potencial biótico (duración, tasa de supervivencia preimaginal, proporción de

sexos, longevidad, fecundidad y los parámetros demográficos) de *T. vaporariorum* en dos de sus plantas hospederas (papa y tomate), fue necesario disponer de un pie de cría del insecto y de plantas de papa y tomate como sustento para la cría. Las actividades se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Investigación Agropecuaria (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta (UTM 17P-X326698 Y948190, 1950 msnm). A continuación, se detallan los parámetros, variables evaluadas y las condiciones en que se realizaron los ensayos.

## Insectos y plantas hospederas

Los individuos de *T. vaporariorum*, provenían de un pie de cría desarrollado sobre plantas de papa cultivar Puren y de tomate, cultivar Trópico. Estas se cultivaron individualmente en macetas plásticas en el invernadero de la Estación Experimental de Cerro Punta, con fotoperiodo de 12L:12O y temperatura promedio de 20,8 ± 0,74° C y humedad relativa promedio de 70,93 ± 2,69% que fueron registradas diariamente con un termohigrómetro (Sper Scientific 800017). Las plantas se les suministró suplementación nutricional de acuerdo a los análisis de fertilidad del Laboratorio de Suelos del IDIAP y se mantuvieron hasta



que alcanzaron un tamaño de 20 cm de alto, en el caso de las de papa y en el caso de las de tomate, hasta que alcanzaron de siete a ocho hojas funcionales (lo cual ocurrió a las siete semanas).

### **Duración del desarrollo preimaginal**

La duración del desarrollo preimaginal se determinó seleccionando adultos de *T. vaporariorum*. Se escogieron veinte pares de hembras y machos y se colocaron en jaulas pinzas, de 2,4 cm de diámetro y 1,9 cm de profundidad, sobre el envés de las hojas. El sexo de las moscas blancas se determinó sin anestesarlas. Las jaulas se mantuvieron adheridas a la hoja por 24 horas, para garantizar la misma edad para todos los huevos, luego de este periodo la jaula fue removida y los adultos se retiraron con un aspirador manual. Se contó el número de huevos ovipositados, lo cual originó el seguimiento de un cohort de individuos. Debido al efecto de la edad de la hoja en los distintos parámetros biológicos los individuos fueron colocados sobre la tercera hoja expandida hojas del sector medio de la planta. Durante el desarrollo posterior, los conteos fueron realizados a intervalos de 48 horas con una lupa manual (20X) registrando el desarrollo preimaginal desde la eclosión

del huevo hasta la formación de los puparios (presencia de ojos rojos).

### **Longevidad y fecundidad de hembras adultas**

El procedimiento utilizado para la cría de las ninfas y permitirles desarrollarse hasta el adulto fue similar al aplicado al estudio de duración del desarrollo preimaginal. Los puparios fueron trasladados a cápsulas de gelatina de 2,0 cm de largo x 0,8 cm de diámetro hasta la emergencia de los adultos. Los adultos recién emergidos de la cohorte poblacional fueron separados de acuerdo al sexo con la ayuda de un estereomicroscopio (Leica MZ 12,5). Se seleccionaron hembras adultas de aproximadamente dos horas de emergidas. Las mismas fueron colocadas individualmente en jaulas trampas en hojas de tomate y papa junto con un macho y se dispusieron en una cámara de crecimiento (Sanyo Enviromental Test Chamber) a 20° C 4000 lux, fotoperiodo 12L: 12O y 70% de humedad relativa. Cada dos días las parejas se trasladaban a una nueva hoja (de la parte media) de la planta y se mantenían dentro de la jaula trampa (antes de moverla a una nueva hoja, se verificaba que no tuviera huevos). El diámetro cubierto con la jaula pinza se demarcaron externamente y se separaron para realizar los conteos de

huevos ovipositados por hembra hasta su muerte para calcular la fecundidad y longevidad. Se registraba la mortalidad y si un macho moría antes que la hembra, se le reemplazaba por uno nuevo. La media y desviación estándar de la longevidad de las hembras fue calculada, asumiendo que un individuo murió el día anterior al que fue encontrado muerto en la jaula pinza.

### Calculo de parámetros demográficos

El tiempo de desarrollo y la tasa de supervivencia de individuos inmaduros y la proporción de hembras se combinaron con datos experimentales de reproducción para crear tablas de vida 'lx-mx' para calcular parámetros demográficos para *T. vaporariorum*. Para cada experimento, se calcularon los siguientes parámetros demográficos, definidos por Price (1975): la tasa reproductiva neta ( $R_0$ , que representa el número de descendientes hembras que una hembra promedio deja en una generación), y el tiempo generacional ( $T$ , el cual es equivalente al período medio entre el nacimiento de los padres y el nacimiento de la descendencia). La tasa intrínseca de crecimiento de la población ( $r_m$ ) para *T. vaporariorum* bajo las condiciones ambientales también se calculó, usando la ecuación dada por Carey (1993):

$$\sum \exp(-r_m x) l_x m_x = 1$$

donde x es la edad

$l_x$  es la supervivencia específica para la edad,

$m_x$  es la proporción de descendientes hembras de una hembra a la edad x

Siguiendo a Carey (1993), la edad pivotal, que es  $x + 0,5$ , se usó para calcular valores de  $r_m$ .

### Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se analizaron las características en estudio: duración de desarrollo, supervivencia preimaginal, longevidad y fecundidad de las hembras.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para examinar el efecto de las especies de planta en la duración de desarrollo de los estadios preimaginales, tiempo total de desarrollo (huevo-adulto), supervivencia, fecundidad y longevidad de las hembras de *T. vaporariorum*. Cuando el resultado del ANOVA indicaba una diferencia significativa, las medias fueron comparadas con la prueba de Student Newman Keuls (SNK) ( $\alpha = 0,05$ ).

Se compararon las diferencias entre los valores de longevidad y

fecundidad, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Los valores de la tasa de oviposición se compararon mediante ANOVA de un factor a un nivel de significación de  $P < 0,001$ . Para estos tres parámetros, si se detectaron diferencias de significancia, se hicieron comparaciones múltiples usando el método de Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ). Las diferencias en el tiempo de desarrollo se probaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis, seguido de comparaciones múltiples (método de Student-Newman-Keuls ( $P < 0,05$ )).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Duración de las fases de desarrollo

El desarrollo de la fase de huevo tuvo en promedio 15,26 días en papa Puren y 9,87 días, en tomate Trópico. La

fase de ninfa tuvo una duración de 20,21 días en papa Puren, y 17,58 días en tomate Trópico; mientras que el desarrollo total de la fase de inmaduros tuvo en promedio 41,82 días en papa Puren y de 33,06 días en tomate cultivar Tropic (Cuadro 3). Se encontró un efecto de la planta hospedera sobre la duración de desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* ( $P < 0,001$ ). El desarrollo lento sobre papa cultivar Puren es causada por un incremento en la duración del primero y segundo estado ninfal (Figura 1). Estos resultados concuerdan con Coudriet *et al.* (1985), De Vis (2001), Manzano y Lenteren (2009) quienes indicaron que el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* es influenciado por el cultivo hospedero.

**CUADRO 1. DESARROLLO PREIMAGINAL DE LA MOSCA BLANCA *Trialeurodes vaporariorum* EN DOS ESPECIES DE PLANTA HOSPEDERA.**

Planta hospedera	Tiempo de desarrollo imaginal (días)	
	(Media $\pm$ EE)	
	Papa	Tomate
Huevo	15,26 $\pm$ 0,08 a	9,87 $\pm$ 0,50 b
1 <sup>er</sup> estadio	6,02 $\pm$ 0,07 a	5,89 $\pm$ 0,49 a
2 <sup>do</sup> estadio	4,39 $\pm$ 0,08 a	3,45 $\pm$ 0,87 b
3 <sup>er</sup> estadio	4,45 $\pm$ 0,09 a	4,77 $\pm$ 1,05 b
4 <sup>to</sup> estadio	5,34 $\pm$ 0,13 a	3,46 $\pm$ 0,28 b
Pupa	6,52 $\pm$ 0,33 a	5,66 $\pm$ 0,30 b
Huevo-adulto	41,82 $\pm$ 0,52 a	33,06 $\pm$ 0,43 b

Medias con letras iguales en la misma fila, no son significativamente diferentes ( $P < 0,001$ ), Student Newman Keuls (SNK) ( $\alpha = 0,05$ ).

El resultado de este experimento para el tiempo de desarrollo de inmaduro en tomate fue de 33,06 a una temperatura promedio de 20,8° C, fueron comparados con los de Eijsackers (1969), Huang (1988), Yano (1989), Dorsman y Van De Vrie (1987), quienes realizaron estudios similares en tomate a 20° C y obtuvieron respectivamente 31,6; 33,10; 40,7 y 33,39, similares a los obtenidos en este experimento. Mientras que, a temperaturas mayores, *i.e.* 24° y 25° C, Osbrone (1982), Dorsman y Van De Vrie (1987) reportan para el cultivo de tomate, menor desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* con 24,3 y 21,01 días, respectivamente. Similarmente, González (2005) reportó un desarrollo preimaginal a 22° C, 24,23 en tomate cv. Moneymaker y de 24,86 días en cv. Hyslip.

En el cultivo de la papa, Boiteau y Singh (1988) determinan un desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* de 23,08 días en papa silvestre (cv. PI 473340) y 21,38 días en cv. Red Pontiac a 26° C, Mientras que en este estudio se registró un desarrollo preimaginal de 41,82 días a 20,8° C en el cv. Puren.

### **Supervivencia**

La tasa de supervivencia (huevo-adulto) de *T. vaporariorum* sobre plantas

de tomate fue significativamente diferente ( $P < 0,001$ ), correspondiendo al 63% de los individuos, mientras que para los que se desarrollaron sobre papa fue de 13%. Este resultado plantea una desventaja importante para *T. vaporariorum* en papa (Figura 1). La misma tendencia es observada para la mortalidad; ya que esta fue mayor en papa que en tomate (Figura 1), indicativo de que la primera, posee menor calidad como planta hospedera. Adicional, se observó que los mayores valores de mortalidad se presentaron en el estadio huevo y el primer estadio ninfa I, sugiriendo que la planta hospedera afecta desde el estadio de huevo.

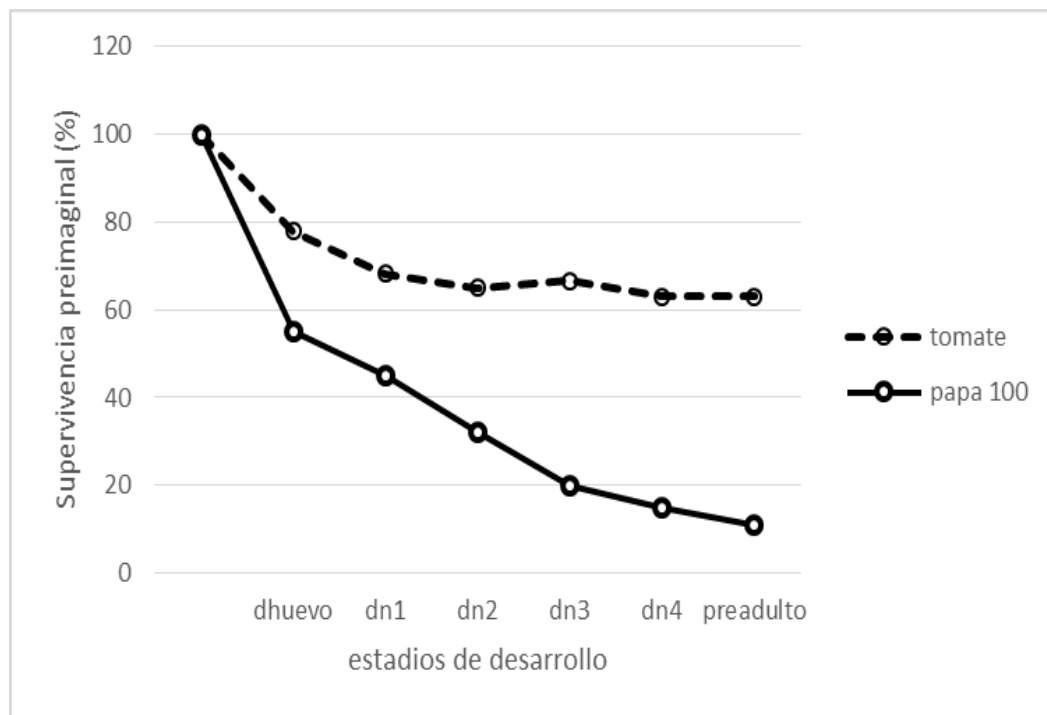
Considerando que la supervivencia es un factor determinante para el desarrollo de una población, la capacidad de un artrópodo para desarrollarse sobre un determinado hospedero depende de cuantos individuos sobreviven para reproducirse sobre este (González Zamora y Gallardo 1999). Byrne y Bellows (1991) reportan para distintas especies de aleyrodidos un amplio rango de valores de supervivencia (10% a 93%), dentro del cual están los resultados de este estudio. La supervivencia *T. vaporariorum* sobre plantas de tomate es próxima a los valores hallados por Woets y Van Lenteren (1976) y por Van de Merendonk

y Van Lenteren (1978) (78,9 y 78,8%, respectivamente), aunque fue menor al 88% medido por Van Sas *et al.* (1978) y por otra parte, a igual temperatura, Huang (1988), indica una supervivencia del 49% en tomate, lo cual es similar a lo reportado en este estudio.

### Proporción de sexos

La relación hembra: macho de las moscas blancas que llegaron al estado adulto fue diferente en los dos

hospederos ( $P < 0,001$ ). En promedio, la relación macho: hembra fue de 0,69 para *T. vaporariorum* en el cultivo de papa y de 0,46 en el cultivo de tomate. (Cuadro 2). Esto coincide con lo reportado en papa por Boiteau y Singh (1988), Dorsman y Van De Vrie (1987) en tomate. Esa diferencia a favor de las hembras tendría importancia en el desarrollo de las poblaciones del insecto debido a que favorecería la tasa de natalidad.



**Figura 1. Supervivencia de *T. vaporariorum* por estadio como porcentaje del número de huevos iniciales.**

### **Longevidad y fecundidad de hembras adultas**

La longevidad media de *T. vaporariorum* reportada en este estudio a 20,8° C fue mayor ( $P < 0,001$ ) cuando se desarrolló sobre plantas de tomate ( $12,29 \pm 1,82$  días) que sobre papa ( $4,79 \pm 2,34$  días). La fecundidad total en tomate fue de  $217,95 \pm 2,56$  huevos por hembra y el promedio de la frecuencia de oviposición fue de 2,18 huevos/hembra/día. La fecundidad total en papa fue de  $27,63 \pm 1,87$  huevos/hembra y el promedio de la frecuencia de oviposición fue de 5,01 huevos/hembra/día (Cuadro 2).

De acuerdo a De Vis (2001), Manzano y Van Lenteren (2009) la longevidad, fecundidad y la oviposición cambian con la temperatura, el tipo de cultivar y la raza de mosca blanca. Los resultados de Van Es (1982), a 20° C indican una longevidad de 53 días mientras que a 22,5° C fue de 37,1 días. De Vis (2001) en su estudio encontró a temperaturas variables ( $16,0 \pm 5,1^\circ$  C) para tomate, una fecundidad total promedio de 208.5 huevos por hembra en un rango con un máximo de 581 y mínimo de 20. Los valores encontrados en el estudio actual son similares a los realizados a 20° C por Dorsman y De Vrie (1987), de 210,7 huevos/hembra/día. A igual temperatura (20° C). Ibrahim (1975)

y Van Hes (1982), reportaron 144 y 219 huevos/hembra/día. respectivamente. Otros estudios realizados a temperaturas mayores reportan promedios de fecundidad variables. Curry y Pimentel (1971) reportan una fecundidad en tomate de 249,7 a 21° C, mientras que Van Sas (1978) y Dorsman y Van De Vrie (1987) reportan 95 y 107 huevos/hembra/día respectivamente, a 25° C en el cultivo de tomate. Van Roermound y Van Lenteren (1992) encontraron que la oviposición alcanza el máximo a 22° C y señalan que parte de la variación producida en la fecundidad entre hembras es causada por la variación en la longevidad.

Existen pocos datos sobre la fecundidad de *T. vaporariorum* en papa para las condiciones que se evaluaron. Boiteau y Singh (1988) reportaron para papa silvestre y cultivada 4,90 y 4,76 días respectivamente, a una temperatura de 26° C, siendo estos valores similares a los encontrados en este experimento.

### **Parámetros demográficos**

Se encontró un efecto significativo de la planta hospedera sobre los tres parámetros demográficos calculados para *T. vaporariorum*: la tasa neta de reproducción ( $R_0$ ), el tiempo medio generacional (TG) y la tasa intrínseca de

crecimiento natural ( $r_m$ ) (Cuadro 3). Similares resultados fueron obtenidos por Yano (1989) y Romanow *et al.* (1991) para los mismos parámetros.

El valor de  $R_0$  resultó bastante inferior (49,6) para tomate al encontrado por otros investigadores, siendo de 106,1 huevos/hembra para Ahn *et al.* (2001) y de 63,8 huevos/hembra para Yang y Chi (2006). Por otra parte, Manzano y Van Lenteren (2009) determinaron un  $r_m$  de 0,61 y un  $R_0$  de 127 huevos/hembra para *T. vaporariorum* en variedades de (*Phaseolus vulgaris*) a 25° C.

El tiempo medio generacional coincide en líneas generales con los

resultados de Coudriet *et al.* 1985, Tsai y Wang 1996, Ahn *et al.* 2001, Yang y Chi 2006). Aunque el tiempo generacional está muy relacionado con la duración del desarrollo preimaginal, expresa mejor la relación temporal del insecto con la planta, puesto que incluye la longevidad del adulto y la secuencia reproductiva.

La  $r_m$  para *T. vaporariorum* en tomate a 16° C estimada por Van Lenteren *et al.* (1996) es 0,0663, es similar a la calculada en este estudio. Esperaríamos una  $R_0$  más baja en este experimento debido a la menor fecundidad como resultado de una menor calidad de la planta huésped (tomate).

**CUADRO 2. LONGEVIDAD Y FECUNDIDAD DE HEMBRAS DE *Trialeurodes vaporariorum* EN TOMATE Y PAPA.**

Cultivar	tomate	papa
Fecundidad	217,95 a	27,63 b
Longevidad (días)	12,29 a	4,79 b
Oviposición	2,18 a	5,01 b
Proporción sexo	0,46 a	0,69 b

Medias con letras iguales en la misma columna, no son significativamente diferentes ( $P < 0,001$ ), Student Newman Keuls (SNK) ( $\alpha = 0,05$ ).

**CUADRO 3. PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE TABLA DE VIDA DE *Trialeurodes vaporariorum* EN TOMATE Y PAPA.**

Cultivar	tomate	papa
$r_m$ (tasa intrínseca de desarrollo o crecimiento)	0,067	0,060
$R_0$ (tasa neta de reproducción)	49,6	0,464
TG (tiempo medio generacional)	23,4	32,55

$R_0$  = tasa neta reproducción,  $r_m$  = tasa de incremento de la población, TG = duración media de una generación.

La selección de modelos demográficos simples, tales como las tablas de vida con información de los aspectos biológicos claros, es un paso importante hacia una mejor comprensión de la biología y la dinámica poblacional de los insectos plagas; conocimiento que puede usarse posteriormente como una herramienta para diseñar estrategias de manejo de plagas.

### CONCLUSIONES

- Los parámetros obtenidos en este estudio, relativos al potencial biótico de *T. vaporariorum* en interacción con las dos plantas hospederas permiten concluir que el cultivo de tomate (cv. Tropic) posee características que lo califican como mejor hospedero de este insecto plaga comparado con el cultivo de papa (cv. Puren).
- La selección de modelos demográficos simples, tales como las tablas de vida con información de los aspectos biológicos relevantes, es un paso importante hacia una mejor comprensión de la biología y las interacciones multitróficas de las poblaciones de los organismos que co-existen espacialmente y co-evolucionan temporalmente; conocimiento que puede usarse para diseñar estrategias de manejo

agroecológico de organismos nocivos a los cultivos agroalimentarios.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ahn, KS; Lee, KY; Choi, MH; Kim, JW; Kim, GH. 2001. Effect of temperatura and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Korean Journal of Applied Entomology 40:203-209.
- Boiteau, G; Singh, RP. 1988. Resistance to the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in a clone of the wild potato *Solanun berthaultii* Hawker. Ann. Entomol. Soc. Am. 81:428-431.
- Butler, GD; Henneberry, TJ. 1984. *Bemisia tabaci*: Effect of cotton leaf pubescence on abundance. The Southwestern Entomologist 9:91-94.
- Byrne, DN; Bellows Junior, TS. 1991. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36:431-457.
- Carey, JR. 1993. Applied demography for biologists. New York: Oxford University Press.



- Costa, JF; Cosio, W; Cárdenas, M; Yábar, E; Gianoli, E. 2009. Preference of quinoa moth: *Eurysacca melanocampe* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) for two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in olfactometry assays. J. Agric. Res. 69(1):71-78.
- Coudriet, DL; Prabhaker, N; Kishaba, AN; Meyerdirk, DE. 1985. Variation in developmental rate on different hosts and over wintering of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Environm. Entomol. 14:516-519.
- Curry, JP; Pimentel, D. 1971. Life cycle of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, and population trends of the whitefly and its parasite, *Encarsia formosa*, on two tomato varieties. Ann. Entomol. Soc. Am. 64:1188-1190
- Despoina, E; Kapantaidaki, Eldem Sadikoglou, Dimitra Tsakireli, Vasileios Kampanis, Marianna Stavrakaki, Corinna Schorn, Aris Ilias, Maria Riga, George Tsiamis, Ralf Nauen, George Skavdis, John Vontas and Anastasia Tsagkarakou. 2017. Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* populations and novel diagnostics for mutations, Pest Management Science 74(1):59-69.
- Dorsman, R; Van De Vrie, M. 1987. Populations dynamics of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on different gerbera varieties. Bull.IOBC/WPRS 1987/ X/2:46-51.
- De Vis, RMJ. 2001. Biological control of whitefly on greenhouse tomato in Colombia: *Encarsia formosa* or *Amitus fuscipennis*? Doctoral thesis. Wageningen University. ISBN 90-5808-521-X 166 p.
- Duffus, JE. 1965. Beet pseudo-yellows virus, transmitted by the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. Phytopathology 55:450-453.
- Duffus, JE., Liu, H; Wisler, GC. 1996. Tomato infectious chlorosis virus -A new clostero-like virus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Eur. J. Plant Pathol. 102:219-226.
- Eijsackers, H. 1969. Ontwikkelingen en verspreiding van *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en *Encarsia formosa*. M.Sc. thesis,

- Dept of Population Biology, University of Leiden, The Netherlands. 48 p.
- Gabarra, H; Cumapa, L; Carhuapoma, P; González D, GI; Muñoz, J; Gutiérrez, A. 2018. A temperatura responsive transmission model for the Potato yellow vein virus-*Trialeurodes vaporariorum*- potato pathosystem. In XXVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP).
- González D, GI. 1997. Situación actual de la investigación en Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de Hortalizas en Panamá. In Memorias Taller de Control Biológico de *Plutella xylostella*. REDCAHOR. Constanza, DO.
- González, GI; Pitti, J; Gutiérrez, A; Santamaría Guerra, J. 2018. Determinación de la sobrevivencia de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. Cerro Punta, Chiriquí. In Compendio de Resúmenes de la XLXIII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, PA.
- González Zamora, JE; Gallardo, JM. 1999. Desarrollo y capacidad reproductiva de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento a tres temperaturas. Boletín Sanidad Vegetal, Plagas 25:3-11.
- Huang, YG. 1988. Possibility of the greenhouse whitefly control by steril insect technique. M.Sc. thesis, Enea-Dept of Agrobiolgy, Rome, IT. 92 p.
- Ibrahim, GEA. 1975. 1975. The glasshouse whitefly and its parasite. Ph.D. Thesis. University of Badford. UK.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2010. Contraloría General de la República de Panamá. Productores agropecuarios y superficie en la república, por actividad principal, según provincia, comarca indígena y tamaño de la explotación: Año 2010. Consultado 25 may. 2018. Disponible en <http://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2015. Hoja de Balance de Alimentos 2015.

- Consultado 21 feb. 2018. Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/>
- McDaniel, T; Tosh, CR; Angharad, MR; Gatehouse, AMR; David George, D; Robson, M; Brogan, B. 2016. Novel resistance mechanisms of a wild tomato against the glasshouse whitefly. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1).
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2017. Informe del Cierre Agrícola 2016-2017. Dirección de Agricultura. MIDA, Santiago de Veraguas, Panamá. 49 p.
- Manzano, MR; Van Lenteren, JC. 2009. Life History parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) at different environmental conditions on two bean cultivars. *Neotropical Entomology* 38:452-458.
- Natwick, ET; Zalom, FG. 1984. Surveying Sweetpotato whitefly in the Imperial Valley. *California Agriculture* 38:314.
- Osborne, LS. 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. *Environ. Entomol.* 11:483-485.
- Price, P. 1975. *Insect ecology*. John Wiley & Sons, New York. 514 pp.
- Prijović, M; Škaljac, T; Drobnjaković, K; Žanić, P; Perić, D; Marčić, J; Puizina, J. 2014. Genetic variation of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae), among populations from Serbia and neighbouring countries, as inferred from COI sequence variability. *Bulletin of Entomological Research* 104(03):357.
- Romanow, LR; De Ponti, OMB; Mollema, C. 1991. Resistance in tomato to the greenhouse whitefly: analysis of population dynamics. *Entomologia experimentalis et applicata* 60:247-259.
- Salazar, LF; Müller, G; Querci, M; Zapata, JL; Owens, RA. 2000. Potato yellow vein virus: its host range, distribution in South America and identification as a crinivirus transmitted by *Trialeurodes*

- vaporariorum*. Annals of Applied Biology 137(1): 7-19. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00052.x>
- Santamaría-Guerra, J; González D, GI. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. Agroecology and Sustainable Food Systems. 41:3-4, 349-365. Consultado 23 feb. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Schoonhoven, LM; van Loon, JJA; Dicke, M. 2005. Insect-plant biology/Louis M. Schoonhoven, Joop J. A. van Loon, Marcel Dicke. — 2<sup>nd</sup> ed.p. cm. 490 p.
- Singer, MC. 2000. Reducing ambiguity in describing plant-insect interactions: "preference", "acceptability" and "electivity". Ecological Letters 3:159-162.
- Tsai, JH; Wang, K. 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. Environmental Entomology 25: 810-816.
- Van De Merendock, S; Van Lenteren, JC. 1978. Determination of mortality of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) eggs, larvae and pupae on four host-plant species: eggplant (*Solanum melongera* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), paprika (*Capsicum annum* L.). Med. Fac. Landbouww. Rijk-univ. Gent 43:421-429.
- Van Dorst, HJM; Huijberts, N; Bos, L. 1983. Yellows of glasshouse vegetables transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Neth. J. Plant Pathol. 89:171-184.
- Van Es, E. 1982. Waardplantkwaliteit van twee vlezigetomaterassen voor de kaswttenvlieg *Trialeurodes vaporariorum* M.Sc. Thesis., Dept. of Entomology, Wageningen Agricultural University. 48 p.
- Van Lenteren, JC; Van Roermound, HJW; Sütterlin, S. 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? Biological Control 6:1-10.

- Van Roermound, HJW; Van Lenteren, JC. 1992. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) XXXIV. Life-history parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* as a function of host plant and temperature. Wageningen University papers 92-3:1-102.
- Van Sas, J. 1978. Bepaling van de waardplantkwaliteit van augurk, meloen, en gerbera voor de kaswittevlies, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) M.Sc. Thesis, Dep of Population Biology, University of Leiden, The Netherlands, 55 p.
- Woets, J; Van Lenteren, JC. 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). VI. Influence of the host plant on the greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. Bull. IOBC/WPRS 1976/4.
- Yano, E. 1989. Factors affecting population growth of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 33:122-127.
- Yang, TC; Chi, H. 2006. Life tables and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. Journal of Economic Entomology 3:691-698.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece la asistencia del experimento al Ing. Javier E. Pitti y a la Licda. Grace Contreras. A los revisores anónimos por sus aportes críticos al manuscrito.

## ABSORCIÓN DE NUTRIENTES DE DOS VARIEDADES DE ARROZ EN UN SUELO ENTISOL BAJO SECANO EN TONOSÍ-PANAMÁ<sup>1</sup>

*Luis Alberto Barahona-Amores<sup>2</sup>; José Ezequiel Villarreal-Núñez<sup>3</sup>;  
Rubén Darío Samaniego-Sánchez<sup>4</sup>; Evelyn Itzel Quirós-McIntire<sup>5</sup>*

### RESUMEN

Con el objetivo de determinar la extracción de macro y micro nutrientes en dos variedades de arroz según etapa fenológica, en un suelo Entisol bajo condiciones de secano, se realizó un estudio en Tonosí, provincia de Los Santos, Panamá, localizado entre los 7° 24' 03" latitud N y 80° 24' 36" longitud O a 14 msnm, durante los meses de agosto a diciembre en los ciclos agrícolas 2015 y 2016. Se utilizaron las variedades IDIAP FL 106-11 y la IDIAP FL 137-11; las parcelas fueron de 100 m<sup>2</sup> para cada variedad; siembra al voleo con una densidad de 130 kg semilla.ha<sup>-1</sup>. Se realizaron muestreos cada 15 días a partir de la germinación asegurando la coincidencia con las etapas fenológicas importantes del cultivo; para cada muestreo se realizaron cuatro réplicas utilizando un marco de 0,25 m x 0,25 m. Se determinó la extracción de nutrientes en raíz, follaje y granos. Se realizó un análisis de regresión para determinar la extracción de nutrientes en cada etapa de cultivo. Como resultado se obtuvo que no existió diferencia significativa en rendimiento entre ambas variedades, mientras que existió diferencia significativa en la extracción de nutrientes entre ellas. La variedad IDIAP FL 106-11, extrae mayor cantidad de P y Mg que la IDIAP FL 137-11, la cual presenta mayor extracción de N, K, Ca, Mn, Zn y Cu y ambas presentaron igual extracción en Fe. La variedad IDIAP FL 137-11 es más exigente en nutrientes para producir una tonelada de grano que la variedad IDIAP FL 106-11 bajo las condiciones de secano en suelo Entisol.

**PALABRAS CLAVES:** Fertilización, dinámica de nutrientes, extracción, fases fenológicas.

---

<sup>1</sup>Recepción: 16 de mayo de 2018. Aceptación: 15 de junio de 2018. Investigación financiada con fondos del proyecto para mejorar la competitividad de los sistemas productivos de arroz en Panamá. Forma parte de la tesis de maestría en Manejos de Suelos y Agua del primer autor, en la Universidad de Panamá.

<sup>2</sup>M.Sc. Manejo de Suelos y Agua. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

e-mail: [alberline@gmail.com](mailto:alberline@gmail.com)

<sup>3</sup>PhD. Edafología. IDIAP. e-mail: [jevilla38@gmail.com](mailto:jevilla38@gmail.com)

<sup>4</sup>M.Sc. Agricultura Ecológica. IDIAP. e-mail: [ruben\\_sama15@hotmail.com](mailto:ruben_sama15@hotmail.com)

<sup>5</sup>Ph.D. Ciencias Agrícolas. IDIAP. e-mail: [evelynitzel26@gmail.com](mailto:evelynitzel26@gmail.com)

## ABSORPTION OF NUTRIENTS OF TWO RICE VARIETIES IN A ENTISOL SOIL UNDER RAINFED CONDITION IN TONOSÍ-PANAMÁ

### ABSTRACT

With the objective of determining the extraction of macro and micro nutrients in two rice varieties according to phenological stage, in an Entisol soil under rainfed conditions, a study was conducted in Tonosí, province of Los Santos, Panama, located between 7°24'03" Latitude N and 80°24'36" longitude W at 14 masl, during the months of August to December in the agricultural cycles of 2015 and 2016. The varieties used were IDIAP FL 106-11 and the IDIAP FL 137-11; with plots of 100 m<sup>2</sup> for each variety; broadcasting with a density of 130 kg seed.ha<sup>-1</sup>. Samplings were made every 15 days from the germination ensuring the coincidence with the important phenological stages of the crop; For each sampling, four replicates were made using a 0,25 m x 0,25 m frame. The extraction of nutrients was determined in the root, foliage and grains. A regression analysis was performed to determine the extraction of nutrients by crop stage. There was no significant difference in yield between the two varieties, whereas there was a significant difference in the extraction of nutrients between them. The IDIAP FL 106-11 variety extracts more P and Mg than IDIAP FL 137-11, which shows higher extraction of N, K, Ca, Mn, Zn and Cu and both had the same extraction in Fe. The variety IDIAP FL 137-11 is more demanding in nutrients to produce a ton of grain than the IDIAP FL 106-11 variety under rainfed conditions in Entisol soil.

**KEY WORDS:** Fertilization, nutrient dynamics, extraction, phenological phases.

### INTRODUCCIÓN

La producción de arroz mecanizado en Panamá para el ciclo agrícola 2016-17 fue de 310 651 toneladas de arroz en cascara. Las hectáreas sembradas fueron 65 275 y un rendimiento promedio de 4,7 t.ha<sup>-1</sup>. El 85% de la producción panameña de arroz se realiza en seco y el 15% con sistema de riego (MIDA 2017). Este bajo nivel de uso de riego dificulta la producción, porque la mayoría de los productores depende de las lluvias para obtener una

buena cosecha y debido a la variabilidad climática esto dificulta el buen manejo agronómico del cultivo (FAO 2013).

El manejo eficiente de cualquier cultivo se basa en el conocimiento adecuado de su fenología. La importancia de determinar épocas de aplicación de fertilizantes de acuerdo a etapas de máxima absorción, así como, la cantidad total de nutrientes que la planta requiere para su desarrollo, radica en que ayudan a desarrollar prácticas adecuadas para

mejorar el crecimiento integral de la planta, mediante la aplicación de los nutrientes en proporciones adecuadas, para optimizar la producción sin degradar los recursos naturales (Magnifico *et al.* 1979, Baligar y Fageira 2007, Herber y Kraemer 2010).

La fertilización constituye un factor importante en la obtención de altos rendimientos. La respuesta a la fertilización depende de la variedad, fertilidad del suelo, clima, manejo del agua y manejo de plagas (INPOFOS 2004, Molina y Rodríguez 2012). Conociendo el consumo total de nutrientes de un cultivo se puede estimar la dosis necesaria para obtener el rendimiento deseado, lo cual se logra, confrontando el consumo total con las cantidades presentes en el suelo para así determinar las cantidades necesarias para llegar a la meta establecida (Ramírez y Bertsch 2002).

Un estudio de absorción es un buen punto de partida para estimar la cantidad de nutrientes que se debe reponer al campo para mantener la fertilidad. Si se desea mantener la sostenibilidad del sistema, debe al menos reponerse al suelo las mismas cantidades de nutrientes que salen del campo en la biomasa del cultivo (Bertsch 2005,

Ramírez *et al.* 2000). Una curva de absorción de nutrientes es la representación gráfica de la extracción de un nutriente y representa las cantidades extraídas por la planta durante su ciclo de vida (Sancho 1999).

Se han realizado varios trabajos sobre curvas de absorción de nutrientes en diversas variedades de arroz en Panamá (Name y Villarreal 2004, Villarreal-Barrera 2018), Argentina (Herber y Kraemer 2010), Costa Rica (Bertsch 2005, Molina y Rodríguez 2012) y Nicaragua (Amador y Bernal 2012), encontrando extracción de nutrientes distintas dependiendo de la variedad, manejo y tipo de suelo. El presente trabajo se realizó con el objetivo de determinar la extracción de macro y micro nutrientes en dos variedades de arroz según etapa fenológica, en un suelo Entisol bajo condiciones de secano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización geográfica

El estudio se realizó en el Instituto Profesional Técnico Agropecuario de Tonosí (IPTAT), ubicado en el corregimiento de El Cacao, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos, entre los 7°26'03" de latitud Norte y los 80°24'37" longitud Oeste (Figura 1). Los suelos fueron clasificados como Typic



Udifluents, textura franca con régimen de humedad y temperatura Údico, e Isohipertérmico (MIDA 2015), y dentro de la zona de vida correspondiente a Bosque Húmedo Tropical según Holdridge (1967).

### Material genético

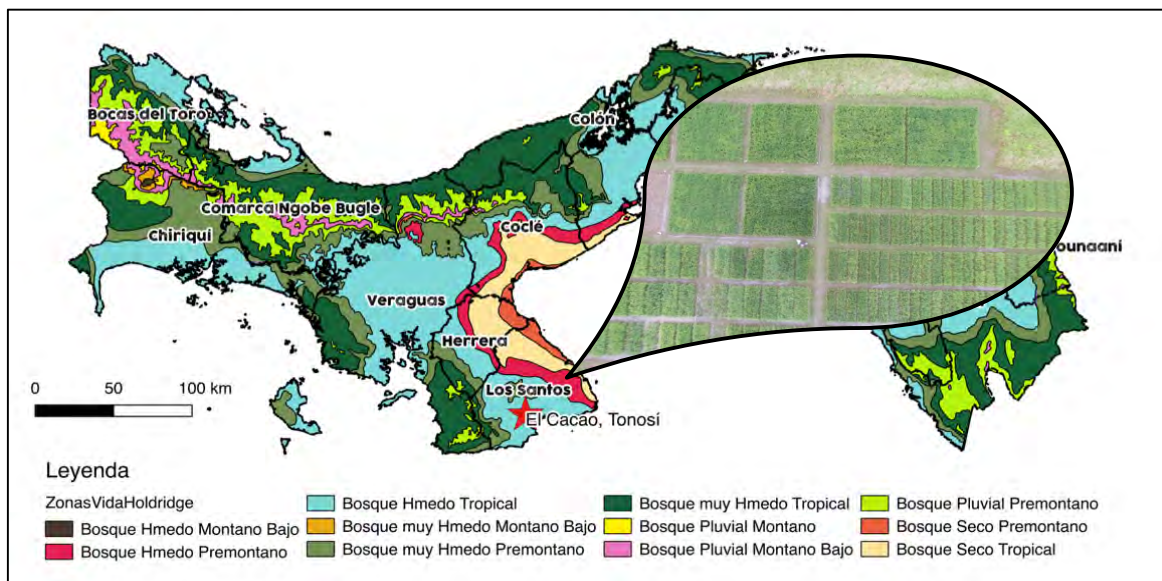
El material genético utilizado en el experimento fueron las variedades del IDIAP denominadas IDIAP FL 106-11 y la IDIAP FL 137-11 (Cuadro 1).

### Características edafoclimáticas

El contenido de nutrientes según los niveles críticos establecidos por Name y Cordero (1987), presenta niveles altos de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y de hierro (Fe); niveles medios de fósforo (P), manganeso (Mn) y de cobre (Cu); además unos niveles bajos de

aluminio (Al) y zinc (Zn). En cuanto a sus características físico-químicas, presenta una textura franca, con una coloración en seco pardo amarillo claro, pH poco ácido, una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) media, con una baja saturación de aluminio y una elevada saturación de bases, la cual está dominada por la saturación de calcio (70,8%) y un nivel medio de materia orgánica (Cuadro 2).

Durante los años 2015 y 2016 la precipitación media anual fue de 1400 mm, temperatura media de 27,9° C, humedad relativa de 78,4% y evapotranspiración media anual de 115,8 mm (Batista *et al.* 2018).



**Figura 1. Localización geográfica del estudio de absorción de nutrientes de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1967).**

**CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS VARIEDADES DE ARROZ UTILIZADAS EN EL ESTUDIO DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.**

Variedad	MM	IP	Flor	Mad	Rend
	Días después de siembra				kg.ha <sup>-1</sup>
IDIAP FL 106-11	45	53	84	115	5083
IDIAP FL 137-11	47	57	87	118	5122

MM= máximo macollamiento, IP= inicio de primordio, Flor= floración, Mat= maduración, Rend= rendimiento.  
Fuente: Adaptado de Quirós-McIntire *et al.* 2011.

**CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL SUELO UTILIZADO EN EL ESTUDIO DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES.**

P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
Mg.l <sup>-1</sup>		cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>					Mg.l <sup>-1</sup>	
37	215	25	9,7	0,2	36	82	2,9	5,5
Textura	color	CICE	pH	Al	bases	M.O.		
		cmol <sub>(+)</sub> .kg <sup>-1</sup>		% saturación		%		
FRA	Pardo A C	35,8	6,3	0,56	99,44	4,26		

Fuente: Laboratorio de Suelos, IDIAP 2015.

### Arreglo en campo y manejo

El ensayo se realizó durante los ciclos agrícolas 2015 y 2016 de agosto a diciembre en el sistema de secano. Se utilizaron parcelas de 100 m<sup>2</sup> para cada variedad (10 m x 10 m); la siembra se realizó al voleo con una densidad de 130 kg semilla.ha<sup>-1</sup>. Se utilizó una fertilización básica de 120 kg N.ha<sup>-1</sup>, 80 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup> y 80 kg K<sub>2</sub>O.ha<sup>-1</sup>, en donde el total del P y K fue aplicado al momento de la siembra y el N se fraccionó a los 30, 45 y 55 días después de la siembra (Urea 46%).

El manejo agronómico se realizó de acuerdo con las tecnologías generadas por el IDIAP (Camargo *et al.*

2014). La cosecha se realizó cuando ambas variedades alcanzaron la madurez fisiológica con una humedad de grano de 25%, se limpió y secó para luego determinar el rendimiento de grano al 14% humedad.

### Muestreo en campo

Los muestreos de campo para la elaboración de las curvas de absorción se realizaron siguiendo la metodología descrita por Ramírez y Bertsch (1998), Sancho (1999) y Bertsch (2009). Se muestreó cada 15 días, asegurando que coincidieran con las etapas fenológicas más importantes del cultivo de arroz. En cada etapa de muestreo se hicieron

cuatro réplicas, en cada replica se utilizó un marco de 0,25 m x 0,25 m. Las muestras se dividieron en raíz, follaje y granos para determinar la extracción de nutrientes en cada una de ellas.

Se pesaron las muestras húmedas, luego se llevaron al horno a 70° C por 48 horas y se tomó el peso seco para calcular la producción de biomasa seca total por hectárea. Para el rendimiento de grano se utilizó un marco de 1 x 1 m y se calculó el rendimiento de grano al 14% de humedad.

### **Análisis de laboratorio**

El contenido de nutrientes se determinó según la metodología descrita por Villarreal y Name (1996) y Wilcox y Rivera (2010). Las muestras secas fueron molidas y pasadas por un tamiz N° 20 (1 mm de abertura en la malla), luego fueron guardadas en sobres de papel a temperatura ambiente. El N se determinó mediante el método Kjeldahl, se utilizó el proceso de mineralización vía húmeda y se determinó el P por Mehlich 1 y formación del complejo fosfomolibdico utilizando un espectrofotómetro de luz visible y el K, Ca, Mg Mn, Fe, Cu y Zn se leyeron en absorción atómica de fuente continua.

### **Análisis estadístico**

Se realizó una prueba de t-Student (alfa: 0,05), para determinar si hay diferencia entre las variedades en cuanto a los rendimientos y absorción de nutrientes. Se realizó un análisis de regresión cuadrática para determinar el modelo que explica la extracción de cada elemento por etapa fenológica.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

Donde:

Y= absorción de nutriente (kg.ha<sup>-1</sup>)

$\beta_0$ = intercepto de la curva

$\beta_1$ = coeficiente lineal

$\beta_2$ = coeficiente cuadrático

X= variable independiente (etapa de muestreo)

### **Variables de estudio**

- Contenido de macro y micronutrientes en el suelo.
- Extracción de nutrientes por etapa fenológica por ha (raíz, follaje y panícula).
- Extracción de nutrientes total por ha (raíz, follaje y panícula).
- Extracción total de nutrientes por ha (raíz + follaje + panícula)
- Rendimiento de grano al 14% humedad

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La prueba de t-Student para muestras independientes mostró que no existe diferencia en rendimiento de grano, extracción de P y Fe entre ambas variedades, mientras que para los demás

nutrientes existe diferencia significativa en la extracción por las dos variedades (Cuadro 3).

La curva de crecimiento en base a la producción de biomasa seca para ambas variedades tiene un

comportamiento similar. Esta presenta un aumento lineal hasta la etapa de floración a los 90 días después de germinado (ddg). La variedad IDIAP FL 137-11 sigue incrementando la producción de biomasa mientras que IDIAP 106-11 tiene un decrecimiento (Figura 2).

### CUADRO 3. PRUEBA DE T-STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS.

Variable	gl	Valor de t	Sig. (bilateral)
Rendimiento de grano	6	-0,30	0,78 <sup>ns</sup>
N	6	-2,86	0,03*
P	6	2,16	0,07 <sup>ns</sup>
K	6	-3,02	0,02*
Ca	6	-13,72	<0,00**
Mg	6	3,62	0,01**
Mn	6	-15,87	<0,00**
Fe	6	0.195	0.852 <sup>ns</sup>
Cu	6	-34.287	<0,000**
Zn	6	-9.089	<0,000**

gl= grados de libertad; ns= no existe diferencia estadística; \*= diferencia estadística significativa; \*\*= diferencia estadística altamente significativa.

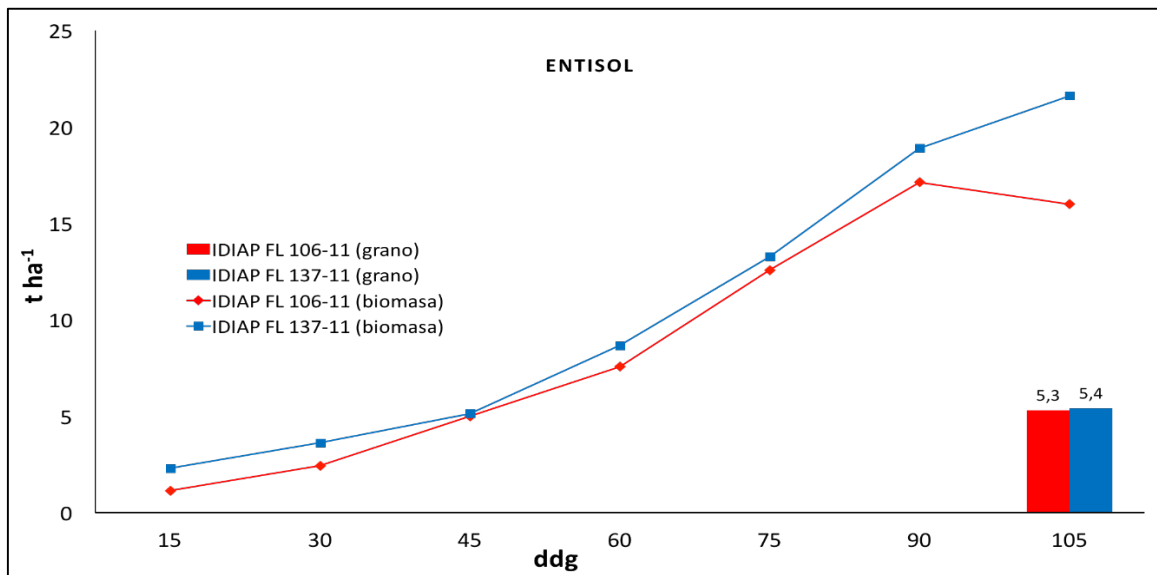


Figura 2. Producción de biomasa y rendimiento de grano para las variedades IDIAP FL 106-11 y la IDIAP FL 137-11.

La variedad IDIAP FL 137-11 extrae mayor cantidad de N, K, Ca, Mn, Zn y Fe que la variedad IDIAP FL 106-11, con un rendimiento estadísticamente similar, lo que se traduce en menor eficiencia en la partición de fotosintatos, ya que IDIAP FL 106-11 necesita menor cantidad de nutrientes para producir una tonelada de arroz (Cuadro 4). La eficiencia también se puede determinar con el Índice de cosecha (IC), el cual es la relación entre la biomasa seca producida y el rendimiento de grano seco (0% humedad), donde IDIAP FL 106-11 presenta un IC de 0,45 y IDIAP FL 137-11 obtuvo un IC de 0,33. Las variedades modernas tropicales de corta duración presentan un IC que va de 0,3 a 0,5 en la estación lluviosa con alta nubosidad (Bouman *et al.* 2014).

#### **Curva de absorción de nitrógeno**

La absorción de N tiene un comportamiento distinto en ambas variedades, IDIAP FL 137-11 presenta su máxima extracción de 75 a 90 ddg, coincidiendo con las fases de embuchamiento y floración. IDIAP FL 106-11 presenta dos picos de absorción que coinciden con el máximo macollamiento (45 ddg) y el embuchamiento (Figura 3).

El N es un regulador del crecimiento ya que promueve la reproducción celular y, por ende, el macollamiento de la planta (Mejía y Menjívar 2010), igualmente existe una correlación positiva entre el número de granos por unidad de área y el porcentaje de N absorbido por la planta momentos antes de la floración (Yoshida 1978), mientras que la máxima extracción de N en la etapa de máximo macollamiento la encontraron Molina y Rodríguez (2012), Amador y Bernal (2012). El máximo macollamiento y el inicio de floración como las etapas de mayor extracción de N lo reportan Molina y Rodríguez (2012) y Amador y Bernal (2012). La etapa de llenado de grano como la de mayor extracción de N en el cultivo de arroz es reportada por Name y Villarreal (2004).

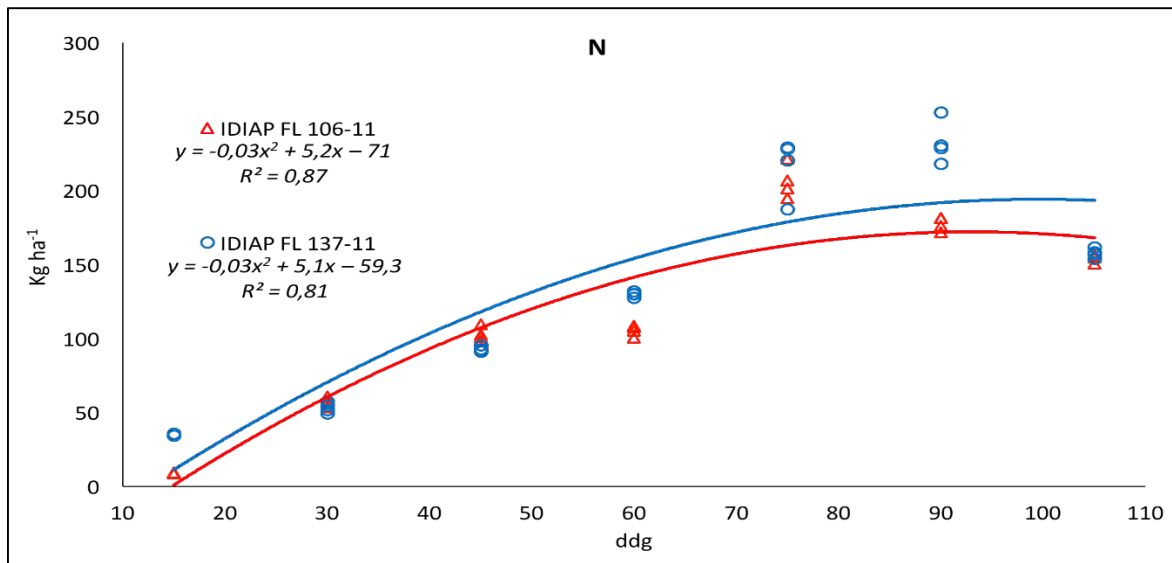
#### **Curva de absorción de fósforo**

Ambas variedades presentan una dinámica de absorción de P distinta entre ellas, donde IDIAP FL 106-11 presenta un pico máximo de absorción durante la fase de embuchamiento del cultivo. IDIAP FL 137-11 presenta su máxima extracción entre las etapas de embuchamiento y floración (Figura 4).

**CUADRO 4. EXTRACCIÓN TOTAL POR HECTÁREA Y EXTRACCIÓN POR TONELADA DE GRANO PRODUCIDO SEGÚN VARIEDAD.**

Variedad	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zn	Cu	
										kg.ha <sup>-1</sup>
IDIAP FL 106-11	206b	48a	248b	98b	21a	0,7b	2,7a	0,8b	0,2b	
IDIAP FL 137-11	233a	44a	286a	129a	19b	1,6a	2,7a	1,2a	0,4a	
kg nutriente.ha <sup>-1</sup> por t de grano										
IDIAP FL 106-11	34b	8a	41b	16b	3,4a	0,1b	0,4a	0,1b	0,1a	
IDIAP FL 137-11	38a	7a	47a	21a	3,2b	0,3b	0,4a	0,2a	0,1a	

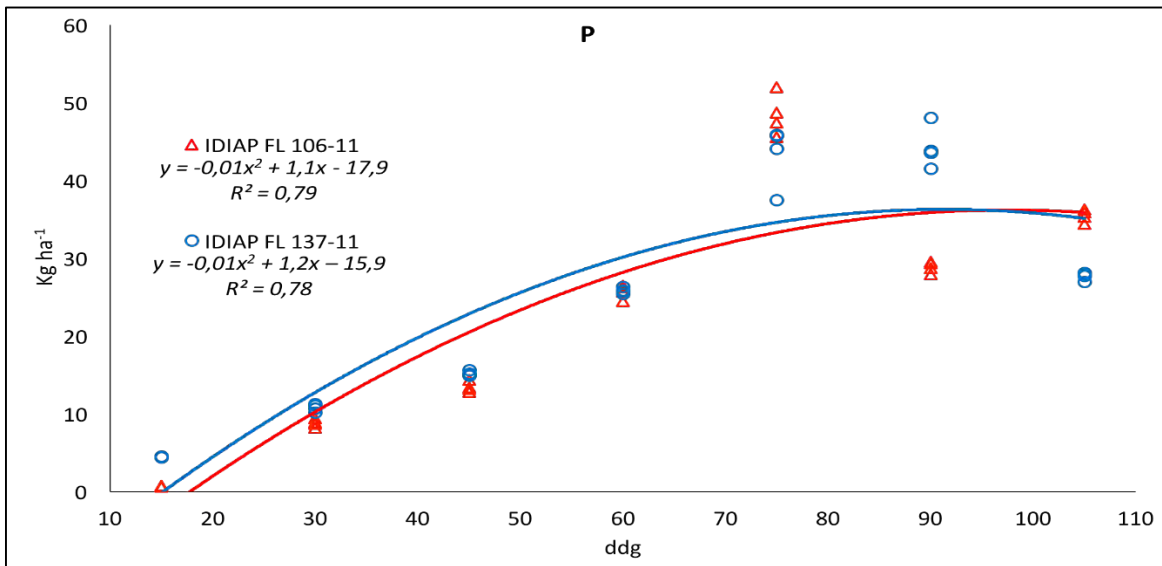
N=nitrógeno, P=fósforo, K=potasio, Ca=calcio, Mg=magnesio, Mn=manganeso, Fe=hierro, Zn=zinc, Cu=cobre.

**Figura 3. Extracción de nitrógeno según la variedad y etapa fenológica.**

A diferencia de lo que ocurre con el N, los iones fosfato no se reducen químicamente dentro de la planta, donde la mayor parte del fosfato absorbido se incorpora a moléculas orgánicas (del tipo de los ésteres), y estos compuestos se acumulan en las raíces y en las hojas hasta la iniciación de la panícula (Perdomo *et al.* 1985).

Resultados similares han sido reportados por Molina y Rodríguez

(2012), encontrando que partir del inicio de la formación del primordio y hasta la floración, la planta absorbió el 58% del P total requerido. Amador y Bernal (2012) encontraron que las etapas de mayor demanda de fósforo fueron macollamiento y grano maduro. Por otro lado, la etapa de llenado de grano es reportada como la de mayor extracción de fósforo en el cultivo de arroz por Name y Villarreal (2004).



**Figura 4. Extracción de fósforo según la variedad y etapa fenológica.**

#### Curva de absorción de potasio

La absorción de K por ambas variedades presenta una dinámica similar en las etapas tempranas de su fenología, presentando ambas un incremento en la absorción durante etapa de máximo macollamiento. IDIAP FL 106-11 presenta su mayor pico de absorción durante el embuchamiento mientras que IDIAP FL 137-11 presenta su máxima extracción entre las etapas de embuchamiento y floración (Figura 5).

El K es de importancia en el desarrollo de las macollas de la planta, en la formación de la panícula, en la resistencia al acame (Mejía y Menjívar 2010). Una absorción tardía muy alta durante la fase de maduración y que correspondió al 45% del K total absorbido fue reportado por Molina y Rodríguez

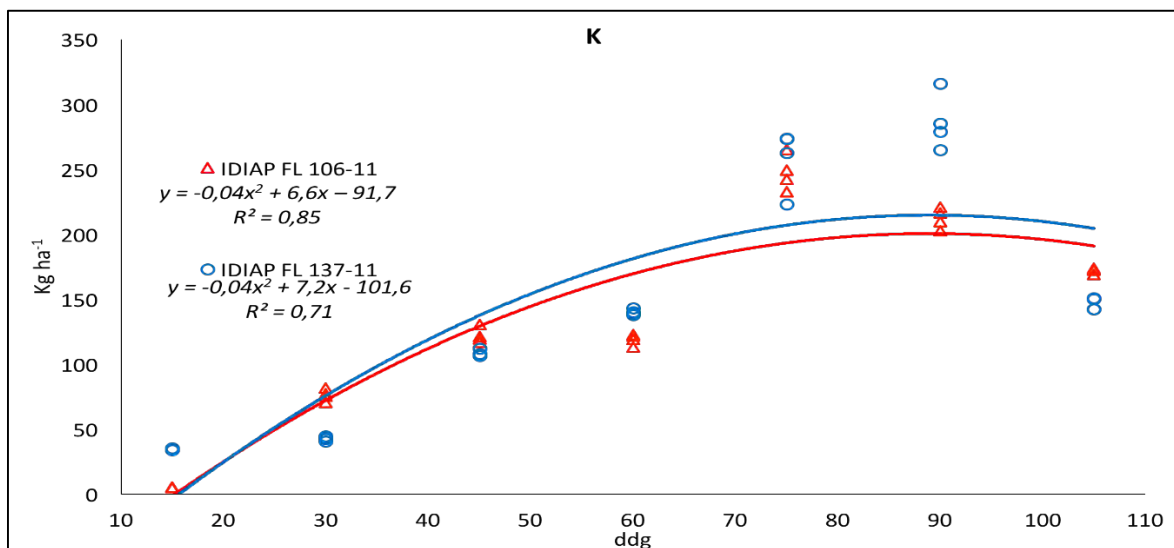
(2012) reportaron y resultado similar en la que más del 80% del K fue absorbido en la fase reproductiva y de maduración por Vargas (2002); Name y Villarreal (2004) reportan la etapa de llenado de grano como la de mayor extracción de potasio; Amador y Bernal (2012) reportan la mayor absorción de K en la etapa de macollamiento.

#### Curva de absorción de calcio

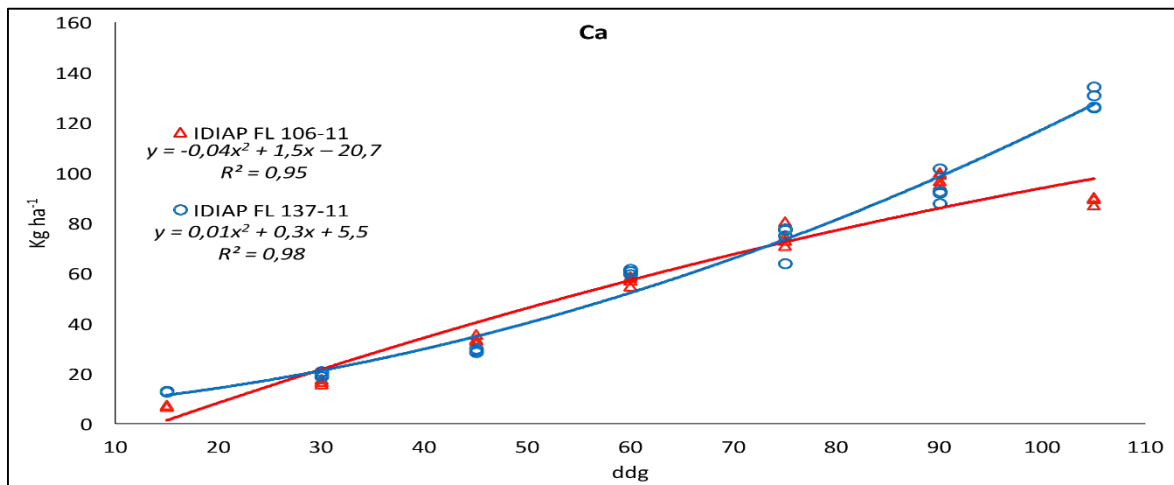
La dinámica en la absorción de Ca por ambas variedades es similar, con un incremento continuo en la absorción a medida que se desarrolla la planta, con una diferencia al llegar a la fase de floración donde IDIAP FL 106-11 detiene su extracción e IDIAP 137-11 continúa absorbiendo Ca hasta el final de su ciclo fenológico (Figura 6).

El Ca funciona como segundo mensajero en la conducción de señales entre los factores ambientales y los mecanismos de respuesta de las plantas, en términos de crecimiento y desarrollo. Esta función está relacionada con la división celular, por tanto, el arroz toma el Ca de manera continua hasta la etapa de llenado de grano (Mejía y Menjívar 2010).

Trabajos realizados por Amador y Bernal (2012) reportan que las etapas de mayor demanda de calcio fueron macollamiento y floración; por otra parte, los estados de macollamiento y llenado de grano son identificados como los de mayor demanda de Ca según Molina y Rodríguez (2012).



**Figura 5. Extracción de potasio según la variedad y etapa fenológica.**



**Figura 6. Extracción de calcio según la variedad y etapa fenológica.**



### Curva de absorción de magnesio

El Mg es absorbido por ambas variedades de manera distinta, IDIAP FL 137-11 muestra una dinámica de absorción lineal durante todo su ciclo fenológico e IDIAP FL 106-11 muestra un pico de absorción en la etapa de floración y luego decrece al llegar al fin de su ciclo (Figura 7).

La principal función del Mg está en la fotosíntesis, ya que es el átomo central de la molécula de clorofila (Mejía y Menjívar 2010), requiriendo mayor cantidad en las etapas donde hay mayor producción de biomasa. Las etapas de mayor demanda de magnesio son la floración y maduración (Amador y Bernal 2012).

### Curva de absorción de manganeso

La dinámica en absorción de Mn por las variedades presenta un

comportamiento similar, pero en proporciones distintas, ya que ambas variedades presentan su máxima extracción durante el periodo de floración. La absorción de Mn por IDIAP FL 137-11 es superior durante todo el ciclo, principalmente en el pico de máxima absorción que ocurre a los 90 días de germinado (Figura 8).

Este nutriente está presente en el complejo Mn-proteína que transporta electrones del agua al fotosistema II (Mejía y Menjívar 2010), requiriendo en mayor cantidad en las etapas donde hay mayor producción de biomasa. Trabajos realizados por Amador y Bernal (2012) reportan su mayor absorción en la etapa de macollamiento, mientras que Molina y Rodríguez (2012) ubican la etapa de maduración como la de mayor extracción de Mn en el cultivo de arroz.

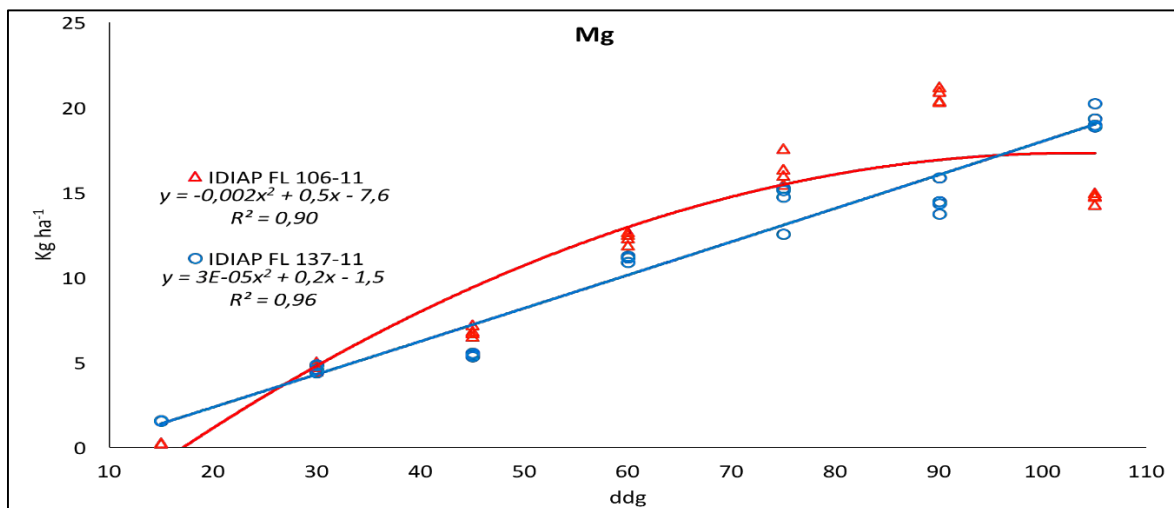
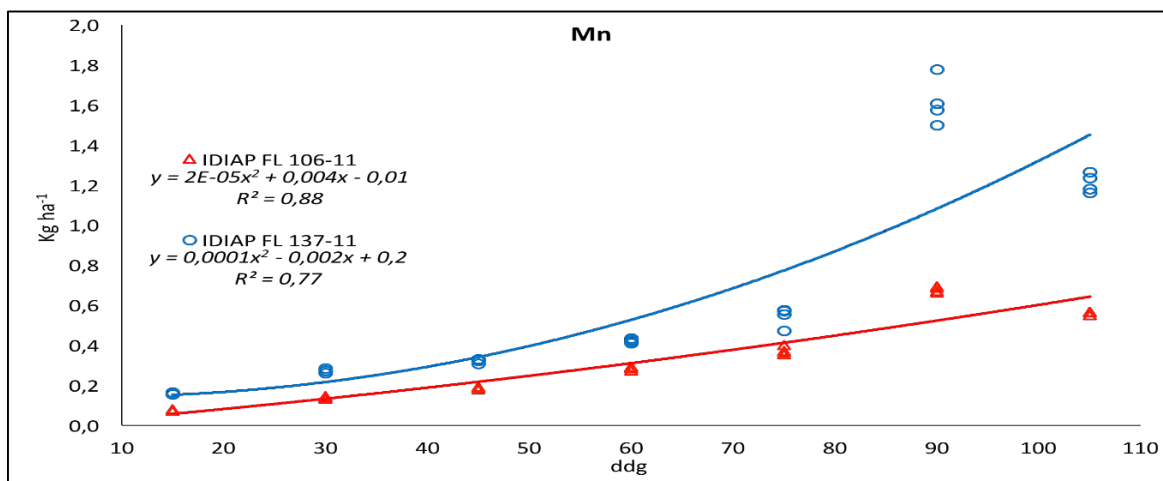


Figura 7. Extracción de magnesio según la variedad y etapa fenológica.



**Figura 8. Extracción de manganeso según la variedad y etapa fenológica.**

### Curva de absorción de hierro

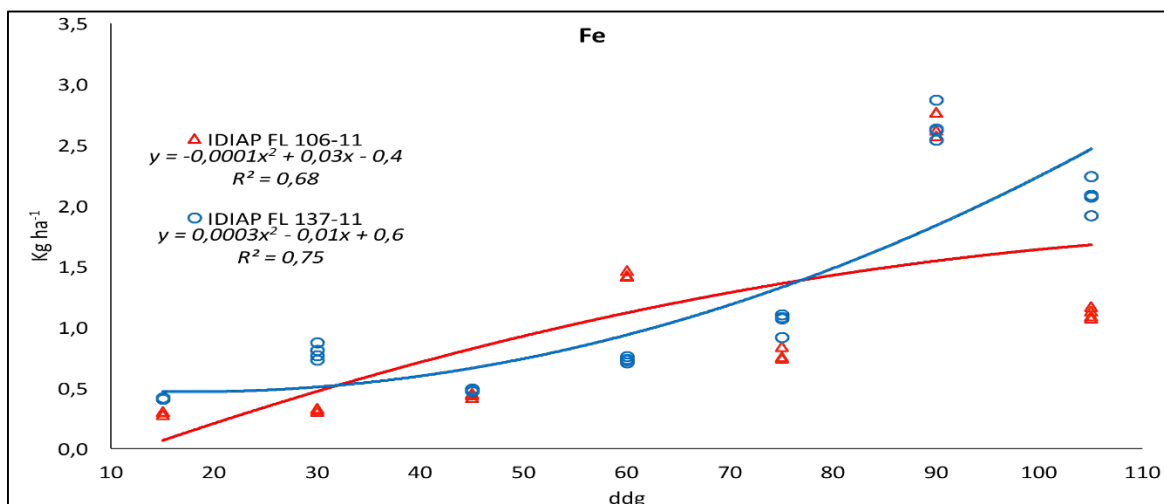
Para la absorción de Fe, la dinámica de absorción por ambas variedades es completamente distinta, donde IDIAP FL 106-11 muestra un incremento al inicio del macollamiento (30 ddg) y luego una extracción máxima durante la floración. IDIAP FL 137-11 incrementa la absorción de Fe durante el primordio floral y luego tiene la máxima extracción durante la floración (Figura 9).

La función principal del Fe es la activación de enzimas, donde actúa como grupo prostético, interviene por tanto en las reacciones fundamentales de la diferenciación floral (Mejía y Menjívar 2010). Molina y Rodríguez (2012) ubican la etapa de maduración como la de mayor extracción de Fe, coincidiendo con Amador y Bernal (2012) quienes reportan la etapa de maduración como la de mayor extracción de hierro en el cultivo de arroz.

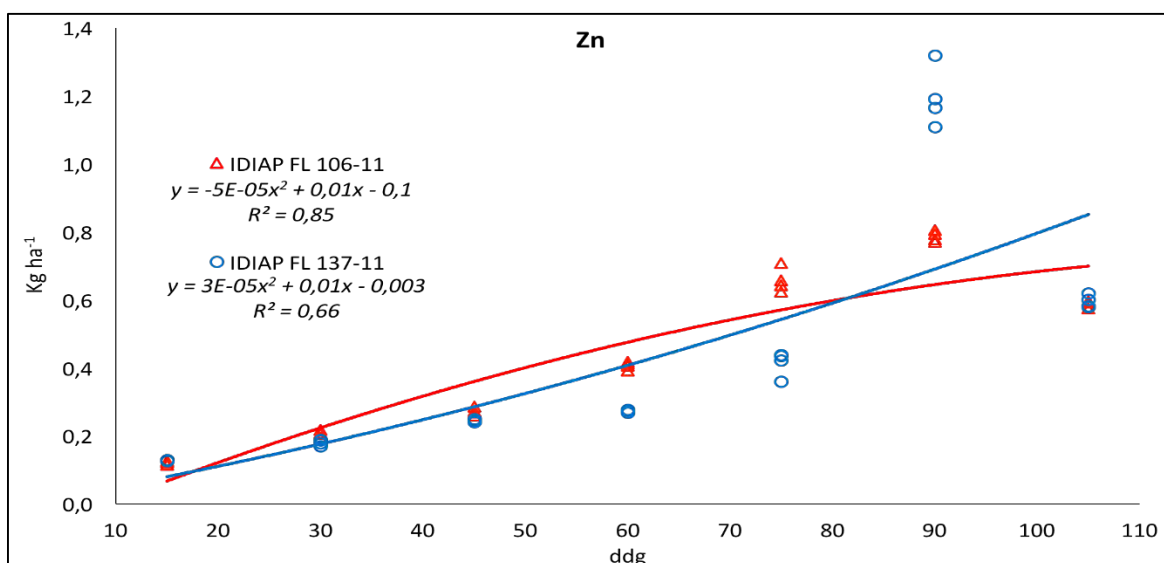
### Curva de absorción de zinc

La dinámica de absorción de Zn difiere con la variedad, IDIAP 137-11 presenta su máxima extracción durante la etapa fenológica de floración, mientras que IDIAP FL 106-11 requiere menor cantidad de este elemento y su mayor absorción se encuentra entre las fases de embuchamiento y floración (Figura 10).

Se ha demostrado que, en sitios específicos de síntesis proteica de los órganos reproductivos, hay una necesidad de Zn (Marschner 1995) y que la mayor parte se absorbió durante la fase reproductiva, según Molina y Rodríguez (2012), mientras que Amador y Bernal (2012) identifican la etapa de maduración como la de mayor extracción de este elemento.



**Figura 9. Extracción de hierro según la variedad y etapa fenológica.**



**Figura 10. Extracción de zinc según la variedad y etapa fenológica.**

### Curva de absorción de cobre

Ambas variedades muestran un comportamiento diferente en la extracción de Cu durante su fenología, donde IDIAP FL 106-11 tiene una absorción lineal hasta la etapa de floración. IDIAP FL 137-11 tiene una máxima extracción desde el primordio floral hasta la floración, duplicando la absorción de Cu con respecto a la otra variedad (Figura 11).

Se ha demostrado que la falta de Cu disminuye la formación de espigas o panículas en algunos cereales (Mejía y Menjívar 2010), lo que indica su importancia en el inicio de la etapa reproductiva. Molina y Rodríguez (2012) reportan que la mayor parte del cobre se absorbió durante la fase reproductiva, mientras que Amador y Bernal (2012)

identifican la etapa de maduración como la de mayor extracción de cobre.

**Orden de importancia de nutrientes según cantidades extraídas**

El orden de importancia de los nutrientes, basados en la cantidad total extraída durante todo el ciclo fenológico, para ambas variedades fue  $K > N > Ca > P > Mg > Fe > Zn > Mn > Cu$  (Figura

12). Se muestra al K como el elemento extraído en mayor cantidad, seguido del N y el Ca, P y Mg. Estos resultados coinciden con los reportados por Molina y Rodríguez (2012), quienes encontraron el mismo orden de absorción por el cultivo de arroz. Herber y Kraemer (2010) encontraron resultados similares, solo difieren al reportar que el Mg se extrajo en mayor cantidad que el P.

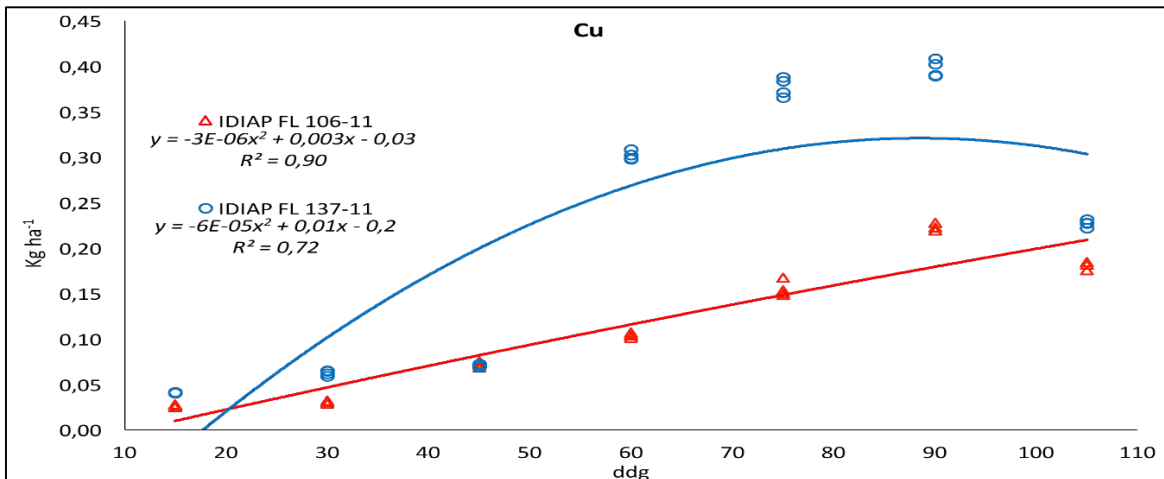


Figura 11. Extracción de cobre según la variedad y etapa fenológica.

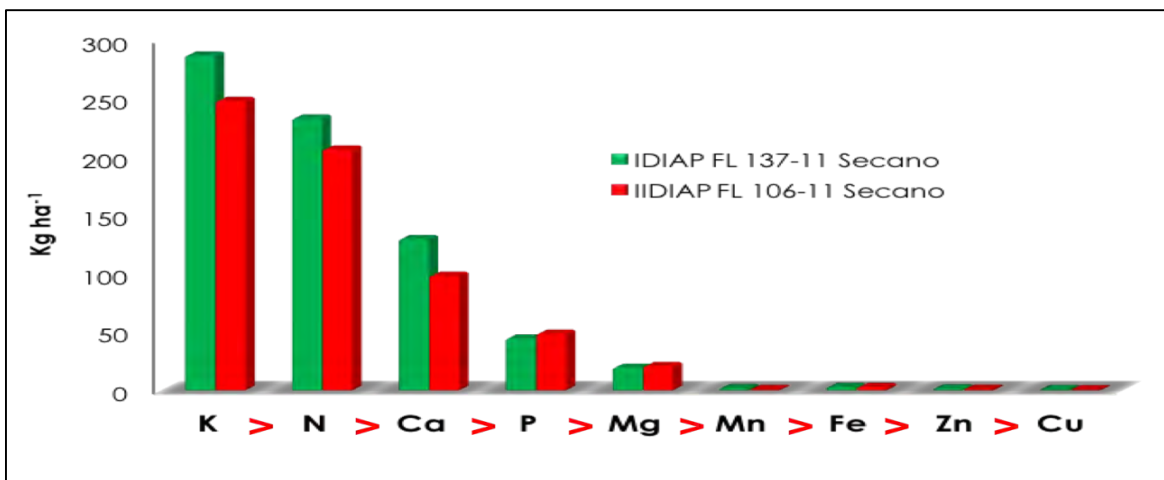


Figura 12. Orden de importancia de nutrientes según cantidades extraídas.

### Extracción de nutrientes por distintas secciones de la planta de arroz

La mayor proporción de los nutrientes se concentra en el follaje y pueden ser reciclados a través de la reincorporación de los residuos vegetales al suelo una vez que estos se descompongan. De los macronutrientes, el K es el que destina menor proporción a la espiga a pesar de ser el elemento de mayor extracción, contrario a lo que ocurre con el P, siendo el segundo macronutriente menos extraído y el que en mayor concentración se encuentra en la espiga; esta información es de gran relevancia principalmente en aquellas zonas donde se cultiva de manera continua a través de los años, determinando así la cantidad de nutrientes que salen del sistema a través de la cosecha y que deben ser repuestos en los planes de fertilización (Cuadro 5).

En términos relativos, casi todo el Fe se acumuló en las raíces y muy poco en la espiga. Un aspecto importante a

considerar en los programas de mejoramiento genético para arroces biofortificados, ya que agrónomicamente no se pueden elevar los contenidos de Fe en el grano. Debido a la inmovilidad de este elemento dentro de la planta, el Fe absorbido se queda concentrado en el sistema radicular con muy poca traslocación hacia los demás órganos.

### CONCLUSIONES

- Las variedades presentan diferente extracción de nutrientes entre ellas bajo las mismas condiciones.
- La variedad IDIAP FL 137-11 es más exigente en nutrientes que la IDIAP FL 106-11 bajo secano en un suelo Entisol.
- La variedad IDIAP FL 106-11 presentó mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes absorbidos con respecto al rendimiento de grano y al Índice de cosecha.

**CUADRO 5. EXTRACCIÓN RELATIVA DE NUTRIENTES POR DISTINTAS SECCIONES DEL CULTIVO DE ARROZ.**

Sección de la planta	Extracción relativa (%)								
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Raíz	7	3	2	12	14	10	78	21	16
Espiga	27	36	17	25	24	8	4	24	23
Tallo y hoja	66	61	82	64	62	82	18	55	61
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**BIBLIOGRAFÍA**

- Amador Mc, JC; Bernal CH, IE. 2012. Curva de absorción de nutrientes del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad Venezuela 21, en un suelo vertisol bajo condiciones del valle de Sébaco, Nicaragua. Tesis de grado. Escuela agrícola Panamericana, El Zamorano, HO. 29 p.
- Baligar, V; Fageria, N. 2007. Nutrient use efficiency in acid soil: Nutrient management and plant use efficiency. In A.C. Moniz *et al.* (ed). Plant-Soil interactions at low pH. Brazilian Soil science Society. Campinas, Viçosa, Brasil. p. 75-95.
- Batista, A; Urriola, D; Bustamante, S; Batista, E; Díaz, L. 2018. Boletín del clima en la región de Azuero. Red Agroclimática y calidad de agua en dos sub-cuencas de Los Santos. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá. 7 p.
- Bertsch. F. 2005. Estudios de Absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Inpofos; Rev. Informaciones Agronómicas no.57:1-10.
- Bertsch. F. 2009. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, CR. 307 p.
- Bouman, B; Haefele, S; Izzi, G; Peng, S; Hsiao, T. 2014. Arroz: Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, IT. p.109-118.
- Camargo, I; Quirós Mc, E; Zachrisson, B. 2014. Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. PA. 141 p.
- Herber, L; Kraemer, A. 2010. Curvas de absorción de nutrientes para cinco variedades de arroz de uso actual en Argentina. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Corrientes, Argentina. 4 p.
- Holdridge, Lr. 1967. Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. Ecología basada en zonas de vidas. San José, CR. 206 p.
- INPOFOS (Instituto de Potasa y el Fósforo, EC). 2004. Absorción de los nutrientes por los cultivos. Quito, EC. no.52:12.

- Magnifico, V; Vicenso, L; Guilio, S. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. *Journal of the American Society for Horticultural Sciences* 104(2):201-203.
- Marschner, H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants* (2nd Ed), Academic Press, London, England. 889 p.
- Mejía, S; Menjivar, J. 2010. Nutrición mineral del arroz. En: *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina*. Tomo I. Capítulos 1-24. CIAT-FLAR-UNICORDOBA. Colombia. p. 306-335.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2015. Estudio, diseño y construcción del proyecto integral y multipropósito para el desarrollo agropecuario del valle de Tonosí, provincia de Los Santos. Hidalgo e Hidalgo constructores. 193 p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2017. Superficie, producción, rendimiento y número de productores de arroz mecanizado por región en la república (en línea). Dirección Nacional De Agricultura. Panamá. Consultado 20 jul. 2017. Disponible en <http://www.mida.gob.pa/upload/documentos/2017arrozmecanizado.pdf>
- Molina, E; Rodríguez, JH. 2012. Fertilización con N, P, K Y S, y curvas de absorción de nutrientes en arroz var. CFX 18 en Guanacaste. *Agronomía Costarricense* 36(1):39-51.
- Name, B; Cordero, A. 1987. Alternativas para uso y manejo de suelos ácidos en Panamá. Compendio de los resultados de investigación presentados en la Jornada Científica, agosto de 1987. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Región Central. 23 p.
- Name, B; Villarreal, J. 2004. Compendio de resultados de investigación del programa de suelos del IDIAP. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 207 p.
- FAO (Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura, IT). 2013. *Agro Noticias América Latina y el Caribe*. Déficit de producción de arroz en Panamá (en línea). Consultado 3 marzo 2016. Disponible en <http://www.fao.org/agronoticias/agr>

- onoticias/detalle/en/?dyna\_fef%5Buid%5D=163385.
- Perdomo, MA; González, J; Galvis, YC De; García, E; Arregocés, O. 1985. Los macronutrientes en la nutrición de la planta de arroz. *In* Tascón, E; García, E (eds.). Arroz: Investigación y producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Cali, CO. p.103-132.
- Quirós-McIntire, E; Camargo-Buitrago, I; Mejía, José; Moreno, C. 2011. Descripción varietal de las líneas avanzadas en mejoramiento genético de arroz, IDIAP FL106-11 e IDIAP FL137-11. IDIAP, PA. 9 p.
- Ramírez, F; Bertsch, F. 2002. Absorción de nutrientes por los frutos y bandolas de café caturra durante un ciclo de desarrollo y Maduración de Frutos en Aquiares, Turrialba, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(1):33-42.
- Sancho, H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y uso en los programas de fertilización. INPOFOS. *Rev. Informaciones agronómicas* no.36:11-13.
- Vargas, M. 2002. Fertilización con cuatro niveles de nitrógeno, fósforo y potasio y curvas de absorción de la variedad Fedearroz 50 en condiciones de secano favorecido. CONARROZ. San José, CR. 24 p.
- Villarreal-Barrera, AM. 2018. Respuesta a cuatro niveles de nitrógeno y curvas de absorción de nutrientes para la variedad de arroz UP80FL, bajo condiciones de secano en dos localidades. Tesis de maestría. Universidad de Panamá. PA. 94 p.
- Villarreal, J; Name, B. 1996. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos. IDIAP, PA. 110 p.
- Wilcox, F; Rivera, J. 2010. Manual De Análisis Del Laboratorio Especializado De Suelos Y Tejido Foliar Del Centro Regional Universitario De Los Santos. Universidad de Panamá. Los Santos, Panamá. 67 p.
- Yoshida, S. 1978. Tropical climate and its influence on rice. IRRI Research Paper Series 20. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas. 25 p.



## COEFICIENTES GENÉTICOS DE DOS VARIEDADES DE ARROZ EN DISTINTAS FECHAS DE SIEMBRA<sup>1</sup>

*Luis Alberto Barahona-Amores<sup>2</sup>; Román Gordón-Mendoza<sup>3</sup>;  
Rubén Samaniego-Sánchez<sup>4</sup>; Gustavo Castillo-Vega<sup>5</sup>*

### RESUMEN

Con el objetivo de determinar los coeficientes genéticos en las variedades de arroz IDIAP 145-05 e IDIAP 38 en distintas fechas de siembra, se realizó un ensayo en Tonosí, Los Santos, Panamá, ubicado entre los 7° 26' 03" de latitud Norte y los 80° 24' 37" longitud Oeste a 18 msnm, entre agosto y diciembre de 2016 y 2017. Se utilizaron dos fechas de siembra en cada año, la primera en agosto y la segunda septiembre. Las parcelas fueron de 100 m<sup>2</sup> por variedad con riego suplementario; se tomaron cuatro plantas al azar en cada variedad para determinar la aparición de cada etapa fenológica, para luego determinar el tiempo termal que requiere la evolución de cada una de sus etapas. El tiempo termal se determinó utilizando la temperatura media diaria, promediando las temperaturas máximas y mínimas del día de la localidad. Se realizó prueba de t-student y estadística descriptiva (media, intervalo de confianza 99%). Se encontró diferencia significativa en la duración del ciclo en días con respecto a las fechas de siembra para ambas variedades, mientras que no existió diferencia estadística en la acumulación °Cdía para cumplir su ciclo fenológico. La variedad I-38 requirió acumular 2100 ± 43 °Cdía para cumplir su ciclo fenológico en 118 ± 2 días, en cuanto la I-145 05 necesita acumular 2024 ± 53 °Cdía durante su fenología la cual cumple en 112 ± 2 días. La mayor variabilidad en la duración de las etapas fenológicas para ambas variedades se da entre el inicio de macollamiento y la formación de la hoja bandera.

**PALABRAS CLAVES:** Variabilidad climática, fenología, temperatura.

---

<sup>1</sup>Recepción: 5 de junio de 2018. Aceptación: 18 de junio de 2018. Investigación financiada con fondos del Proyecto de "Generación de Investigación e Innovación de estrategias agronómicas ante el cambio climático en el Arco Seco de Panamá".

<sup>2</sup>M.Sc. en Manejo de Suelos y Agua. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).  
e-mail: [alberline@gmail.com](mailto:alberline@gmail.com)

<sup>3</sup>M.Sc. en Protección de Cultivos. IDIAP. e-mail: [gordon.roman@gmail.com](mailto:gordon.roman@gmail.com)

<sup>4</sup>M.Sc. en Agricultura Ecológica. IDIAP. e-mail: [ruben\\_sama15@hotmail.com](mailto:ruben_sama15@hotmail.com)

<sup>5</sup>Agrónomo. IDIAP.

## GENETIC COEFFICIENTS OF TWO RICE VARIETIES IN DIFFERENT PLANTING DATES

### ABSTRACT

In order to determine the genetic coefficients in IDIAP 145-05 and IDIAP 38 rice varieties at different sowing dates, a trial was conducted in Tonosí, Los Santos, Panama, located between 7°26'03 " of North latitude and the 80°24'37 " west longitude at about 18 masl, between august to December 2016 and 2017. Two sowing dates were used each year, the first in august and the second in september. The plots were 100 m<sup>2</sup> per variety with supplementary irrigation; four plants were taken randomly in each variety to determine the appearance of each phenological stage, to then determine the thermal time required for the evolution of each of its stages. The thermal weather was determined using the average daily temperature, averaging the maximum and minimum temperatures of the day of the locality. T-student test and descriptive statistics were performed (average, confidence interval 99%). There was a significant difference in the duration of the cycle in days with respect to the sowing dates for both varieties, while there was no statistical difference in the accumulation °Cday to meet its phenological cycle. The variety I-38 required to accumulate 2100 ± 43 °Cday to complete its phenological cycle in 118 ± 2 days, while the I-145 05 needs to accumulate 2024 ± 53 °Cday during its phenology which it fulfills in 112 ± 2 days. The greatest variability in the duration of the phenological stages for both varieties occurs between the start of tillering and the formation of the flag leaf.

**KEY WORDS:** Climate variability, phenology, temperature.

### INTRODUCCIÓN

El modelado de escenarios de cambio climático para Panamá reveló modificaciones en el Arco Seco en relación con los patrones de temperatura y precipitación. Estas incluyen un ambiente más cálido, de 2° a 3° C sobre las temperaturas actuales (ANAM 2011). Con la finalidad de lograr un rendimiento en el cultivo de arroz, es importante comprender los procesos fisiológicos de las plantas. El carácter complejo en este proceso es la producción de granos y

materia seca, que es el resultado del funcionamiento de la planta con respecto a las condiciones agroclimáticas donde se desarrolla (Villalba *et al.* 2017).

Generalmente se expone que la planta de arroz alcanza una etapa vegetativa a cierto número de días después de germinado. Sin embargo, en la actualidad se ha estudiado que existen factores climáticos como la temperatura máxima y mínima, las cuales influyen en el desarrollo de la planta de arroz. Toda

aceleración o disminución del ritmo vegetativo o de la velocidad de desarrollo regido por la temperatura afecta al cultivo, ocasionando variaciones en su rendimiento (Yoshida 1981, Streck *et al.* 2003, Maqueira *et al.* 2010).

Los umbrales térmicos y la temperatura óptima de una especie son las temperaturas cardinales (Durán-Puga *et al.* 2011). La temperatura promedio diaria determina el ritmo de crecimiento y modifica también el ciclo de cada variedad. Esto, se debe a que cada etapa fenológica necesita la acumulación de una determinada cantidad de unidades térmicas (Pascale y Damario 2004, Méndez 2002).

El arroz necesita para germinar un mínimo de 10° a 13° C considerándose su óptimo entre 30° y 35° C. Por encima de 40° C no se produce la germinación. El crecimiento del tallo, hojas y raíces tiene un mínimo de 7° C, considerándose su óptimo en los 23° C. Con temperaturas superiores a los 23° C, las plantas crecen más rápido, pero los tejidos se hacen más blandos. Esta condición los hace más susceptibles a los ataques de plagas y enfermedades (Datta 1986).

Una vez se conocen las temperaturas cardinales y la fenología de

un genotipo, se puede determinar de manera precisa su requerimiento térmico (°Cdía). También se establece la temperatura que necesita el cultivar para completar su ciclo de madurez (Ruíz *et al.* 2002). Durante más de 200 años, los ecólogos de plantas, los climatólogos y los científicos de cultivos han utilizado la suma de temperaturas para relacionar la temperatura con la duración del cultivo y la productividad (Yoshida 1981). La suma térmica es utilizada por muchos modelos de simulación de cultivo para su funcionamiento (Hernández *et al.* 2009).

Un modelo de simulación es un programa que permite describir, mediante ecuaciones matemáticas, diferentes procesos, mecanismos e interacciones que ocurren dentro de un sistema biológico. Ante el inminente cambio climático, la predicción del rendimiento de los cultivos anticipada a la cosecha permite aumentar el conocimiento de la relación clima/cultivo. Este conocimiento permite, a su vez, generar información que se pueda aprovechar oportunamente en la planificación y el manejo de la producción agropecuaria (De La Casa y Ovando 2007).

La utilidad de los modelos no depende sólo de su disponibilidad para su aplicación, sino, también de la

disponibilidad de información que pueden hacer posible correrlos para diferentes escenarios. Por ende, es necesario generar los coeficientes genéticos de las variedades que sean requeridos para su utilización. Este estudio se realizó con el objetivo de determinar los coeficientes genéticos en las variedades de arroz IDIAP 145-05 e IDIAP 38 a distintas fechas de siembra, para luego ser utilizados en modelos de simulación de cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

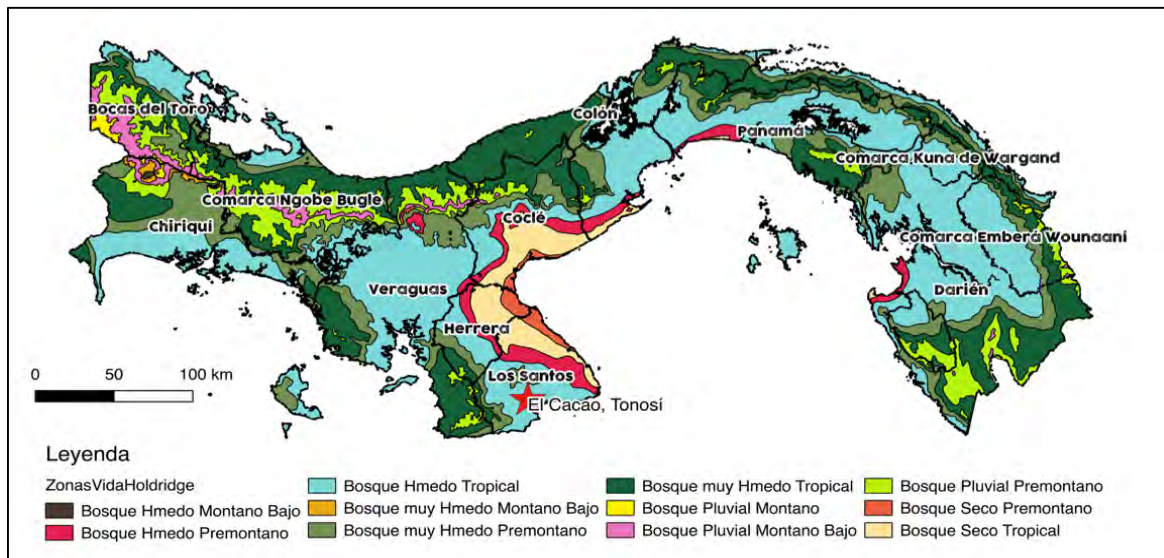
### Localización geográfica

El estudio se realizó en los terrenos del Instituto Profesional Técnico Agropecuario de Tonosí (IPTAT), ubicado en el corregimiento de El Cacao, distrito

de Tonosí, provincia de Los Santos, entre los 7°26'03" de latitud Norte y los 80°24'37" longitud Oeste (Figura 1). Los suelos fueron clasificados como Typic Udifluents, textura franca con régimen de humedad Údico. El régimen de temperatura es considerado Isohipertérmico (MIDA 2014). Esta localidad está ubicada dentro de la zona de vida correspondiente a Bosque Húmedo Tropical según Holdridge (1967).

### Material genético

El material genético utilizado en el experimento, fueron las dos variedades liberadas por el instituto, IDIAP 38 de ciclo intermedio y la IDIAP 145-05 de ciclo precoz.



**Figura 1. Localización geográfica del estudio de acuerdo con la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1967).**

### Características edáficas

En cuanto a contenido de nutrientes y según los niveles críticos establecidos por Villarreal y Name (1996), presenta niveles altos de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y de hierro (Fe); niveles medios de fósforo (P), manganeso (Mn) y de cobre (Cu); además unos niveles bajos de aluminio (Al) y zinc (Zn). En cuanto a sus características físico-químicas, presenta una textura Franca, con una coloración en seco pardo amarillo claro, pH poco ácido, una capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) media, con una baja saturación de aluminio y una elevada saturación de bases, la cual está dominada por la saturación de calcio (70,8%) y un nivel medio de materia orgánica (Cuadro 1).

#### Arreglo en campo y manejo

El ensayo se realizó bajo el sistema de riego suplementario durante los ciclos agrícolas 2016 y 2017. Se establecieron parcelas de cada variedad

en dos fechas de siembra, la primera en agosto y la segunda en septiembre. Se utilizaron parcelas de 100 m<sup>2</sup> para cada variedad y cada fecha de siembra (10 m x 10 m). La siembra se realizó al voleo con una densidad de 130 kg semilla.ha<sup>-1</sup>.

El manejo agronómico se realizó de acuerdo con las tecnologías generadas por el IDIAP (Camargo *et al.* 2014). La cosecha se realizó cuando ambas variedades alcanzaron la madurez fisiológica con una humedad de grano de 25%, se limpió y secó. Luego se calculó el rendimiento de grano limpio y seco (14% humedad).

#### Muestreo en campo

Se marcaron cuatro plantas al azar para cada variedad y fecha de siembra (Figura 2). A cada una se le determinó el desarrollo fenológico y el tiempo termal acumulado en cada etapa fenológica, según Counce *et al.* (2000).

**CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO UTILIZADO EN EL ESTUDIO DE ABSORCIÓN DE NUTRIENTES, TONOSÍ 2017.**

P	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	Zn	Cu
Mg l <sup>-1</sup>		cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup>			mg l <sup>-1</sup>			
35	224	25	9,5	0,2	35	80	2,9	5,5
Textura	color	CICE		pH	Al	bases	M.O.	
		cmol <sub>(+)</sub> kg <sup>-1</sup>			% saturación		%	
Franco	Pardo A. C	35,8		6,2	0,56	99,44	4,4	

Fuente: Laboratorio de Suelos, IDIAP 2016.



**Figura 2.** Determinación de las etapas fenológicas de las variedades IDIAP 38 y la IDIAP 145-05, Tonosí 2017.

### Análisis estadístico

Se realizó una prueba de t-Student (alfa: 0,05), para determinar diferencia en la duración del ciclo fenológico (días) y la acumulación de tiempo térmico ( $^{\circ}\text{Cdía}$ ) entre las fechas de siembra para cada variedad. Se realizó un análisis de correlación de Pearson y una estadística descriptiva (promedio, intervalo de confianza al 99%) para determinar la duración y el tiempo térmico acumulado en cada etapa fenológica para cada variedad.

### Variables de respuesta

- Desarrollo de la planta en días después de siembra (días): Se determinaron las etapas fenológicas según Counce *et al.* (2000), donde incluye el tiempo de emergencia ( $S_0$  hasta  $S_3$ ), estado de las hojas

completamente expandidas ( $V_1$  hasta  $V_{13}$ ) y etapas reproductivas ( $R_0$  a  $R_9$ ).

- Tiempo termal acumulado ( $^{\circ}\text{Cdía}$ ): Se definió el tiempo termal exacto en que ocurre cada una de las etapas. El tiempo termal se determinó restando la temperatura base ( $10^{\circ}\text{C}$ ), de la temperatura media calculada con la temperatura máxima y mínima diaria, utilizando  $30^{\circ}\text{C}$  como temperatura óptima y restando el excedente (Vidal *et al.* 2008, Yzarra *et al.* 2009, Velázquez *et al.* 2015).

$$^{\circ}\text{Cdía} = \sum_{j=1}^n \left( \frac{T^{\circ}\text{max} + T^{\circ}\text{min}}{2} \right) - T^{\circ}\text{base}$$

*Nota: Cuando  $^{\circ}T_{media} > ^{\circ}T_{optima}$  se le restó el excedente*

- Temperatura ambiente y radiación solar (Batista *et al.* 2017)

- Biomasa seca
- Índice de cosecha
- Rendimiento de grano en  $t \cdot ha^{-1}$  al 14% humedad, según el sistema de evaluación estándar para arroz (CIAT 1983).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

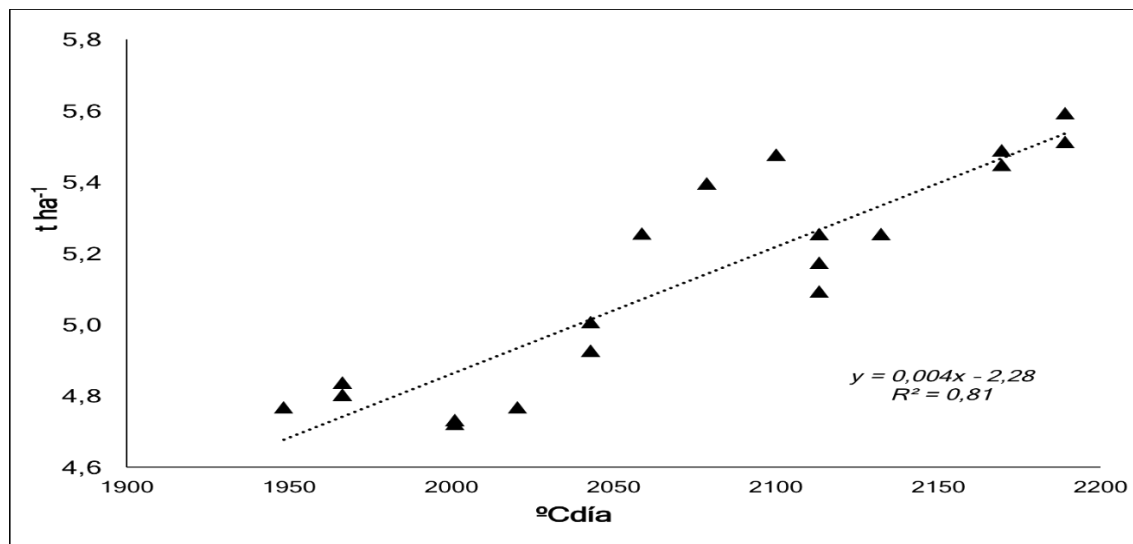
### Rendimiento de grano

Existe una fuerte correlación positiva entre la duración del ciclo del cultivo y el rendimiento de grano con respecto a la acumulación del tiempo térmico (Cuadro 2). Se encontró que a

mayor  $^{\circ}C \cdot día$  acumulados durante el ciclo fenológico, mayor es el rendimiento de grano (Figura 3). Resultados similares fueron reportados por Pinciroli *et al.* (2004), quienes encontraron una correlación positiva entre los grados días acumulados y el rendimiento en tres variedades de arroz. Mientras el ciclo de la variedad es más largo, acumula mayor tiempo térmico. Se encontró una correlación inversa entre la duración del ciclo y la radiación, en donde a mayor radiación solar el ciclo se acorta.

**CUADRO 2. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DE PEARSON (ALFA: 0,05) COMBINADO ENTRE LAS VARIABLES ESTUDIADAS, TONOSÍ 2017.**

Variable	$^{\circ}C \cdot día$	Radiación ( $cal \cdot cm^{-2} \cdot día^{-1}$ )
Duración del ciclo (días)	0,85**	-0,76**
Rendimiento de grano ( $t \cdot ha^{-1}$ )	0,79**	0,01 <sup>ns</sup>

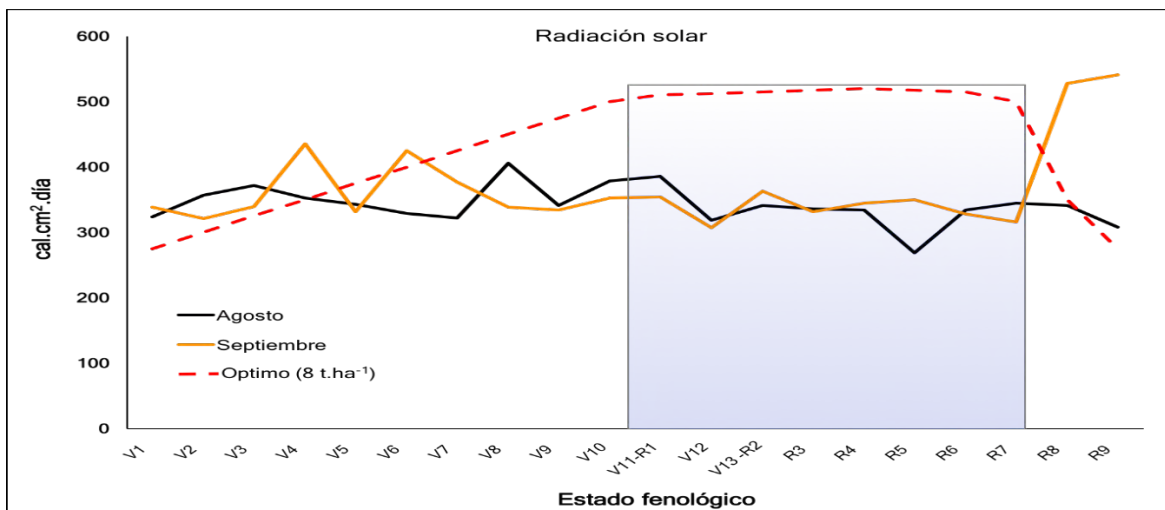


**Figura 3. Rendimiento de grano con respecto al tiempo térmico acumulado por las variedades de arroz evaluadas, Tonosí - 2017.**

La radiación solar fue similar durante el periodo del primordio floral al llenado de grano para ambas variedades en las dos fechas de siembra con  $338 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$  en agosto y  $339 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$  en septiembre (Figura 4). Esta fase es considerada el periodo crítico de alta luminosidad donde se necesitan alrededor de  $500 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{día}^{-1}$  para lograr un rendimiento superior a  $8,0 \text{ t.ha}^{-1}$  (Yoshida 1981).

El rendimiento de grano de ambas variedades fue mayor en la siembra de agosto en comparación a la siembra de

septiembre. Esta misma relación se encontró en la producción de materia seca. La eficiencia se puede determinar con el índice de cosecha (IC), el cual es la relación entre la biomasa seca producida y el rendimiento de grano seco (0% humedad). Se observó que ambas variedades presentan un IC mayor en la siembra de agosto con respecto a la siembra de septiembre (Cuadro 3). Las variedades modernas tropicales de corta duración presentan un IC que va de 0,3 a 0,5 en la estación lluviosa con alta nubosidad (Bouman *et al.* 2014).



**Figura 4. Incidencia de la radiación solar durante el desarrollo del cultivo en dos fechas de siembra, Tonosí - 2017.**



**CUADRO 3. VALORES MEDIOS DEL ÍNDICE DE COSECHA Y RENDIMIENTO DE GRANO SEGÚN VARIEDAD Y FECHA DE SIEMBRA, TONOSÍ 2017.**

Variedad	Fecha de siembra	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )	Índice de cosecha
IDIAP 38	Agosto	5,38 a	0,37 a
	Septiembre	5,24 b	0,31 b
IDIAP 145-05	Agosto	5,03 a	0,34 a
	Septiembre	4,74 b	0,30 b

Medias con letras iguales en la misma columna, no son significativamente diferentes ( $P < 0,001$ ).

### Duración del ciclo fenológico

La duración del ciclo del cultivo está directamente relacionada con la temperatura, específicamente con la acumulación del tiempo termal. Existe una diferencia altamente significativa en la duración del ciclo fenológico de las variedades con respecto a las fechas de siembra, sin embargo, no existe diferencia en la acumulación de tiempo termal por parte de ninguna variedad con respecto a ambas fechas de siembra (Cuadro 4).

La variedad IDIAP 38 completó su ciclo fenológico en 118 días en la siembra de agosto, mientras que en la siembra de septiembre su ciclo se acortó a 112 días. El ciclo fenológico de la variedad IDIAP 145-05 en agosto fue de 114 días y en septiembre completó el ciclo en 108 días (Figura 5). En ambas variedades el ciclo fenológico se acortó en promedio seis días cuando la fecha de siembra se realizó en septiembre con respecto a la siembra de agosto.

Para cumplir su ciclo fenológico, la variedad IDIAP 38 requirió de 2114 °Cdía en la siembra de agosto y 2086 °Cdía en septiembre, mientras que la IDIAP 145-05 acumuló 2034 °Cdía en la siembra de agosto y 2014 °Cdía en septiembre. Los valores de grados días acumulados durante el ciclo de cultivo en las dos fechas de siembra fue similar para la misma variedad (Figura 6). Estos resultados coinciden con los de Maqueira *et al.* (2016), quienes, al estudiar el efecto de la temperatura y su influencia en la duración de las fases fenológicas en cuatro variedades de arroz sembradas en distintas épocas del año en Cuba, encontraron una amplia variación en la duración de las fases del cultivo del arroz en las fechas de siembras establecidas. Esto debido a la influencia de la temperatura, mientras que, al determinar la temperatura acumulada a partir de los °Cdía, no se encontraron diferencias marcadas entre las fechas de siembra, aspecto que ha sido destacado por otros autores (Hernández y Soto 2013).

La variedad tiene un requerimiento térmico determinado para cumplir su fenología y depende de la temperatura media que se registre durante su desarrollo. La temperatura durante el desarrollo del cultivo en la siembra de agosto fue menor a la registrada durante la siembra de septiembre y ambas

temperaturas estuvieron por debajo del óptimo (30° C). Esto sugiere que ambas variedades necesitaron menos tiempo para acumular el requerimiento térmico que demandan para culminar su ciclo fenológico en la siembra de septiembre, donde la temperatura fue mayor (Figura 7).

**CUADRO 4. PRUEBA DE T-STUDENT PARA MUESTRAS INDEPENDIENTES (ALFA: 0,05) ENTRE LAS FECHAS DE SIEMBRA EVALUADAS, TONOSÍ - 2017.**

Variedad	Prueba de Levene		prueba t para igualdad de medias		
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)
<i>Duración del ciclo (días)</i>					
IDIAP-38	2,46	0,14	18,15	14	< 0,000
IDIAP145-05	4,42	0,12	10,26	14	< 0,000
<i>Tiempo termal acumulado (°C día)</i>					
IDIAP-38	235	0,12	1,58	14	0,137
IDIAP145-05	152	0,10	0,85	14	0,423

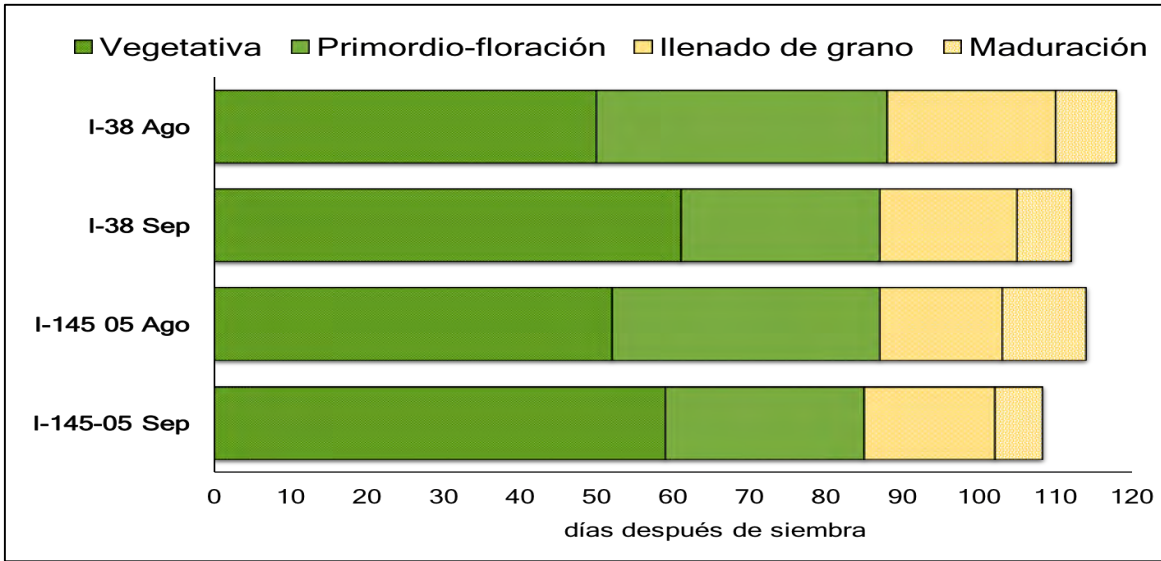


Figura 5. Duración del ciclo fenológico según variedad y fecha de siembra, Tonosí- 2017.

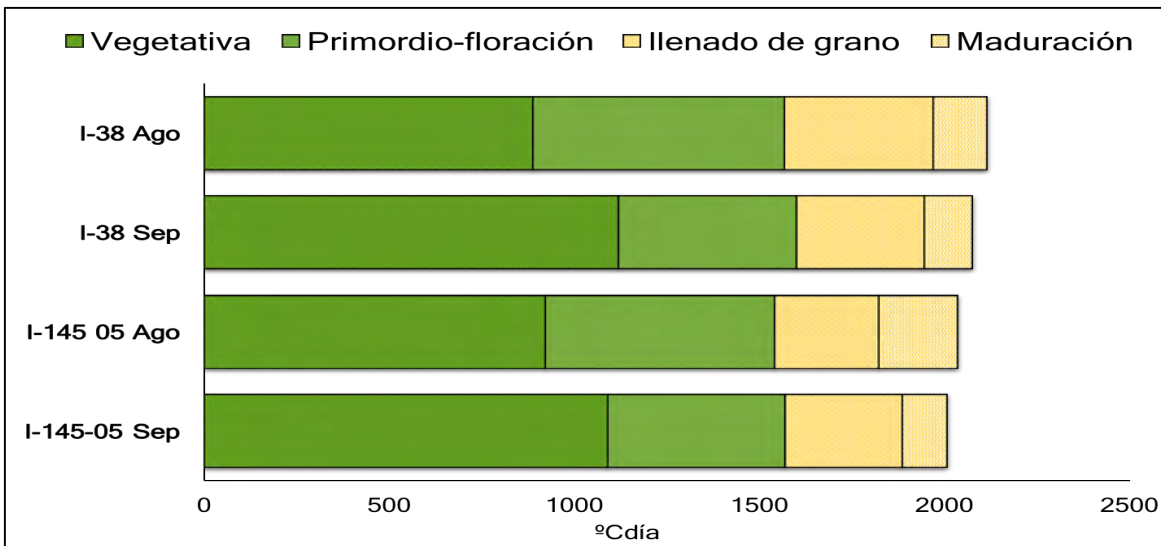
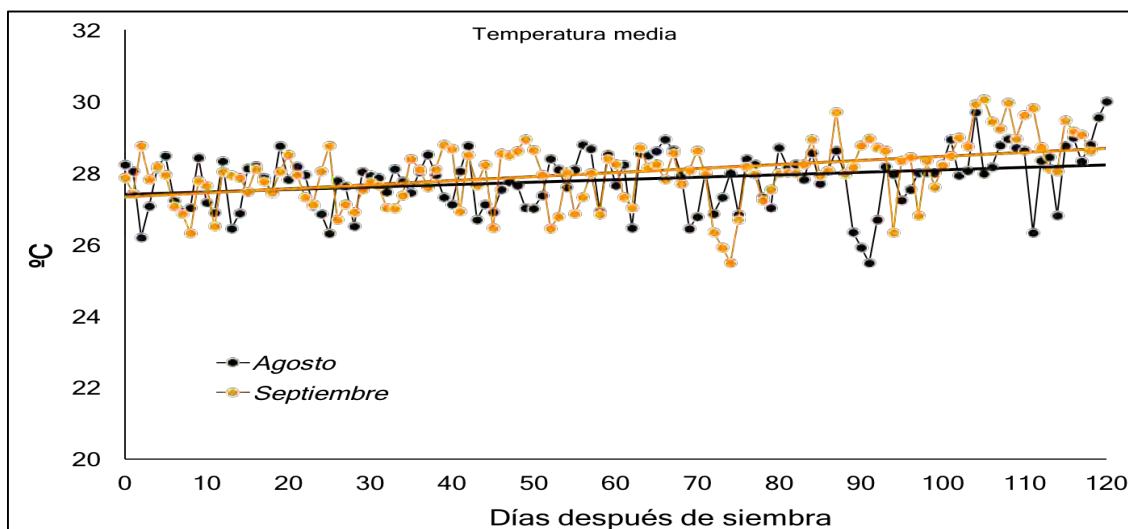


Figura 6. Tiempo termal acumulado según variedad y fecha de siembra, Tonosí - 2017.



**Figura 7. Registro de temperatura media diaria durante el desarrollo del cultivo según fecha de siembra, Tonosí - 2017.**

La dependencia de la fenología sobre la temperatura indica que en los trópicos el rendimiento está limitado por el poco tiempo para interceptar radiación dictado por las temperaturas cálidas que aceleran la fenología del cultivo, donde hay poca unidad de luz por tiempo termal acumulado (Fischer y Palmer 1984). Por ejemplo, un cultivar de arroz que necesite 2000 °Cdía para la madurez, tomará 133 días a la cosecha en un ambiente de 25° C, en cambio se requieren 100 días en uno de 30° C. Esto significa que el cultivo en un ambiente cálido tendría disponible menor radiación debido a la mayor velocidad de su desarrollo fenológico. En algunas situaciones, la temperatura aumenta a fines del ciclo, acelerando la fase de llenado de grano y la senescencia de hojas, limitando severamente el

rendimiento, como lo ocurrido en ambas variedades en la fecha de siembra de septiembre. La alta productividad del cultivo en climas frescos se explica por el lento desarrollo fenológico y la capacidad de interceptar radiación por mayor tiempo principalmente en la etapa reproductiva (Bolaños y Edmeades 1992).

#### **Desarrollo fenológico y requerimiento térmico.**

Tomando en cuenta los dos ciclos de cultivo y las dos fechas de siembra utilizadas, se determinó el desarrollo fenológico y el requerimiento térmico que necesita cada variedad. El valor medio de la duración y el tiempo termal según el estado fenológico, presenta la variedad IDIAP 145-05 con un ciclo de  $112 \pm 2$  días y requiere  $2024 \pm 53$  °Cdía mientras que

IDIAP 38 presenta un ciclo de  $118 \pm 2$  días y requiere acumular  $2100 \pm 53$  °Cdía para culminar su desarrollo. El mayor efecto de la temperatura sobre el desarrollo fisiológico de ambas variedades en la duración y tiempo

termal, se encuentra durante el periodo comprendido entre el inicio del macollamiento ( $V_5$ ) y la formación de la hoja bandera ( $V_{13}$  a  $R_2$ ), donde se presenta la mayor variabilidad de acuerdo al intervalo de confianza (alfa: 0,01).

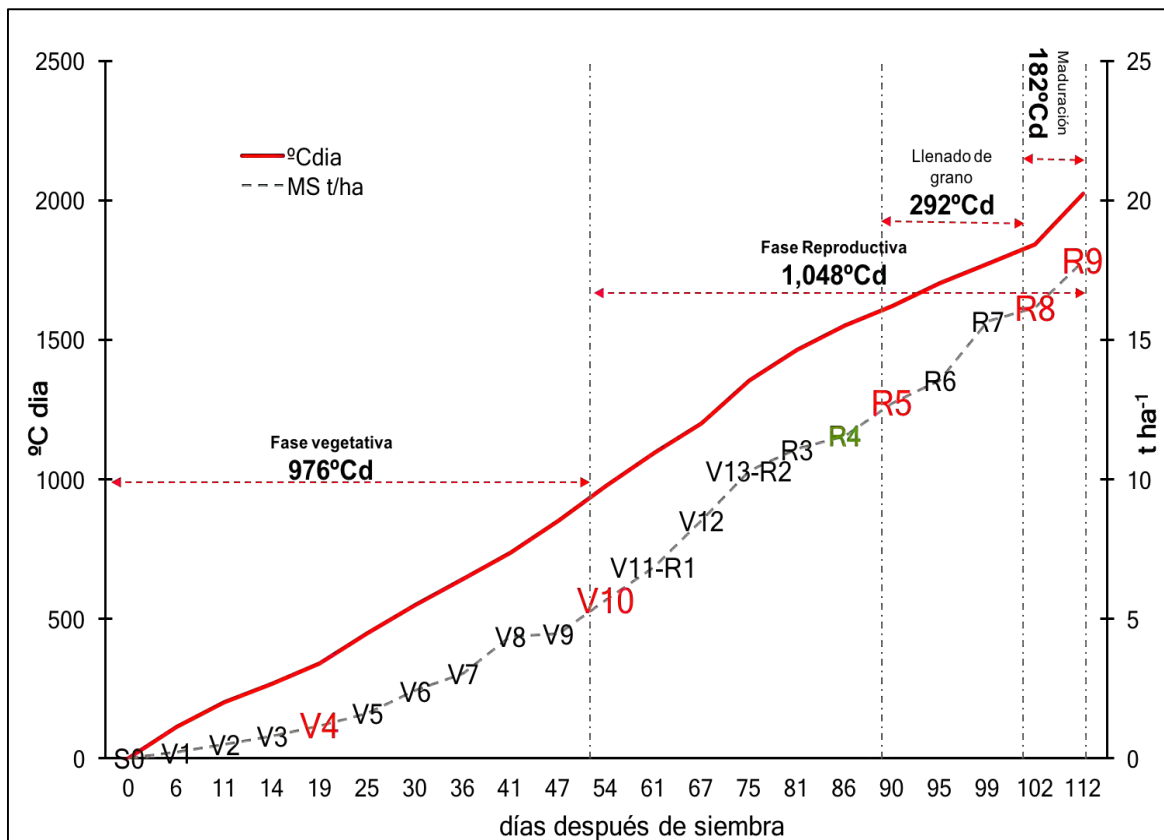
**CUADRO 5. VALORES MEDIOS E INTERVALO DE CONFIANZA (ALFA: 0,01) PARA LA DURACIÓN Y TIEMPO TERMAL ACUMULADO DURANTE EL DESARROLLO FISIOLÓGICO SEGÚN LA VARIEDAD, TONOSÍ - 2017.**

Etapa	n	IDIAP 145-05		IDIAP 38	
		dds	°Cdía	dds	°Cdía
S <sub>0</sub>	12	0	0	0	0
V <sub>1</sub>	12	6 ± 1	114 ± 11	6 ± 1	124 ± 14
V <sub>2</sub>	12	11 ± 2	200 ± 34	11 ± 1	208 ± 28
V <sub>3</sub>	12	14 ± 2	267 ± 34	15 ± 1	275 ± 30
V <sub>4</sub>	12	19 ± 3	340 ± 58	19 ± 1	344 ± 21
V <sub>5</sub>	12	25 ± 4	450 ± 68	24 ± 4	438 ± 70
V <sub>6</sub>	12	30 ± 3	551 ± 62	29 ± 3	534 ± 68
V <sub>7</sub>	12	36 ± 3	643 ± 69	36 ± 3	648 ± 63
V <sub>8</sub>	12	41 ± 3	737 ± 68	40 ± 3	729 ± 70
V <sub>9</sub>	12	47 ± 4	851 ± 88	47 ± 4	849 ± 90
V <sub>10</sub>	12	54 ± 4	976 ± 74	53 ± 4	964 ± 91
V <sub>11</sub> -R <sub>1</sub>	12	61 ± 6	1094 ± 81	60 ± 6	1080 ± 116
V <sub>12</sub>	12	67 ± 5	1200 ± 89	68 ± 5	1227 ± 99
V <sub>13</sub> -R <sub>2</sub>	12	75 ± 2	1355 ± 68	78 ± 3	1411 ± 80
R <sub>3</sub>	12	81 ± 1	1464 ± 55	85 ± 1	1528 ± 54
R <sub>4</sub>	12	86 ± 1	1551 ± 38	88 ± 2	1577 ± 62
R <sub>5</sub>	12	90 ± 1	1622 ± 37	92 ± 2	1656 ± 53
R <sub>6</sub>	12	95 ± 1	1704 ± 29	96 ± 1	1736 ± 49
R <sub>7</sub>	12	99 ± 1	1773 ± 40	101 ± 1	1823 ± 58
R <sub>8</sub>	12	102 ± 1	1843 ± 38	108 ± 3	1960 ± 9
R <sub>9</sub>	12	112 ± 2	2024 ± 53	118 ± 2	2100 ± 43

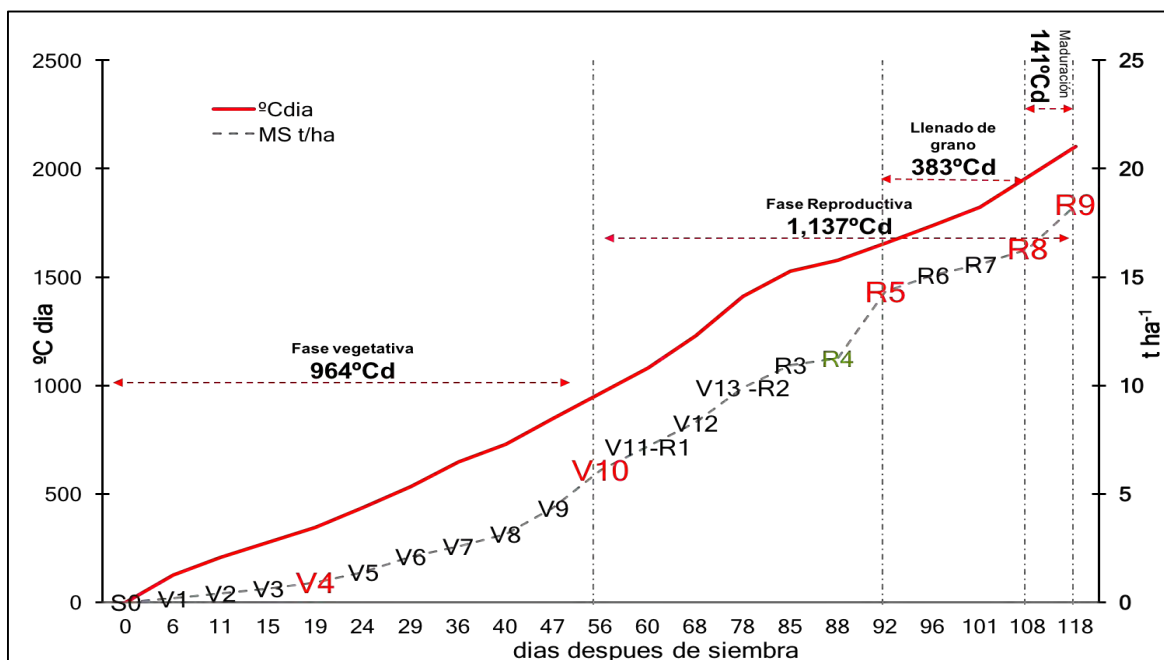
La variedad IDIAP 145-05 alcanza una producción de materia seca de 17,8 t.ha<sup>-1</sup> durante su ciclo de cultivo. Esta variedad requiere 976 °Cdía durante la fase vegetativa que va desde la germinación (S<sub>0</sub>) hasta el inicio del primordio floral (V<sub>10</sub>), en tanto la fase reproductiva comprendida entre el primordio floral (V<sub>10</sub>) y la maduración (R<sub>9</sub>) requiere de 1048 °Cdía; la fase de llenado de grano requiere 292 °Cdía y en la fase

de maduración necesita acumular 182 °Cdía (Figura 8).

La variedad IDIAP 38 logra una producción de materia seca de 18,3 t.ha<sup>-1</sup> al completar su ciclo de cultivo. Esta variedad requiere 964 °Cdía durante la fase vegetativa, mientras que en la fase reproductiva acumula 1137 °Cdía; la fase de llenado de grano requiere 383 °Cdía y en la fase de maduración necesita acumular 141 °Cdía (Figura 9).



**Figura 8. Producción de materia seca y acumulación de tiempo termal durante el desarrollo fisiológico de la variedad IDIAP 145-05, Tonosí - 2017.**



**Figura 8. Producción de materia seca y acumulación de tiempo termal durante el desarrollo fisiológico de la variedad IDIAP 38, Tonosí - 2017.**

## CONCLUSIONES

- El tiempo termal afectó la duración del ciclo fenológico y el rendimiento de las variedades evaluadas.
- La mayor variabilidad en la duración de las etapas fenológicas se encuentra entre el máximo macollamiento hasta la formación de la hoja bandera.
- Se generaron los coeficientes genéticos de dos variedades de arroz que podrán ser utilizados en modelos de predicción ante la variabilidad climática.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, PA). 2011. Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático: ante la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. 2ª ed. Panamá. 170 p.
- Batista, A; Urriola, D; Bustamante, S; Batista, E; Díaz, L. 2017. Boletín del clima en la región de Azuero, meses enero-diciembre 2017. Red Agroclimática y calidad de agua en dos sub-cuencas de Los Santos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 7 p.

- Bolaños, J; Edmeades, G. 1992. La fenología del maíz. Síntesis de resultados experimentales del PRM. 4:251-261.
- Bouman, B; Haefele, S; Izzi, G; Peng, S; Hsiao, T. 2014. Arroz: Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Organización de Las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Roma, IT. 109-118.
- Camargo, I; Quirós McIntire, E; Zachrisson, B. 2014. Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 140 p.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CO). 1983. Sistema de Evaluación Estándar para Arroz. Cooperación IRRI-CIAT. Segunda edición, CO. 61 p.
- Counce, P; Keisling, T; Mitchell A. 2000. A Uniform, Objective and Adaptive System for Expressing Rice Development. Crop Science 40:436-443.
- Datta, S. 1986. Crecimiento y desarrollo de la planta de arroz. Producción de arroz. Fundamentos y Prácticas. Primera Edición. Editorial Limusa. 685 p.
- De La Casa, A; Ovando, G. 2007. Integración del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (Ndvi) y del Ciclo Fenológico de Maíz para Estimar el Rendimiento a Escala Departamental en Córdoba, Argentina. Agricultura Técnica (Chile) 67(4):362-371.
- Durán-Puga, N; Ruíz-Corral, JA; González-Eguiarte, DR; Núñez-Hernández, G; Padilla Ramírez, FJ; Contreras-Rodríguez, SH. 2011. Temperaturas cardinales de desarrollo en la etapa siembra-emergencia de 11 pastos forrajeros. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2(3):347-357.
- Fisher, K; Palmer, A. 1984. Tropical maize. In: PR Goldsworthy and NM Fischer (Eds) The Physiology of Tropical Field Crops. John Wiley and Sons, New York. p. 213-248.
- Hernandez, C; Soto, C. 2013. Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes



- fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales* 34(2):24-29.
- Hernández, N; Soto, F; Caballero, A. 2009. Modelos de simulación de cultivos. Características y usos. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Cuba. *Cultivos tropicales* 30(1):73-82.
- Holdridge, Lr. 1967. Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge. *Ecología basada en zonas de vidas*. San José, CR. 206 p.
- Maqueira, L; Pérez, S; Torres, W; Díaz, D; Roján, O. 2016. Influencia de la temperatura ambiental y la fecha de siembra sobre la duración de las fases fenológicas en cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). Cuba. *Cultivos Tropicales* 37(1):65-70.
- Maqueira, L; Pérez, S; 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. Cuba. *Cultivos Tropicales* 30(3):28-31.
- Méndez, R. 2002. Eventos fenológicos. Previsión de ocurrencia en el cultivo de arroz a través del modelo de suma térmica. *Revista Arroz ACA* 3(33):22-25.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2014. Estudio, diseño y construcción del proyecto integral y multipropósito para el desarrollo agropecuario del Valle de Tonosí, provincia de Los Santos. Hidalgo & Hidalgo constructores. 193 p.
- Pascale, A; Damario, E. 2004. Bioclimatología agrícola y Agroclimatología. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 550 p.
- Pincirolì, M; Martínez, S; Vidal, A; Bezus, R; Maiale, S. 2004. Aplicación de índices agroclimáticos sobre la productividad de arroz en una zona templada marginal. Universidad Nacional de Mar de Plata. Argentina. 2 p.
- Ruíz C, JA; Flores-López, HE; Ramírez-Díaz, JL; González-Eguiarte, DR. 2002. Temperaturas cardinales y duración del ciclo de madurez del híbrido de maíz H-311 en

- condiciones de temporal. *Agrociencia* 36:569-677.
- Streck, N; Weiss, A; Xue, Q; Baenziger, P. 2003. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: A modified wang and Engel model. *Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam* 115(3-4):139-150.
- Velázquez, J; Rosales, A; Rodríguez, H; Salas, R. 2015. Determinación de las etapas de inicio de macollamiento, inicio de primordio, floración y madurez en la planta de arroz, con el sistema S, V y R correlacionado con la sumatoria térmica. *Agronomía Costarricense* 39(2):121-129.
- Vidal, A; Pincioli, M; Bezus, R. 2008. Unidades calóricas y ciclo a panojamiento de genotipos de arroz en una zona de cultivo subóptima. *In XII Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy – Argentina.* p. 147-148.
- Villalba, J; Jarma, A; Combatt, E. 2017. Respuesta fisiológica de cultivares de arroz a diferentes épocas de siembra en en Córdoba, Colombia. *Temas agrarios* 22:(2). 9-19.
- Villarreal, J; Name, B. 1996. Técnicas analíticas del laboratorio de suelos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 110 p.
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines. 296 p.
- Yzarra, W; Trebejo, I; Noriega, V. 2009. Evaluación de unidades térmicas para el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays*, L.) en la costa central del Perú. *Revista Peruana Geo-Atmosférica RPGA* no.1:1-10.

## VARIETADES DE MAÍZ CON ALTO CONTENIDO DE BETACAROTENOS<sup>1</sup>

**Román Gordón-Mendoza<sup>2</sup>; Jorge Franco-Barrera<sup>3</sup>; Jorge Núñez-Cano<sup>4</sup>;  
Jorge Jaén-Villarreal<sup>3</sup>; Ana Sáez-Cigarruista<sup>4</sup>; Eric Quirós-Rodríguez<sup>5</sup>;  
Emigdio Rodríguez-Quiel<sup>6</sup>; Félix San Vicente-García<sup>7</sup>**

### RESUMEN

Con el objetivo de seleccionar variedades de maíz de grano amarillo con alto contenido en betacarotenos, se sembraron 30 experimentos en campos de agricultores colaboradores y la Estación Experimental de El Ejido, República de Panamá en los años 2014, 2016 y 2017. Los sintéticos evaluados se obtuvieron del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). En el primer año se recibieron 12 variedades de alto contenido de carotenos y se incluyeron dos testigos de grano normal en un ensayo sembrado en dos fechas de siembra en El Ejido (siembra recomendada y siembra tardía). El año 2015 se recibieron de parte del CIMMYT, semilla de las cuatro mejores variedades y éstas fueron multiplicadas. En el año 2016 y 2017 se armaron dos ensayos y los mismos se sembraron en parcelas facilitadas por productores de distintas localidades del país (Azuelo, Soná y Río Sereno). El diseño utilizado fue Alfa Látice 3 x 4 y 3 x 3 (12 y 9 tratamientos, respectivamente), con tres repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron de dos surcos de 5,20 m de largo separados a 0,75 m entre hileras. La población osciló entre 5,33 y 6,66 plantas.m<sup>-2</sup>. El manejo agronómico realizado fue de acuerdo a lo recomendado por el Proyecto de Maíz del instituto. Se realizaron los análisis de varianza de todos los ensayos y los mismos mostraron diferencias estadísticas entre cultivares. Se obtuvieron altos porcentajes de repetitividad y bajos coeficientes de variación. La adaptabilidad y estabilidad de las variedades fue medida con el uso del análisis Biplot SReg. Después de los tres años de evaluación se determinó que la variedad HPMARKERSYNG1F1-#/HPMARKERSYNG2F1-#-S1 (PROA-04) presentó un rendimiento de 5,46 t.ha<sup>-1</sup>, superior a la variedad Guararé-8128 y similar a la variedad IDIAP-MV-0706 y superada por el IDIAP-MV-1102. Esta nueva variedad fortificada se caracterizó por su buen rendimiento en el promedio general de todas las localidades buenas características agronómicas.

**PALABRAS CLAVES:** Biplot GGE-SReg, mejoramiento, variedades sintéticas, adaptabilidad.

<sup>1</sup> Recepción: 16 de mayo de 2018. Aceptación: 18 de junio de 2018. Investigación realizada con fondos del "Proyecto de Investigación e Innovación de generación de variedades e híbridos de maíz ante la variabilidad climática en la región de Azuelo" del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<sup>2</sup> M.Sc. en Protección de Cultivos. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Azuelo (CIA Azuelo). e-mail: gordon.roman@gmail.com

<sup>3</sup> M.Sc. IDIAP. CIA Azuelo.

<sup>4</sup> Ing. Agr. IDIAP. CIA Azuelo.

<sup>5</sup> Ing. Agr. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Divisa (CIA Divisa).

<sup>6</sup> M.Sc. en Mejoramiento. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí).

<sup>7</sup> Ph.D. en Mejoramiento. CIMMYT. Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo.

## MAIZE VARIETIES WITH HIGH CONTENT OF BETA-CAROTENS

### ABSTRACT

In order to select varieties of yellow grain corn with high content of beta-carotene, 30 experiments were planted in fields of collaborating farmers and the Experimental Station of El Ejido, Republic of Panama in the years 2014, 2016 and 2017. The synthetics evaluated were obtained from the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). In the first year, 12 varieties of high carotene content were received and two normal grain controls were included in a trial planted on two sowing dates in El Ejido (recommended sowing and late sowing). In 2015, was received from CIMMYT, seeds of the four best varieties and these were multiplied. In 2016 and 2017 two trials were prepared and planted in plots provided by producers from different localities in the country (Azuelo, Soná and Río Sereno). The design used was Alfa Lattice 3 x 4 and 3 x 3 (12 and 9 treatments, respectively), with three repetitions. The experimental plots consisted of two rows of 5,20 m long separated at 0,75 m between rows. The population oscillated between 5,33 and 6,66 plants.m<sup>2</sup>. The agronomic management carried out was according to what was recommended by the Maize Project of the institute. The analyzes of variance of all the tests were carried out and they showed statistical differences between cultivars. High percentages of repeatability and low coefficients of variation were obtained. The adaptability and stability of the varieties was measured with the use of Biplot SReg analysis. After three years of evaluation it was determined that the variety HPMARKERSYNG1F1 - # / HPMARKERSYNG2F1 - # - S1 (PROA-04) presented a yield of 5,46 t.ha<sup>-1</sup>, superior to the variety Guararé-8128 and similar to the IDIAP-MV-0706 variety and surpassed by the IDIAP-MV-1102. This new fortified variety was characterized by its good performance in the general average of all localities with good agronomic characteristics.

**KEY WORDS:** Biplot GGE-SReg, breeding, synthetic varieties, adaptability.

### INTRODUCCIÓN

Aunque se ha logrado un avance significativo en seleccionar variedades de maíz con mejor tolerancia a estreses bióticos, estas se han sembrado poco en Panamá. Hace más de 30 años, el CIMMYT inició selección recurrente para mejorar el rendimiento en condiciones de sequía severa en la etapa de la floración (la etapa fenológica más sensible) y se

logró un mejoramiento promedio de rendimiento bajo estrés de 126 kg.ha<sup>-1</sup> por ciclo (Bruce *et al.* 2002). Esta labor en el CIMMYT se basó en la selección de familias para obtener tanto características de adaptación a sequía como un mejor rendimiento de grano bajo estrés. El CIMMYT ha generado muchas poblaciones tolerantes a sequía en una

gran diversidad de grupos de madurez y tipos de grano. Las progenies de estas poblaciones se ensayaron también en condiciones deficientes en nitrógeno y se observó que la mejoría en la tolerancia a sequía tuvo un efecto benéfico significativo en la tolerancia a la deficiencia de nitrógeno (Zaidi *et al.* 2004). En años recientes, se ha progresado mucho en generar variedades tolerantes a sequía para el Este y el Sur de África, donde prevalece una tendencia a sequía severa y donde los cultivares elite del CIMMYT rinden por lo menos una tonelada por hectárea más en condiciones de sequía grave que el mejor germoplasma proveniente del sector privado (Banziger *et al.* 2006).

Las variedades de maíz con tolerancia mejorada a sequía tienen menos probabilidades de ser susceptibles al desarrollo de micotoxinas. En las áreas urbanas del Panamá, la pobreza total y la extrema alcanzan su menor nivel, el 20,6% y 4,6% de su población, respectivamente. En tanto que, en las áreas rurales no indígenas, poco más de la mitad de los residentes es pobre (54,2%), y una de cada cinco personas (22,3%) se encuentra en situación de pobreza extrema. En las áreas rurales indígenas esta situación se empeora, en donde casi la totalidad de sus habitantes

se encuentra en condición de pobreza (98,5%), mientras que el 89,7% de sus pobladores se encuentra en pobreza extrema. Las poblaciones que sufren de pobreza y de pobreza extrema son las más afectadas por deficiencia de vitamina A (MINSa 2014). Esta proporción llega al 88% del área indígena y 50% en el área urbana. Los niños indígenas tienen dos veces más alto riesgo según el índice de consumo y en cuanto al patrón habitual de consumo el riesgo es tres veces más alto que los niños no indígenas. En 1999 se actualizó la situación de la deficiencia de vitamina A, se reportó que los bajos niveles de retinol sérico (<20 µg/dL) aumentaron de 6% a 9%. Por lo anterior, en Panamá la deficiencia de vitamina A no es considerado como un problema de salud pública a nivel nacional. Sin embargo, un estudio que se realizó en niños y niñas menores de 5 años a nivel nacional, mostró que las cifras de prevalencia en el área indígena eran elevadas, afectando principalmente a las niñas y niños de 12 a 23 meses de edad (MINSa 1999). Por otro lado, un estudio realizado por Menchú y Méndez (2011) indican que la adecuación promedio de vitamina A es de 28% en el área indígena. También, indica que un alto porcentaje de hogares están en situación crítica según el nivel de adecuación (menor del 70%) y que los nutrientes más deficitarios en

Panamá son calcio, zinc y vitamina A. Un estudio realizado en Zambia con maíz biofortificado rico en betacaroteno se observó que su consumo fue más eficaz en incrementar la retención sérica de  $\beta$ -caroteno en comparación con el maíz convencional (Palmer *et al.* 2016).

El 20,6% de la población de Panamá menor de 5 años (60 meses) padece de desnutrición crónica, o sea, una baja talla para su edad. La incidencia de la pobreza total entre las personas de 10 años y más que no saben leer y escribir es de 71,8%, lo que representa un poco más de dos veces, cuando se compara con aquellas que leen y escriben (30,3%). La Fundación Nutre Hogar de la UNICEF mostró su preocupación en un documento por la existencia en la nación panameña de unos “600 000 menores con más de 45% de desnutrición crónica”. Ese organismo indicó que el déficit alimentario es muy severo en las zonas indígenas, donde 72,3% de los infantes, incorporados a labores agrícolas, padece ese mal (MEF 2005).

Durante los últimos cinco años se diseñó un proyecto con el objetivo de determinar la adaptabilidad y estabilidad de variedades sintéticas normales, QPM y alto contenido en betacarotenos; de grano amarillo con tolerancia a estreses

bióticos, con el propósito de identificar genotipos rendidores, con buena estabilidad de rendimiento y características agronómicas deseables, bajo diversos ambientes de Panamá.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### **Localidades**

Durante tres años se realizaron experimentos en distintas localidades de las provincias de Los Santos, Veraguas y Chiriquí. En el 2014 se sembró un experimento en dos fechas de siembra, Normal y Tardía (S-Normal y S-Tardía), en la Estación Experimental El Ejido en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con dos repeticiones. En el 2016 se realizó en tres provincias del país un experimento en un diseño Alfa Látice 3 x 4 con tres repeticiones. En el 2017 el ensayo tuvo un diseño Alfa Látice 3 x 3 con tres repeticiones y se sembró en 10 localidades de la provincia de Los Santos. En total, la investigación para la evaluación y selección de variedades incluyó 30 experimentos en los tres años (Cuadro 1).

### **Material genético**

Durante tres ciclos agrícolas (2014, 2016 y 2017) se realizaron ensayos en múltiples localidades del país en parcelas de productores colaboradores.

**CUADRO 1. DISEÑO, NÚMERO DE REPETICIONES, TRATAMIENTOS Y LOCALIDADES DE LOS ENSAYOS DE EVALUACIÓN DE VARIEDADES EN PANAMÁ, 2014-2017.**

Año	Diseño	Rep	Trat	Provincia	Loc	Localidades
2014	BCA	2	14	Los Santos	2	El Ejido
2016	Alfa Látice 3x4	3	12	Los Santos	10	El Ejido, El Salaíto, Guararé, Llano Abajo, Nuevo Ocú, Pocrí, La Colorada, Pedasí y Los Destiladeros.
				Veraguas (Soná)	5	Río Viejo E, Guarumal, La Soledad, Trinchera y Río Viejo L.
				Chiriquí (Río Sereno)	3	Río Sereno, San Antonio y Dominical
2017	Alfa Látice 3x3	3	9	Los Santos	10	El Ejido, El Salaíto, Guararé, Llano Abajo, Nuevo Ocú, Pocrí, La Colorada, Los Destiladeros y Pedasí.

Rep = Repeticiones; Trat = Tratamiento; Loc = Localidades.

Todo el material genético evaluado fue recibido del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). En el año 2014 se sembraron 12 variedades de maíz grano amarillo con alto contenido de betacarotenos (ProA) y dos testigos locales de grano amarillo normal. En el 2016 se evaluaron 12 variedades, en el mismo se incluyeron las mejores cuatro variedades ProA seleccionadas en el 2014, dos variedades de grano blanco y seis variedades de grano amarillo, ya liberadas por el IDIAP. Finalmente, en el año 2017 se sembraron los ensayos incluyendo nueve variedades de grano amarillo, en este se incluyó las cuatro variedades de alto contenido en betacarotenos (Cuadro 2).

### **Unidad Experimental**

Las parcelas experimentales consistieron de dos surcos de 5,2 m de largo. Todos los ensayos en Los Santos fueron sembrados a una distancia de 0,75 m entre hileras y 0,20 m entre plantas para una densidad inicial de 6,66 plantas/m<sup>2</sup>. En Veraguas (Soná) y Chiriquí (Remedios) la distancia entre posturas fue de 0,50 m, dejando dos plantas por postura, para una población inicial de 5,33 plantas/m<sup>2</sup>. El manejo agronómico de los ensayos respecto al control de malezas, plagas dependió de su incidencia y de las recomendaciones de la Guía para el manejo integrado del cultivo de maíz del IDIAP (Gordón 2012). Se aplicó a la siembra 273 kg.ha<sup>-1</sup> de una fórmula completa (13-26-10-3) en forma

de banda a 2,5 cm de profundidad. Se realizaron dos aplicaciones suplementarias de nitrógeno en forma de urea, la primera a los 21 días después de siembra (dds) y la segunda a los 37 dds a razón de 159 kg.ha<sup>-1</sup> a 204 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### **Variables medidas**

Los datos tomados incluyeron caracteres cuantitativos como: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, número de plantas acamadas de tallo, número de mazorcas

podridas, número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha, rendimiento de grano, número de mazorcas con mala cobertura y humedad del grano. Además, se midieron variables cualitativas, como: aspecto de planta y mazorcas (escala 1 a 5), textura de grano (escala 1 a 4), enfermedades al follaje tales como *Bipolaris maydis*, *Exserohilum turcicum*. Donde 1 indica ausencia de enfermedad y 5 infección muy severa. La evaluación se realizó en la etapa R3 (75-80 dds) del cultivo, antes de la senescencia de las hojas.

**CUADRO 2. VARIEDADES EVALUADAS EN LOS TRES ENSAYOS DE MAÍZ EN PANAMÁ, 2014-2017.**

	2014	2016	2017
<i>Genealogía</i>	<i>Nombre Experimental</i>		
(ProA-SynA) F1-#	PROA-01	IDIAP-MV-0706	IDIAP-MV-0706
(ProA-SynB) F1-#	PROA-02	IDIAP-MV-1102	IDIAP-MV-1102
ObatanpaProAFSbaBulk-#-#	PROA-03	IDIAP-MV-1104	IDIAP-MV-1104
HPMARKERSYNG1F1- #/HPMARKERSYNG2F1-#-S1	PROA-04	Guararé-8128	Guararé-8128
HPMARKERSYNG2F1- #/HPMARKERSYNG1F1-#-S1	PROA-05	IDIAP-MQ-12	IDIAP-MQ-12
HPMARKERSYNG3F1- #/HPMARKERSYNG1F1-#-S1	PROA-06	PROA-02	PROA-02
HPMARKERSYNG3F1- #/HPMARKERSYNG2F1-#-S1	PROA-07	PROA-04	PROA-04
HPMARKERSYNG1F1-B	PROA-08	PROA-05	PROA-05
HPMARKERSYNG2F1-B	PROA-09	PROA-06	PROA-06
HPMARKERSYNG3F1-B	PROA-10	IDIAP-MQ-14	
Sam4ProAMAsc1 F1-B	PROA-11	IDIAP-MQ-07	
HPMARKERSYNG1F1-B	PROA12	IDIAP-MQ-09	
IDIAP-MV-1102			
IDIAP-MV-1104			



El rendimiento de grano de cada variedad fue normalizado ( $RN_i$ ) por medio del proceso de estandarización o normalización  $N(0,1)$ . La fórmula para el cálculo del rendimiento normalizado fue  $(X_i - \mu) / \delta$ , en donde  $X_i$  es el rendimiento de la variedad de interés,  $\mu$  es la media general y  $\delta$  es la desviación estándar general a través de localidades. La normalización se realizó para comparar el rendimiento de cada variedad y disminuir el efecto de las condiciones en cada localidad.

#### **Diseño experimental y análisis estadístico**

Se realizó un análisis de varianzas por localidad utilizando el método REML (Restricted Maximum Likelihood) propuesto por Vargas *et al.* (2013). El cálculo de las varianzas de cada una de las fuentes de variación se realizó según los modelos lineales de los diseños de BCA (1) y Alfa Látice (2).

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Gen_k + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Block_j(Rep_i) + Gen_k + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

En donde  $Y_{ijk}$  es el tratamiento de interés;  $\mu$  es la media general;  $Rep_i$  es el efecto de la  $i$ -ésima repetición;  $Block_j(Rep_i)$  es el efecto del  $j$ -ésimo bloque incompleto dentro del  $i$ -ésima repetición;  $Gen_k$  es el efecto  $k$ -ésimo genotipo, y  $\varepsilon_{ijk}$  es el error

residual. En este modelo los genotipos se consideran como efectos fijos y las repeticiones y bloques incompletos como efectos al azar.

En cada análisis por localidad se procedió a calcular la repetitividad ( $h^2$ ) y a las localidades que tuvieron una repetitividad superior a 0,20 se les realizó un análisis de varianza combinado por año (Gordón y Camargo 2015 y Camargo *et al.* 2017) con el siguiente modelo matemático de acuerdo al diseño de BCA (3) y Alfa Látice (4):

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl} \quad (3)$$

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Block_k(Rep_j) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl} \quad (4)$$

En donde los nuevos términos  $Loc_i$  y  $Loc_i \times Gen_l$  son los efectos para la  $i$ -ésima localidad y la interacción genotipo por localidad, ambos considerados términos al azar dentro del modelo. En este modelo los genotipos se consideran como efectos fijos y las repeticiones y bloques incompletos como efectos al azar. Para la estructura de las covarianzas se utilizó el modelo de componentes de la varianza (*Variance components*).

A todas las variables se le calculó las medias ajustadas (LS means) y las mismas fueron comparadas utilizando las diferencias mínimas significativas (DMS) al 5% de probabilidad. Finalmente, se realizó un análisis combinado de los años 2016 y 2017 con las variedades en común (nueve en total) bajo un diseño de BCA de las 28 localidades.

### **Análisis de estabilidad**

Para el análisis de estabilidad se utilizó el modelo Biplot GGE-SReg, que integra el análisis de varianza y el análisis de componentes principales (Yan *et al.* 2000). Los datos de rendimiento fueron sometidos a un análisis de conglomerado mediante el método de Ward (Johnson 1998). Este método utiliza el análisis de la varianza para evaluar la distancia entre grupos, minimizando la suma de los cuadrados de las distancias entre los conglomerados que son formados en cada interacción.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Análisis de los ensayos de 2014**

Se midió la precipitación pluvial durante todo el desarrollo del cultivo en

las dos fechas de siembra en la localidad El Ejido (Cuadro 3). Ambas fechas de siembra, pasaron estrés hídrico por la baja precipitación en todo el ciclo, con registros menores de 250 mm de lluvia (Cuadro 3). En la fecha de siembra normal (S-Normal) se presentó estrés en la floración (51 a 80 dds) y el llenado del grano (81 a 100 ds), mientras que en la siembra tardía (S-Tardía) el estrés fue más acentuado después de los 80 dds. Esto se vio reflejado en la baja productividad de los dos ensayos. El análisis estadístico por localidad para el rendimiento de grano presentó un valor de repetitividad superior a 0,20 para los dos ensayos (0,92 y 0,41 para S-Normal y S-Tardía, respectivamente). El análisis combinado de las dos localidades (Cuadro 4) indica diferencias significativas para el rendimiento de grano y variables asociadas a él como peso de mazorcas. Los valores de repetitividad fueron superiores a 0,20 con excepción de la posición relativa de las mazorcas con respecto a la altura de las plantas (Pomz), plantas al momento de la cosecha ( $Pt \cdot m^2$ ) y porcentaje de mazorcas podridas (Pod).

**CUADRO 3. PRECIPITACIÓN ACUMULADA POR DECA-DÍAS EN LOS DOS ENSAYOS ALTOS EN CONTENIDO DE BETA-CAROTENO, EL EJIDO, PANAMÁ – 2014.**

Ensayo	0-10	11-20	21-30	0 a 30	31-40	41-50	31 a 50	51-60	61-70	71-80	51 a 80	81-90	91-100	81 a 100	Total
S-Normal	29,4	3,0	8,1	40,4	11,1	69,9	81,0	32,4	0,8	6,6	39,7	4,8	43,2	48,0	209,1
S-Tardía	45,5	25,8	0,0	101,2	6,9	42,0	48,8	20,7	74,0	0,0	94,7	0,0	0,0	0,0	244,8

El análisis para rendimiento presentó mayor varianza entre localidades que entre variedades y la interacción entre estas dos fuentes fue relativamente baja.

El rendimiento de grano, así como el resto de las variables medidas (Cuadro 4), sobresalieron las variedades con alto contenido en betacarotenos PROA-04) con rendimiento de grano superior a las 3,00 t.ha<sup>-1</sup> y un rendimiento normalizado (RN<sub>i</sub>) de 1,83; 73% por encima de la media general del mejor testigo IDIAP-MV-1102. Le siguieron a este grupo las variedades PROA-02, PROA-06 y PROA-05 con un rendimiento superior a 2,00 t.ha<sup>-1</sup>, superando al testigo en más del 20%. Estas variedades presentaron número de mazorcas por planta al momento de la cosecha y peso de las mazorcas superior a la media del experimento. Su porcentaje de mazorcas podridas fue bajo (menos de 7%), por el contrario, el porcentaje de plantas acamadas fue alto con excepción del PROA-04 que presentó menos de 10%. Debido a la baja precipitación pluvial registrada en el 2014 la presencia de enfermedades foliares causadas por hongo fue baja, presentando calificaciones menores de 1,5.

De acuerdo a estos resultados y a su comportamiento con respecto al mejor testigo de grano normal, se seleccionaron las mejores cuatro variedades evaluadas en este grupo. Estos genotipos fueron solicitados al CIMMYT para su multiplicación en el Programa de Semillas del IDIAP. Los mismos fueron incluidos en la evaluación con el resto de variedades liberadas por IDIAP en los siguientes años. Estos ensayos fueron sembrados en parcelas facilitadas por productores en distintas localidades del país.

#### **Análisis de los ensayos de 2016**

El análisis combinado de los ensayos del año 2016 incluyó todos los ensayos con repetitividad mayor de 0,20. En este análisis se excluyó la siembra tardía realizada en El Ejido (S-Tardía), dado que presentó una repetitividad de 0,17. En total se incluyeron 17 localidades para el análisis combinado. Este análisis presentó una repetitividad de 0,93 para la variable rendimiento y el resto de las variables presentaron valores superiores a 0,20. En este año la varianza para rendimiento de grano fue mayor entre localidades que entre variedades (Cuadro 5), indicando la variabilidad de los ambientes.

**CUADRO 4. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. CUADROS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS, EL EJIDO, PANAMÁ - 2014.**

Variedad	Rend	RN <sub>i</sub>	Flor días	Alpt cm	Ptm <sup>2</sup>	MxP	Pmz g	Pod %	Aca %	Aspt 1 a 5	Asmz 1 a 5	Cob %	Tex 1 a 4	Pomz	vs 1102
1 PROA-04	3,05	1,83	55	163	6,06	0,93	49	4,8	9,7	3,4	3,8	10,3	1,2	0,39	73
2 PROA-02	2,33	0,47	56	153	6,27	0,88	38	4,8	16,7	3,6	4,0	5,7	1,3	0,47	32
3 PROA-06	2,32	0,26	57	138	6,36	0,90	38	4,0	22,7	3,5	4,1	11,9	1,0	0,49	31
4 PROA-05	2,17	0,45	56	151	6,54	0,78	40	9,6	19,0	3,7	4,1	4,5	1,0	0,48	23
5 PROA-03	1,83	0,02	58	147	6,47	0,68	39	11,7	14,5	3,6	4,3	2,7	1,7	0,50	4
6 PROA-09	1,81	-0,16	58	143	5,90	0,74	38	5,8	41,6	3,5	4,2	3,4	1,5	0,51	3
7 IDIAP-MV-1102	1,77	0,40	59	147	6,22	0,75	34	5,6	6,5	3,2	4,2	1,8	2,2	0,47	0
8 PROA-07	1,72	0,00	55	151	6,28	0,75	36	6,6	39,1	3,6	4,3	11,2	1,5	0,48	-2
9 PROA-10	1,59	-0,55	57	139	6,20	0,78	27	6,4	36,6	3,8	4,3	12,9	1,1	0,49	-10
10 PROA-12	1,58	-0,51	57	147	6,87	0,76	26	8,7	13,9	3,7	4,5	4,2	1,0	0,45	-10
11 PROA-11	1,51	-0,54	57	149	5,92	0,73	32	3,9	47,8	3,6	4,1	11,6	1,2	0,53	-15
12 PROA-01	1,39	-0,52	55	144	6,67	0,65	29	5,2	35,7	3,6	4,5	10,6	1,0	0,49	-21
13 PROA-08	1,27	-0,81	57	151	5,89	0,83	24	8,4	12,9	3,6	4,6	4,0	1,0	0,45	-28
14 IDIAP-MV-1104	1,20	-0,34	58	183	5,70	0,53	40	14,0	13,9	3,5	4,5	0,0	1,3	0,48	-32
<b>Promedio</b>	<b>1,82</b>	<b>0,00</b>	<b>57</b>	<b>151</b>	<b>6,24</b>	<b>0,76</b>	<b>35</b>	<b>7,1</b>	<b>23,6</b>	<b>3,6</b>	<b>4,3</b>	<b>6,8</b>	<b>1,3</b>	<b>0,48</b>	<b>3</b>
DMS 5%	1,17	1,09	3	26	1	0,24	8	7,5	29,6	0,2	0,4	12,0	0,6	0,11	
h <sup>2</sup>	0,29	0,64	0,20	0,24	0,19	0,33	0,82	0,00	0,35	0,49	0,57	0,14	0,54	0,00	
DMS/Rango	0,63	0,42	0,84	0,57	0,66	0,59	0,33	0,75	0,72	0,35	0,45	0,93	0,53	0,80	
C.V. (%)	2,4		2,2	14,4	1,5	1,5	6,5	19,1	13,5	0,7	1,1	21,7	2,8	1,1	
S <sup>2</sup> Variedades	0,06	0,250	0,29	24	0,02	0,00	35	0,0	53	0,00	0,02	2,8	0,054	0,000	
S <sup>2</sup> Localidades	1,95	0,000	5,94	1848	0,00	0,04	389	1,5	548	0,02	1,01	32,9	0,051	0,003	
S <sup>2</sup> Var x Loc	0,26	0,070	1,00	0	0,07	0,00	9	0,0	181	0,00	0,01	17,3	0,043	0,000	
S <sup>2</sup> Residual	0,11	0,412	2,69	311	0,14	0,02	15	26,0	43	0,02	0,05	32,0	0,103	0,006	

Rend = Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> = rendimiento normalizado, Flor = Floración, Alpt = Altura de planta, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Ptm<sup>2</sup> = Plantas por metro cuadrado, Mzm<sup>2</sup> = Mazorcas por metro cuadrado, MxP = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = *Bipolaris maydis*, Aspt = Aspecto de planta, Cob = Mala cobertura de mazorcas, Tex = Textura de grano.

El rendimiento de grano, así como el resto de las variables medidas en los experimentos (Cuadro 5) sobresalieron en rendimiento las variedades de grano

normal IDIAP-MV-1102 seguida por el IDIAP-MV-1104 con 5,72 y 4,84 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente; así como, las variedades de grano de alta calidad

proteica IDIAP-MQ-14 e IDIAP-MQ-07, con un rendimiento de grano superior a 4,40 t.ha<sup>-1</sup>. De todas las variedades de alto contenido de betacarotenos

sobresalió la PROA-04 con 4,12 t.ha<sup>-1</sup>. El testigo tradicional utilizado por los productores (Guararé-8128) presentó un rendimiento de 3,83 t.ha<sup>-1</sup>.

**CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS, COMBINADO DE 17 LOCALIDADES, PANAMÁ - 2016.**

Variedades	Rend t.ha <sup>-1</sup>	RN <sub>i</sub>	Flor días	Alpt cm	Pomz	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MxP	PMz g	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Aspt 1-5	Cob %	Tex 1-4
1 IDIAP-MV-1102	5,72	1,42	53	222	0,49	5,75	5,40	0,95	109	15,6	36,5	1,8	2,9	4,5	1,4
2 IDIAP-MV-1104	4,84	0,42	53	210	0,53	5,69	4,89	0,86	104	21,4	30,5	2,1	2,8	3,3	1,8
3 IDIAP-MQ-14	4,56	0,19	54	224	0,47	5,34	4,80	0,91	97	19,2	35,5	2,3	3,0	5,3	2,2
4 IDIAP-MQ-07	4,42	0,04	53	214	0,46	5,26	4,68	0,89	99	21,4	36,7	2,3	2,9	5,8	2,0
5 IDIAP-MV-0706	4,42	0,03	53	225	0,48	5,42	4,67	0,87	95	15,7	41,1	2,4	3,2	3,5	1,9
6 IDIAP-MQ-12	4,40	0,04	54	225	0,48	5,33	4,88	0,92	92	19,8	34,1	2,4	3,0	5,4	1,9
7 IDIAP-MQ-09	4,38	0,02	54	212	0,48	5,36	4,71	0,88	98	20,7	32,7	2,1	2,9	3,2	2,2
8 PROA-04	4,12	-0,31	52	209	0,48	5,48	4,96	0,91	83	22,3	39,6	2,0	3,1	7,5	1,2
9 PROA-02	4,09	-0,29	52	207	0,49	5,53	5,04	0,91	84	19,1	39,2	2,5	3,0	3,1	1,1
10 PROA-06	4,03	-0,42	51	211	0,48	5,55	5,13	0,93	81	23,5	42,1	2,0	3,0	11,4	1,3
11 Guararé-8128	3,83	-0,52	53	241	0,51	5,57	5,06	0,91	77	13,5	37,9	2,2	3,4	2,9	1,9
12 PROA-05	3,69	-0,62	52	206	0,48	5,29	4,71	0,89	80	22,8	43,8	2,0	3,0	9,0	1,3
<b>Promedio</b>	<b>4,37</b>	<b>0,00</b>	<b>53</b>	<b>217</b>	<b>0,49</b>	<b>5,46</b>	<b>4,91</b>	<b>0,90</b>	<b>92</b>	<b>19,6</b>	<b>37,5</b>	<b>2,2</b>	<b>3,0</b>	<b>5,4</b>	<b>1,7</b>
DMS 5%	0,38	0,35	1	5	0,91	0,22	0,28	0,04	8	4,7	6,6	0,2	0,2	2,3	0,4
n <sup>2</sup>	0,93	0,95	0,94	0,97	0,21	0,73	0,79	0,65	0,93	0,71	0,60	0,90	0,86	0,91	0,88
DMS/Rango	0,19	0,17	0,23	0,15	14,68	0,46	0,38	0,48	0,24	0,47	0,50	0,25	0,28	0,27	0,33
C.V. (%)	17,6		1,8	5,6	20,6	8,3	11,4	9,9	21,1	56,7	29,5	12,8	6,9	67,5	29,8
S <sup>2</sup> Variedades	0,26	0,278	0,83	100	0,000	0,02	0,04	0,000	98	7,0	8,7	0,036	0,023	6,5	0,139
S <sup>2</sup> Localidades	2,32	0,000	3,11	1164	0,002	0,86	0,81	0,007	1763	608,9	346,3	0,201	0,147	4,2	0,169
S <sup>2</sup> Var x Loc	0,13	0,120	0,34	7	0,000	0,04	0,07	0,001	7	8,3	16,2	0,012	0,023	5,0	0,099
S <sup>2</sup> Residual	0,59	0,441	0,90	150	0,01	0,20	0,32	0,008	373	123,4	122,6	0,078	0,044	13,3	0,248
Número Loc	17	17	12	17	17	17	17	17	17	17	10	10	10	14	10

Rend = Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> = rendimiento normalizado, Flor = Floración, Alpt = Altura de planta, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Ptm<sup>2</sup> = Plantas por metro cuadrado, Mzm<sup>2</sup> = Mazorcas por metro cuadrado, MxP = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = *Bipolaris maydis*, Aspt = Aspecto de planta, Cob = Mala cobertura de mazorcas, Tex = Textura de grano.

Todas las variedades presentaron una floración femenina alrededor de los 52 días después de siembra (dds), siendo las de alto contenido de betacarotenos (PROA) las más precoces. El peso de mazorcas de las mismas osciló entre 109 y 77 g, siendo las de mayor rendimiento las que presentaron promedios superiores a 100 g. En relación a enfermedades, el promedio general presentó altos porcentajes de mazorcas podridas (mayores a 12%), debido principalmente al alto porcentaje de pudrición presentado en las localidades de Veraguas (51,6%) en comparación a las de Chiriquí (11,3%) y Azuero (4,8%). La calificación de enfermedades al follaje presentó una media por debajo de 2,5 en todas las variedades, lo que sugiere su buena tolerancia a enfermedades fungosas al follaje. En relación al porcentaje de mala cobertura o mazorcas con punta descubierta, este fue menor de 10% en todas las variedades, con excepción de la PROA-06 que presentó una media de 11,4%. En relación al porcentaje de plantas acamadas el mismo osciló entre 13,5 a 43,8, siendo la variedad de PROA-05 la que presentó los valores más altos en esta variable. En relación a la textura de grano las variedades PROA son las más cristalinas

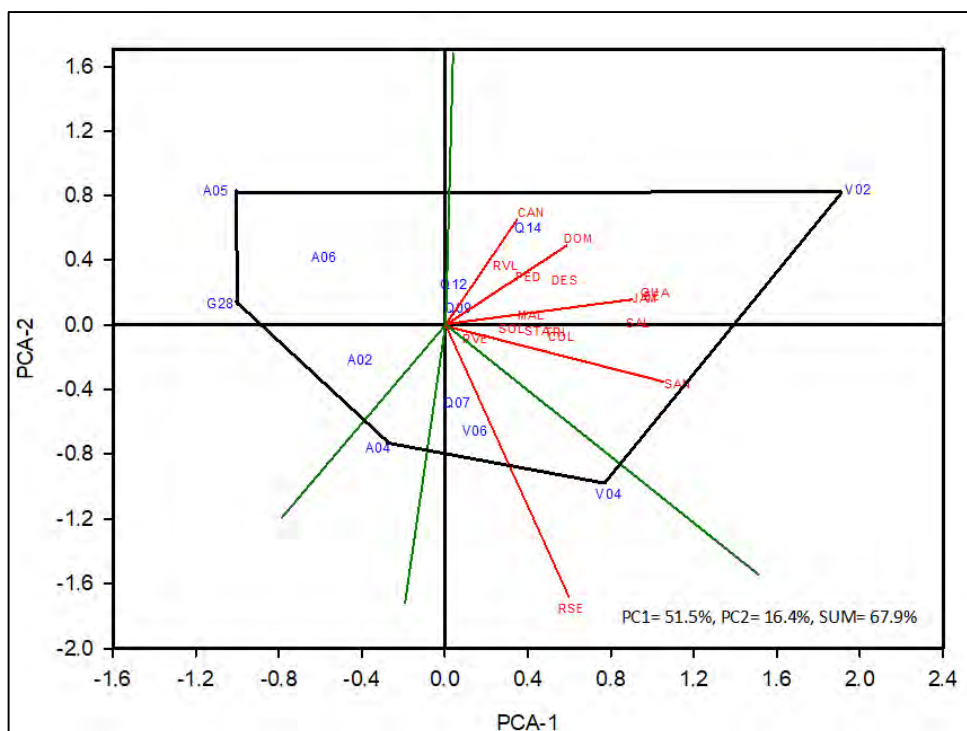
presentando los menores valores de clasificación (Cuadro 5).

El análisis de varianza del rendimiento de grano, así como el valor de los dos ejes principales de la interacción genotipo-ambiente, obtenidos a través del modelo Biplot GGE-Sreg (Cuadro 6), indica que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 67,9% de la interacción genotipo ambiente con el 28,2% de los grados de libertad. El PCA-1 explicó el 51,5%, mientras que el PCA-2 fue responsable del 16,4% con el 14,8% y 13,6% de los grados de libertad, respectivamente.

Con relación a la interacción genotipo ambiente, las variedades que mejor se comportaron en cada uno de los grupos ambientales, de acuerdo a la posición o cercanía a la que se encuentran de cada grupo (Figura 1), muestra que Candelaria, Dominical, Río Viejo L, Pedasí y Destiladero conforman el Grupo Ambiental A, en el Grupo B se agrupan todas las localidades excepto Río Sereno que se comporta de manera distinta al resto. De acuerdo a este análisis, la variedad IDIAP-MQ-09 fue la más estable y su rendimiento es superior a la media general.

**CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO DEL ENSAYO DE LA PRUEBA REGIONAL, PANAMÁ - 2016.**

<i>FV</i>	<i>gl</i>	<i>Suma de Cuadrados Tipo IV</i>	<i>Cuadrados Medios</i>	<i>Probabilidad F</i>
Localidades	16	1365,4	85,3	0,001
Genotipos	11	151,8	13,8	0,001
Gen x Loc	176	201,0	1,1	0,001
PCA-1	26	181,5	6,98	0,001
PCA-2	24	57,9	2,41	0,001



**Figura 1. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de 12 variedades de maíz en 17 localidades de Panamá, 2016 (Biplot GGE-SREG).**

### **Análisis de los ensayos de 2017**

El análisis de varianza combinado del rendimiento y características agronómicas de las diez localidades en donde se sembraron los ensayos (Cuadro 7) señalan una diferencia altamente significativa entre ambientes y variedades para todas las variables estudiadas. La

interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa para todas las variables analizadas. De acuerdo al análisis de varianza el ambiente y los genotipos capturaron el 63,5 y 19,2% de la suma de cuadrados total del experimento. Lo que indica, que hubo mayor variabilidad entre localidades que

entre variedades, cumpliendo con el objetivo de ubicar los ensayos en localidades contrastantes. El estadístico DMS/Rango general fue de 0,15 y para las localidades varió entre 0,09 y 0,42; este sugiere una buena precisión en los resultados del análisis de este experimento.

El promedio ajustado (LSMeans) del rendimiento de grano y algunas de las variables medidas por localidad (Cuadro 7) presentan un rendimiento promedio a

través de las 10 localidades de 3,85 t.ha<sup>-1</sup>, pero el mismo se vio afectado en algunas localidades por la distribución de la lluvia y el tipo de suelo. En ninguna localidad excepto El Ejido (S-Normal) y Guararé, se registró precipitación mayor de 50 mm en la etapa final del llenado del grano (81 a 100 dds). Adicional, a esta baja precipitación en la siembra tardía de El Ejido la lluvia acumulada en la fase 51-80 dds fue menor de 50 mm lo que afectó la productividad del cultivo.

**CUADRO 7. PROMEDIO DE RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS SEGÚN LOCALIDADES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

Localidades	Fecha. Siembra	$h^2$ (Rend)	DMS/ Rango	Rend (t.ha <sup>-1</sup> )	Alpt (cm)	Pomz	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MxP	Pmz (g)	Pod (%)	Aca (%)	Enf (1-5)	Cob (1-5)
El Salaito	30-ago	0,99	0,09	4,93	211	0,50	5,64	5,29	0,9	93	3,1	18,5	3,2	5,3
Nuevo Ocú	06-sep	0,76	0,42	4,78	207	0,49	5,74	5,42	0,9	88	1,4	49,8	2,6	6,5
Guararé	04-sep	0,84	0,34	4,70	254	0,52	5,95	5,40	0,9	87	2,8	71,6	3,4	7,1
Pocrí	08-sep	0,96	0,20	4,67	209	0,56	5,92	5,44	0,9	86	1,8	51,0	2,9	9,1
Los Destiladeros	19-sep	0,80	0,40	4,19	225	0,50	6,65	5,62	0,8	75	4,4	24,5	3,1	9,4
Llano Abajo	04-sep	0,94	0,22	4,16	206	0,49	6,01	5,77	1,0	72	4,0	27,9	3,3	7,7
La Colorada	12-sep	0,91	0,27	4,07	235	0,49	6,41	5,79	0,9	70	6,5	45,7	2,5	8,3
Pedasí	21-sep	0,92	0,27	3,04	206	0,52	6,31	4,89	0,8	62	4,7	26,8	3,0	6,8
<b>Promedio A</b>				<b>4,32</b>	<b>219</b>	<b>0,51</b>	<b>6,08</b>	<b>5,45</b>	<b>0,9</b>	<b>79</b>	<b>3,6</b>	<b>39,5</b>	<b>3,0</b>	<b>7,5</b>
El Ejido S-Normal	25-ago	0,86	0,34	3,07	191	0,52	5,57	4,96	0,9	62	4,9	48,9	2,1	3,0
El Ejido S-Tardía	05-oct	0,93	0,29	0,95	206	0,44	6,02	4,87	0,8	19	,	22,4	2,3	6,7
<b>Promedio B</b>				<b>2,01</b>	<b>199</b>	<b>0,48</b>	<b>5,79</b>	<b>4,91</b>	<b>0,9</b>	<b>40</b>	<b>4,9</b>	<b>35,7</b>	<b>2,2</b>	<b>4,8</b>
<b>Prom General</b>		<b>0,96</b>	<b>0,15</b>	<b>3,85</b>	<b>215</b>	<b>0,50</b>	<b>6,02</b>	<b>5,35</b>	<b>0,9</b>	<b>71</b>	<b>3,7</b>	<b>38,7</b>	<b>2,8</b>	<b>7,0</b>

Rend = Rendimiento de grano, Rend Norm = rendimiento normalizado, Alpt = Altura de planta, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Ptm<sup>2</sup> = Plantas por metro cuadrado, Mzm<sup>2</sup> = Mazorcas por metro cuadrado, MxP = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = *Bipolaris maydis*, Cob = Mala cobertura de mazorcas.



El mayor rendimiento de grano se obtuvo en El Salaíto (4,93 t.ha<sup>-1</sup>), mientras que el más bajo se obtuvo en la S.Tardía realizada en El Ejido con una media de 0,95 t.ha<sup>-1</sup>. El rendimiento promedio de las localidades del Grupo B (2,01 t.ha<sup>-1</sup>) fue superado al obtenido en las localidades del Grupo A (4,32 t.ha<sup>-1</sup>). Esta diferencia se observó también en el tamaño de las plantas, número de plantas y mazorcas cosechadas y peso de mazorcas. El porcentaje de plantas acamadas fue superior del 20% en todas las localidades con excepción del ensayo sembrado en El Salaíto. El porcentaje de mazorcas podridas fue bajo (menos del 7%) en todas las localidades. El mayor porcentaje de mazorcas con mala cobertura se observó en Los Destiladeros con un valor alrededor del 9,4% (Cuadro 7).

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre las distintas variedades evaluadas para el rendimiento de grano. De las variedades evaluadas, cuatro sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa el genotipo IDIAP-MV-1102 con rendimiento promedio superior a 5,00 t.ha<sup>-1</sup> (Cuadro 8). A esta variedad le siguió el grupo IDIAP-MV-1104 y PROA-04, con medias superiores a 4,00 t.ha<sup>-1</sup>. Siguieron a estos cultivares las variedades IDIAP-MQ-12; PROA-05, PROA-02 y PROA-06

con un rendimiento por encima 3,50 t.ha<sup>-1</sup>. El testigo Guararé-8128 presentó un rendimiento de 2,87 t.ha<sup>-1</sup>, y tamaño de mazorca de 60 g. Este testigo fue superado en 88% por el IDIAP-MV-1102. La variedad PROA-06 presentó el mayor porcentaje de mazorcas podridas (5,5 %), seguido por el PROA-5 con 5,2%.

El porcentaje de mazorcas podridas fue bajo (menos de 6%), así como la calificación de enfermedades foliares causadas por hongos. Todas las variedades presentaron un alto porcentaje de acame de tallo, principalmente la Guararé-8128, que presentó más del 50% de plantas acamadas. El porcentaje de mazorcas con mala cobertura fue baja con excepción de la PROA-06, que presentó un 18,4% de punta descubierta. La floración, osciló entre 50 y 53 días después de siembra, siendo las más precoces las variedades de alto contenido de betacarotenos (PROA). En relación a la textura de grano, los nuevos cultivares PROA son los más cristalinos del grupo presentando un color amarillo intenso. Esta característica de color es la preferida por el mercado de consumo humano en el país. En este grupo de nuevas variedades sobresalió por sus mejores características agronómicas y rendimiento de grano las variedades PROA-04 y PROA-05.

El Dendograma producto del análisis de Conglomerados de Ward para el rendimiento de grano (Figura 2), presenta las localidades agrupadas en dos grupos generales. El primero formado por las localidades de El Salaíto E, Guararé, Llano Abajo, Nuevo Ocu, Pocrí, La Colorada, Pedasí y Los Destiladeros. El segundo grupo lo forman las localidades de El Ejido (S-Normal y S-Tardía). De acuerdo al análisis Biplot GGE-SReg (Figura 3), tanto las nueve

variedades como los 10 ambientes presentan diferentes patrones de interacción. Los dos primeros ejes de los componentes principales (PCA1 y PCA2) explicaron el 81,8% de la interacción genotipo ambiente. De acuerdo a las puntuaciones de ambos ejes (PCA1 y PCA2) la variedad más estable fue el PROA-04 e IDIAP-MV-1102. Este mismo análisis clasificó los ambientes en dos grupos, siendo estos similares a los identificados por el método de Ward.

**CUADRO 8. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. CUADROS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS, AZUERO, PANAMÁ 2017.**

Variedades	Rend t.ha <sup>-1</sup>	RN <sub>i</sub>	Flor días	Alpt cm	Pomz	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MxP	PMz g	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Aspt 1-5	Cob %	Tex 1-4
1 IDIAP-MV-1102	5,39	1,70	52	220	0,50	6,38	6,03	0,94	88	2,9	26,1	2,6	2,9	4,0	1,0
2 IDIAP-MV-1104	4,13	0,34	52	211	0,51	6,16	5,35	0,88	77	3,2	24,4	2,7	3,0	2,5	1,0
3 PROA-04	4,02	0,23	50	209	0,50	6,00	5,61	0,95	72	4,0	42,0	2,7	3,0	9,2	1,0
4 IDIAP-MQ-12	3,87	0,07	53	216	0,50	5,86	5,15	0,89	75	3,6	39,1	2,9	3,1	8,1	1,2
5 PROA-05	3,76	-0,13	50	203	0,50	6,34	5,67	0,89	65	5,2	45,0	2,8	3,0	10,4	1,0
6 PROA-02	3,63	-0,18	50	206	0,49	5,97	5,59	0,94	65	3,8	33,9	3,2	3,1	5,2	1,0
7 PROA-06	3,62	-0,24	50	204	0,50	5,95	5,51	0,93	66	5,5	42,6	2,7	3,1	18,4	1,0
8 IDIAP-MV-0706	3,41	-0,60	51	219	0,50	5,59	4,50	0,81	74	3,4	42,4	3,0	3,4	2,8	1,1
9 Guararé 8128	2,87	-1,19	53	246	0,55	5,96	4,70	0,80	60	1,9	52,9	2,8	3,7	2,3	1,1
<b>Promedio</b>	<b>3,85</b>	<b>0,00</b>	<b>51</b>	<b>215</b>	<b>0,50</b>	<b>6,02</b>	<b>5,35</b>	<b>0,89</b>	<b>71</b>	<b>3,7</b>	<b>38,7</b>	<b>2,8</b>	<b>3,1</b>	<b>7,0</b>	<b>1,0</b>
DMS 5%	0,38	0,39	1	8	0,02	0,31	0,38	0,06	5	1,6	7,2	0,1	0,1	3,2	0,1
h <sup>2</sup>	0,96	0,97	0,97	0,96	0,85	0,79	0,92	0,86	0,96	0,71	0,92	0,92	0,96	0,95	0,68
DMS/Rango	0,15	0,14	0,18	0,18	0,30	0,39	0,24	0,40	0,18	0,46	0,25	0,22	0,16	0,20	0,54
C.V. (%)	11,6		2,3	5,5	6,3	9,7	10,8	11,2	10,1	81,2	34,2	7,9	7,3	72,1	18,4
S <sup>2</sup> Variedades	0,45	0,59	1,77	168	0,000	0,05	0,22	0,003	67	0,8	76,0	0,0	0,06	26,3	0,003
S <sup>2</sup> Localidades	1,45	0,00	2,35	317	0,001	0,10	0,09	0,003	453	2,2	284,0	0,2	0,01	2,0	0,000
S <sup>2</sup> Var x Loc	0,12	0,11	0,03	30	0,000	0,01	0,07	0,001	14	0,0	8,8	0,0	0,003	4,8	0,003
S <sup>2</sup> Residual	0,20	0,26	1,39	138	0,001	0,34	0,33	0,010	52	9,1	175,8	0,1	0,05	25,4	0,037
Número Loc	10	10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	10	10	10	10

Rend = Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> = rendimiento normalizado, Flor = Floración, Alpt = Altura de planta, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Ptm<sup>2</sup> = Plantas por metro cuadrado, Mzm<sup>2</sup> = Mazorcas por metro cuadrado, MxP = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = *Bipolaris maydis*, Aspt = Aspecto de planta, Cob = Mala cobertura de mazorcas, Tex = Textura de grano.

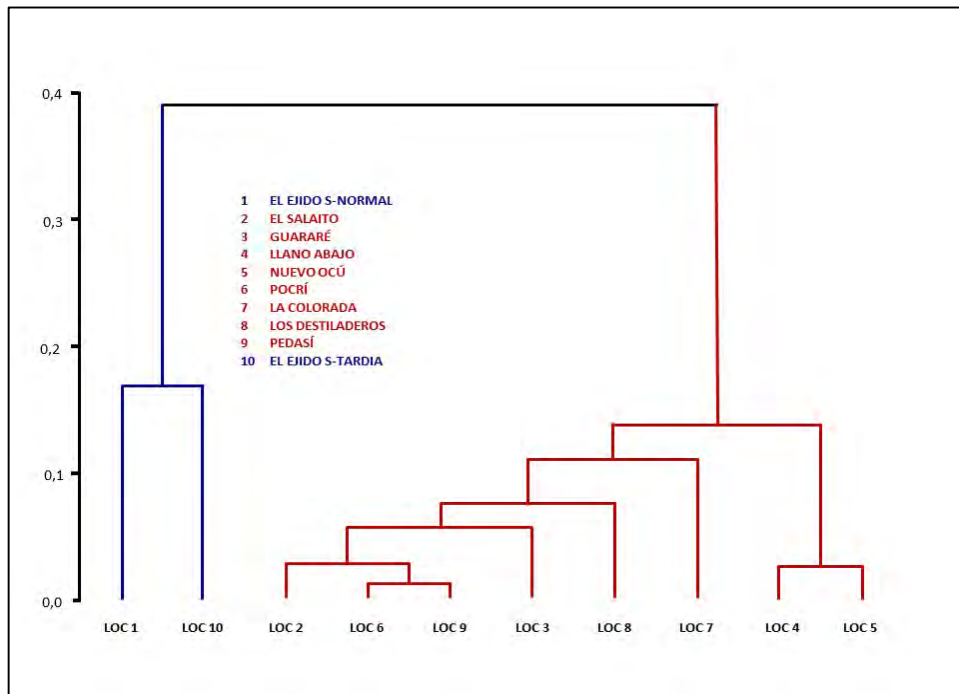


Figura 2. Dendrograma del análisis de conglomerados de las 10 localidades del ensayo de la Prueba Regional de Maíz, 2017.

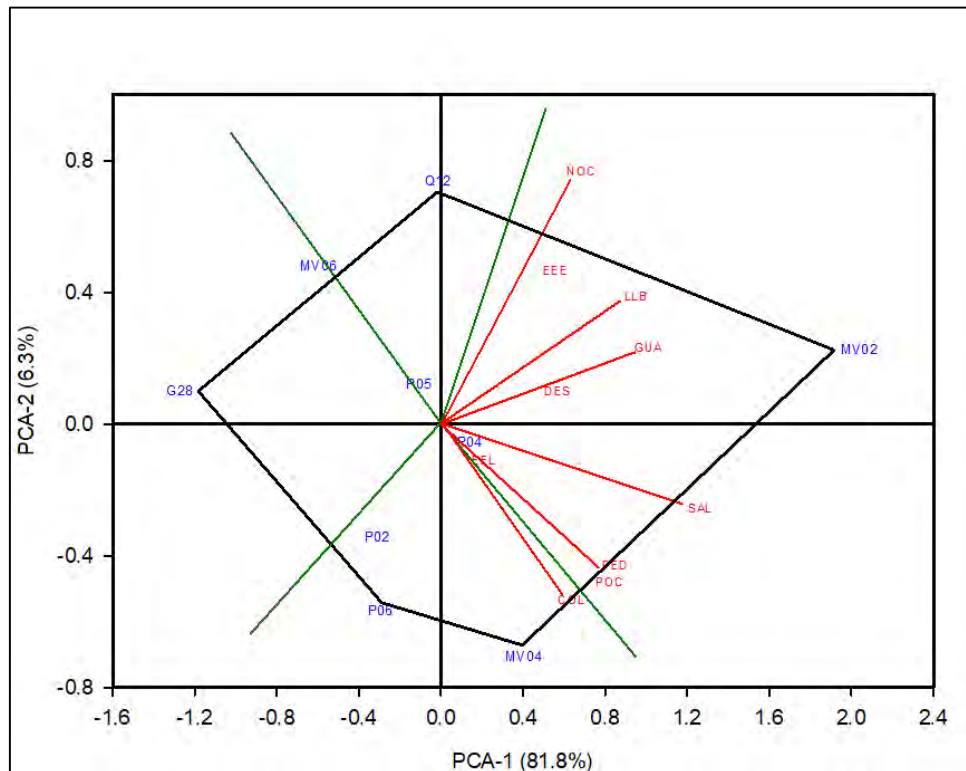


Figura 3. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de nueve variedades de maíz en 10 localidades de Azuero, Panamá, 2017 (Biplot GGE-SREG). *Análisis Combinado 2016-2017*

Para el análisis combinado de los dos años se tomaron las variedades en común (nueve). De acuerdo al análisis estadístico de todas las localidades el valor de la repetitividad ( $h^2$ ) por ensayo fue superior a 0,20 y el coeficiente de variación por debajo de 30% para la variable rendimiento de grano. Esta condición permitió la inclusión de todas las localidades en el análisis combinado. El análisis señala una diferencia altamente significativa entre ambientes y variedades para todas las variables estudiadas (Cuadro 9).

La interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa para todas las variables analizadas. De acuerdo al análisis de varianza del rendimiento, el ambiente capturó el 64,7% de la suma de cuadrados total del experimento. Por su parte los genotipos capturaron el 10,4% de la variabilidad total del análisis de varianza. De acuerdo a este análisis, la repetitividad del combinado para el rendimiento de grano fue de 0,96 y un DMS/Rango de 0,15. El resto de las variables presentaron valores de repetitividad superiores a 0,50. Estos valores sugieren una buena precisión experimental de este ensayo (Cuadro 9).

El promedio general de plantas al momento de la cosecha fue 5,72, siendo IDIAP-MV-1102 la que presentó el mayor

valor al momento de la cosecha (5,99  $\text{pt.m}^{-2}$ ) e IDIAP-MQ-12 la de menor número de plantas a la cosecha. En cuanto a precocidad, las variedades PROA fueron las precoces con una media de 51 días a floración femenina. La altura de plantas osciló entre 203 cm y 242 cm, siendo la variedad Guararé-8128 la de mayor altura y la de mayor posición relativa de la mazorca en la planta (0,52). Los mayores tamaños de mazorcas fueron IDIAP-MV-1102 e IDIAP-MV-1104 con medias de 99 g a 92 g por mazorca.

El porcentaje de mazorcas podridas, en general, fue alto con una media de 20%, principalmente, debido al alto porcentaje observado en las localidades de Veraguas. Todas las variedades presentaron calificación baja de enfermedades fungosas al follaje (calificación menor de 3,0). La variedad PROA-06 con un 14,1% de mazorcas con punta descubierta fue la variedad con mayor porcentaje de esta característica, el resto de las variedades presentaron menos del 10% de mala cobertura de mazorcas. Las variedades PROA fueron las de menor calificación de textura del grano, indicando que fueron de grano cristalino, característica esta preferida por los productores panameños.

De acuerdo al valor de la Diferencia Mínima Significativa (0,31 t.ha<sup>-1</sup>) del análisis combinado, IDIAP-MV-1102 superó a todas las variedades, esto representó un 60% más que Guararé-8128 y 37% más que IDIAP-MV-0706. Un segundo grupo que no difiere entre sí fue conformado por las variedades IDIAP-MV-1104, IDIAP-MQ-12, PROA-04 e IDIAP-MV-0706 (Cuadro 10).

De todas las variedades de alto contenido en betacarotenos, la mejor fue PROA-04 la cual fue de similar a IDIAP-MV-0706 (variedad sembrada a nivel nacional por productores de maíz) y superó en 18% el rendimiento de la Guararé-8128 que es la variedad más conocida por los productores en todo el país. Esta variedad se vio superada por IDIAP-MV-1102 en un 26%.

**CUADRO 9. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS, COMBINADO DE 28 LOCALIDADES, PANAMÁ 2016-2017.**

Variedades	Rend t·ha <sup>-1</sup>	RN <sub>i</sub>	Flor días	Alpt cm	Pomz	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MXP	PMz g	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Aspt 1-5	Cob %	Tex 1-4
1 IDIAP-MV-1102	5,46	1,44	53	222	0,49	5,99	5,64	0,94	99	17,5	31,5	2,2	2,9	4,2	1,2
2 IDIAP-MV-1104	4,53	0,42	52	210	0,52	5,90	5,11	0,87	92	20,9	27,3	2,4	2,9	2,9	1,4
3 IDIAP-MQ-12	4,09	0,02	54	221	0,48	5,56	4,95	0,90	84	20,3	34,7	2,7	3,1	6,4	1,5
4 PROA-04	4,03	-0,06	51	209	0,49	5,69	5,23	0,93	78	21,9	40,7	2,4	3,1	8,1	1,1
5 IDIAP-MV-0706	3,99	-0,18	52	222	0,49	5,49	4,61	0,85	86	17,7	41,1	2,7	3,3	3,3	1,4
6 PROA-02	3,89	-0,19	51	207	0,48	5,70	5,22	0,92	77	19,9	35,3	2,9	3,1	3,8	1,0
7 PROA-06	3,79	-0,33	51	207	0,49	5,70	5,27	0,93	73	23,1	40,7	2,4	3,0	14,1	1,1
8 PROA-05	3,65	-0,41	51	203	0,49	5,69	5,07	0,89	73	22,7	42,7	2,4	3,0	9,5	1,2
9 Guararé-8128	3,42	-0,71	53	242	0,52	5,74	4,93	0,87	70	15,9	45,2	2,5	3,5	2,6	1,5
<b>Promedio</b>	<b>4,10</b>		<b>52</b>	<b>216</b>	<b>0,49</b>	<b>5,72</b>	<b>5,11</b>	<b>0,90</b>	<b>81</b>	<b>20,0</b>	<b>37,7</b>	<b>2,5</b>	<b>3,1</b>	<b>6,1</b>	<b>1,3</b>
DMS 5%	0,31	0,29	0,1	5	0,03	0,17	0,24	0,04	6	3,1	5,3	0,1	0,1	1,9	0,2
h <sup>2</sup>	0,96	0,97	0,98	0,98	0,59	0,83	0,91	0,86	0,96	0,79	0,89	0,95	0,96	0,97	0,86
DMS/Rango	0,15	0,13	0,16	0,13	0,69	0,35	0,23	0,36	0,20	0,43	0,30	0,18	0,17	0,17	0,38
C.V. (%)	16,8		2,2	6,3	16,9	8,8	11,0	10,6	21,0	5,5	7,6	11,2	7,5	4,2	30,2
S <sup>2</sup> Variedades	0,34	0,375	1,19	146	0,000	0,02	0,07	0,001	89	0,000	0,001	0,0	0,040	0,001	0,032
S <sup>2</sup> Localidades	1,94	0,000	3,54	810	0,001	0,57	0,51	0,005	1236	0,025	0,009	0,3	0,074	0,000	0,102
S <sup>2</sup> Var x Loc	0,20	0,163	0,28	26	0,000	0,03	0,10	0,002	19	0,000	0,001	0,0	0,017	0,000	0,061
S <sup>2</sup> Residual	0,48	0,409	1,27	188	0,007	0,25	0,32	0,009	293	0,002	0,005	0,1	0,054	0,001	0,147
Número Loc	28	28	23	28	28	28	28	28	28	28	21	20	21	25	21

Rend = Rendimiento de grano, RN<sub>i</sub> = rendimiento normalizado, Flor = Floración, Alpt = Altura de planta, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Ptm<sup>2</sup> = Plantas por metro cuadrado, Mzm<sup>2</sup> = Mazorcas por metro cuadrado, MxP = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = *Bipolaris maydis*, Aspt = Aspecto de planta, Cob = Mala cobertura de mazorcas, Tex = Textura de grano.

**CUADRO 10. RENDIMIENTO DE GRANO (t.ha<sup>-1</sup>) POR CICLO DE EVALUACIÓN Y ÁREA GEOGRÁFICA DEL PAÍS DE TODAS LAS VARIEDADES EVALUADAS Y SU RENDIMIENTO RELATIVO (%) CON LAS TRES VARIEDADES TESTIGOS DE MAYOR ÁREA SEMBRADA EN EL PAÍS.**

Variedad	Azuero 16 t.ha <sup>-1</sup>	Azuero 17 t.ha <sup>-1</sup>	Veraguas 16 t.ha <sup>-1</sup>	Chiriquí 16 t.ha <sup>-1</sup>	Combinado 16-17 (t.ha <sup>-1</sup> )	vs*	vs *	vs*
						Guararé-8128 (%)	IDIAP-MV0706 (%)	IDIAP-MV1102 (%)
1 IMV1102	6,02	5,39	3,56	7,17	5,46	60	37	0
2 IMV1104	4,90	4,13	3,04	6,95	4,53	33	14	-17
3 IMQ12	4,36	3,87	2,85	6,17	4,08	19	2	-25
4 <b>PROA04</b>	<b>4,20</b>	<b>4,02</b>	<b>2,39</b>	<b>6,13</b>	<b>4,03</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>-26</b>
5 IMV0706	4,51	3,41	2,70	6,17	3,98	16	0	-27
6 PROA02	4,19	3,63	2,46	5,69	3,89	14	-2	-29
7 PROA06	4,23	3,62	2,33	5,55	3,79	11	-5	-31
8 PROA05	4,04	3,76	2,27	4,41	3,65	7	-8	-33
9 G8128	3,68	2,87	2,79	5,63	3,42	0	-14	-37
10 IMQ14	4,70		2,80	6,14				
11 IMQ09	4,62		2,59	6,48				
12 IMQ07	4,27		2,88	6,55				
Promedio	4,48	3,85	2,72	6,09	4,10			
DMS 5%	0,45	0,38	0,47	1,47	0,31			
Repetitividad	0,92	0,96	0,78	0,41	0,96			
DMS/Rango	0,19	0,15	0,36	0,53	0,15			
No localidades	10	10	5	3	28			

\* Comparación del rendimiento (%) del combinado de los años 2016 y 2017 vs los testigos evaluados.

De acuerdo al análisis de Conglomerados de Ward, en el Dendograma se identifican tres grupos ambientales o dominios de recomendación (Figura 4); el primer grupo (Grupo Ambiental A) estuvo formado por los ensayos sembrados en las localidades de Azuero, en El Ejido S-Tardía (2016), El Ejido S-Normal (2017), de Veraguas como Río Viejo E, Río Viejo L (2016) y de Chiriquí en Río Sereno y Dominical. El Grupo Ambiental B estuvo conformado por el resto de las 22 localidades en donde se llevaron los ensayos. En este análisis las localidades se agrupan en varios grupos generales;

de modo similar a los grupos identificados del análisis Biplot GGE-SReg.

El análisis de varianza del rendimiento de grano, así como el valor de los dos ejes principales de la interacción genotipo-ambiente, obtenidos a través del modelo Biplot GGE-Sreg (Cuadro 11), indica que los dos primeros ejes (PCA) explicaron el 76,8% de la interacción genotipo ambiente con 28,2% de los grados de libertad. El PCA-1 explicó el 62,7 %, mientras que el PCA-2 fue responsable del 14,0% con el 14,5% y 13,7% de los grados de libertad, respectivamente.

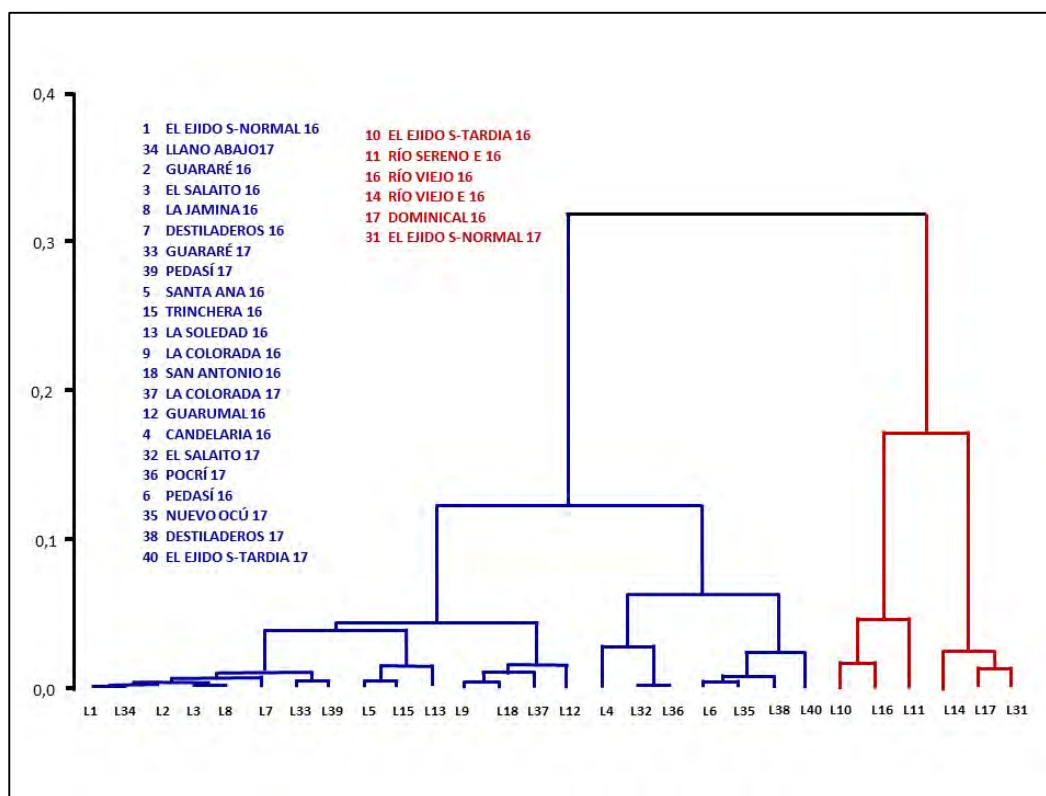


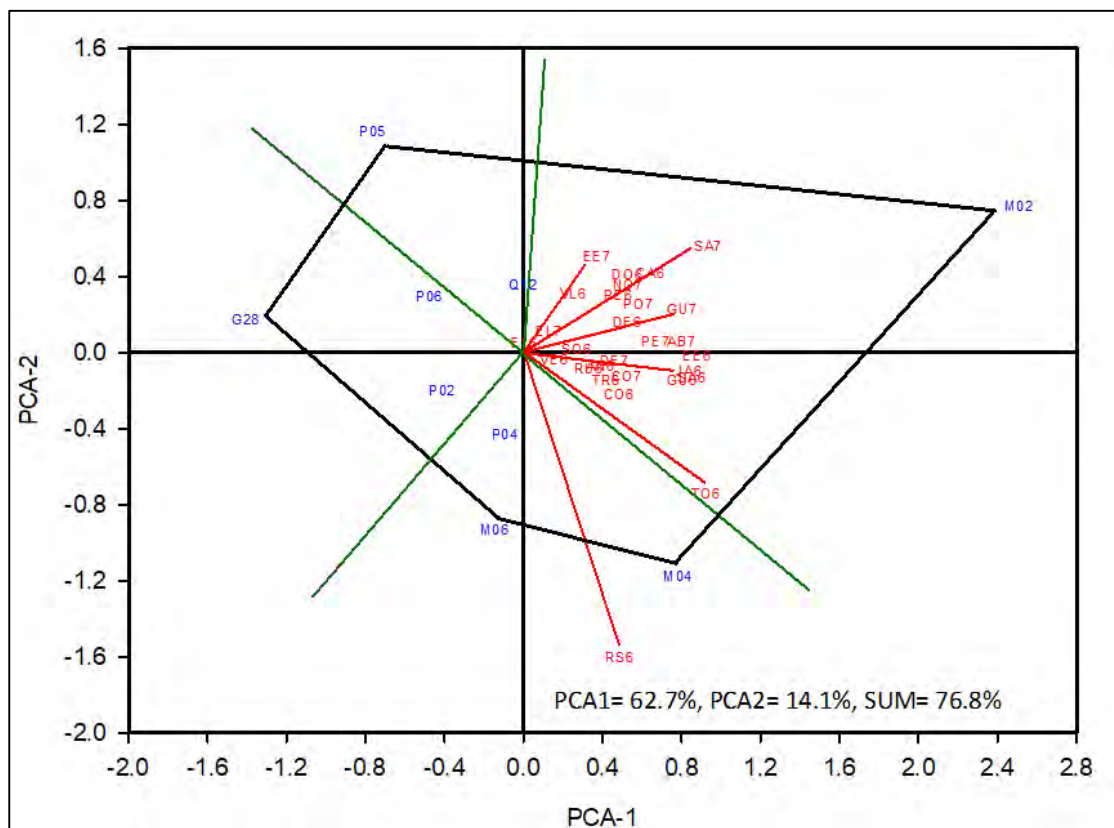
Figura 4. Dendrograma del análisis de conglomerados de las 28 localidades del ensayo de variedades de maíz, Panamá, 2016-2017.

CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO DEL ENSAYO DE VARIEDADES, PANAMÁ, 2016-2017.

<i>F V</i>	<i>gl</i>	<i>Suma de Cuadrados Tipo IV</i>	<i>Cuadrados Medios</i>	<i>Probabilidad F</i>
Localidades	27	1495,6	55,4	0,001
Genotipos	8	243,4	30,4	0,001
Gen x Loc	216	224,6	1,00	0,001
PCA-1	34	293,60	8,64	0,001

Las puntuaciones Biplot GGE-SReg, tanto de los nueve genotipos como de los 28 ambientes, los mismos presentan diferentes patrones de interacción (Figura 5). De acuerdo a las puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2 las variedades más estables (valor del eje PCA-2 más cercano a 0) estuvieron por debajo de la media general, por lo que no son de interés agronómico. El rendimiento superior a la media general de todos los ambientes (valores del PCA-1 mayor que 0) y más cercano al eje PCA-2 fueron IDIAP-MV-1102 e IDIAP-MV-1104.

De acuerdo a Yan *et al.* (2000), al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales, se forma un polígono con las variedades que quedan en la parte externa de la figura, éstos fueron las variedades IDIAP-MV-1102, IDIAP-MV-1104, IDIAP-MV-0706, Guararé-8128 y PROA-05. Las variedades localizadas en los vértices son consideradas los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación. No se identificó ninguna variedad estable, la más cercana al valor de cero en el PCA-2 fue IDIAP-MQ-12.



**Figura 5. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de nueve variedades de maíz en 28 localidades de Panamá, 2017 (Biplot GGE-SReg).**



## CONCLUSIONES

- Todas las variedades evaluadas superaron a la variedad utilizada como testigo Guararé 8128, lo que indica que la misma debe ser sustituida por cualquiera de las evaluadas en este ensayo, demostrando el avance en la selección de las nuevas variedades. El nuevo grupo de variedades de alto contenido de betacarotenos (PROA) mostraron buen rendimiento de grano y sobresalieron por su textura y color, siendo las que se ajustan a las exigencias del mercado de consumo humano en el país.
- Bajo las condiciones climáticas de los años 2014, 2016 y 2017 los ensayos sembrados en El Ejido se vieron afectados por la baja precipitación pluvial en todo el desarrollo del cultivo en especial después de los 80 días después de la siembra.

## BIBLIOGRAFÍA

- Banziger, M; Setimela, PS; Hodson, D; Vivek, B. 2006. Breeding for improved abiotic stress tolerance in maize adapted to southern Africa. *Agric. Water. Man.* 80:212-224.
- Bruce, WO; Edmeades, GO; Barker, TC. 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *J. Expl. Bot.* 53:13-25.
- Camargo-Buitrago, I; Gordón-Mendoza, R; Quirós-McIntire, EI. 2017. La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(1):159-169.
- Gordón-Mendoza, R; Camargo-Buitrago, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Revista Agronomía Mesoamericana* 26(1) 55:63.
- Gordón, R. 2012. Manejo Integral del Cultivo de Maíz. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 18 p.
- Johnson, DE. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thompson Editores. 566 p. Cap 9.
- Menchú, MT; Méndez, H. 2011. Análisis de la situación alimentaria en Panamá, Guatemala, INCAP. p.72.

- MEF (Ministerio de Economía y Finanzas, PA). 2005. La pobreza en Panamá. Encuesta de Niveles de Vida. 2003. Principales Resultados. 9p.
- MINSAL (Ministerio de Salud, PA). 2014. Monitoreo Nutricional en las Instalaciones de Salud del MINSAL (MONINUT). Panamá. 2014.
- MINSAL (Ministerio de Salud, PA). 1999. Encuesta Nacional de Vitamina A y Anemia Nutricional. Panamá; 1999.
- Palmer, AC; Siamusantu, W; Chileshe, J; Schulze, KJ; Barffour, M; Craft, NE; Molobeka, K; Kalungwana, N; Arguello, MA; Mitra, M; Caswell, B; Klemm, RD; West, Jr. 2016. Provitamin A-biofortified maize increases serum  $\beta$ -carotene, but not retinol, in marginally nourished children: A cluster-randomized trial in rural Zambia. *Am J Clin Nutr.* 2016;104(1):181-90. DOI: 10.3945/ajcn.116.132571.
- Vargas, M; Combs, E; Alvarado, G; Atlin, G; Mathews, K; Crossa, J. 2013. META: A suite of SAS Programs to Analyze Multi environment Breeding Trials.
- Yan, W; Hunt, LA; Sheng, Q; Szlavnic, Z. 2000. Cultivar Evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40:597-605.
- Zaidi, P; Srinivasan, G; Córdova, HS; Sánchez, C. 2004. Gains from improvement for mid-season drought tolerance in tropical maize (*Zea mays* L.). *Field Crops Res.* 89:135-152.

## VARIETADES DE MAÍZ EN LA REGIÓN DE AZUERO, PANAMÁ - 2017<sup>1</sup>

**Román Gordón-Mendoza<sup>2</sup>; Jorge Franco-Barrera<sup>3</sup>; Jorge Núñez-Cano<sup>4</sup>;  
Jorge Jaén-Villarreal<sup>3</sup>; Ana Sáez-Cigarruista<sup>4</sup>;  
Francisco Ramos-Manzané<sup>4</sup>; Aurisbel Ávila-Guevara<sup>4</sup>**

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la adaptabilidad y estabilidad de nuevas variedades sintéticas de grano normal y alta calidad proteica de color amarillo, se sembró un experimento en cuatro localidades de la región de Azuero. El material genético consistió de 12 variedades provenientes del CIMMYT. Se utilizó el diseño experimental Alfa Látice 4 x 3 con tres repeticiones. A los datos obtenidos se les realizó un análisis de varianza combinado tipo REML y las medias se separaron utilizando la Diferencia Mínima Significativa. De acuerdo al análisis de varianza el ambiente (A) capturó el 33% de la suma de cuadrados total del experimento. El rendimiento promedio a través de las cuatro localidades fue de 6,11 t.ha<sup>-1</sup>. El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre las distintas variedades evaluadas (G) para la variable rendimiento de grano; logrando capturar el 36% de la suma de cuadrados del análisis de varianza. De los cultivares evaluados S10TLYNGSHGAB01, S16LTYQHGAB05, S16LTYQHGAB01, S10TLYNGSHGAB02, S07TLYNHGAB02 y S16LTYQHGAB03 sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativamente los dos primeros por sus características agronómicas. El testigo IDIAP-MV-1102 tuvo un rendimiento de 5,80 t.ha<sup>-1</sup> y fue superado en más del 15% por las tres primeras variedades. Los primeros dos ejes o Componentes Principales de la Interacción G x A, del análisis Biplot GGE-SReg explicaron el 94,2%. Las variedades más estables fueron S10TLYNGSHGAB01 y S16LTYQHGAB03. Este mismo análisis clasificó los ambientes en dos grupos. Las variedades S10TLYNGSHGAB01, S16LTYQHGAB03, S16LTYQHGAB05, S10TLYNGSHGAB01, presentaron el mejor comportamiento en el primer grupo ambiental, mientras que las variedades S16LTYQHGAB05, S07TLYNHGABA02, S10TLYNGSHGAB01, S10TLYNGSHGAB02, presentaron un buen comportamiento en el segundo grupo ambiental.

**PALABRAS CLAVES:** Sintéticos, Biplot GGE-SReg, QPM, Alfa Látice, grano amarillo.

<sup>1</sup> Recepción: 4 de junio de 2018. Aceptación: 19 de junio de 2018. Investigación realizada con fondos del Proyecto "Generación de variedades e híbridos de maíz" del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<sup>2</sup> M.Sc. en Protección de Cultivos. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Azuero (CIAA).  
e-mail: gordon.roman@gmail.com

<sup>3</sup> M.Sc. IDIAP.

<sup>4</sup> Ing. Agrónomo. IDIAP.

## MAIZE VARIETIES IN THE AZUERO REGION, PANAMA - 2017

### ABSTRACT

To evaluate the adaptability and stability of new synthetic varieties of normal and quality protein maize yellow grain, an experiment was planted in four locations in Azuero region. The genetic material consisted of twelve varieties from CIMMYT. We used the experimental design Alfa Lattice 4 x 3 with three replicates. The data obtained was analyzed by combined variance analysis REML type and the means were separate using the minimum difference significant. According to the analysis of variance the Environment (E) captured 33% of the total square sum of the experiment. The average yield across the four locations was 6,11 t.ha<sup>-1</sup>. The analysis of variance showed highly significant differences between the different varieties evaluated (G) for the variable grain yield; reaching to capture 36% of the sum of squares of the analysis of variance. Of the cultivars evaluated S10TLYNGSHGAB01, S16LTYQHGAB05, S16LTYQHGAB01, S10TLYNGSHGAB02, S07TLYNHGAB02 and S16LTYQHGAB03 surpassed the general average, protruding significantly the first two by their agronomic characteristics. The control IDIAP-MV-1102 had a performance of 5,80 t.ha<sup>-1</sup>, and it was exceeded by more than 15% by the first three varieties. The first two main axes or components of the interaction G x E, of the analysis Biplot GGE-SReg explained 94,2%. The most stable varieties were S10TLYNGSHGAB01 and S16LTYQHGAB03. This same analysis classified the environments in two groups. The varieties S10TLYNGSHGAB01, S16LTYQHGAB03, S16LTYQHGAB05, S10TLYNGSHGAB01, presented the best performance in the first environmental group, while the varieties S16LTYQHGAB05, S07TLYNHGABA02, S10TLYNGSHGAB01, S10TLYNGSHGAB02, presented a good performance in the second environmental group.

**KEY WORDS:** Synthetics, Biplot GGE-SReg, QPM, Alpha Lattice, yellow grain.

### INTRODUCCIÓN

Con la generación de nuevos cultivares de maíz (híbridos y variedades) se fortalece la base agro-tecnológica del país en cuanto a sus recursos genéticos. De esta manera se busca cerrar la brecha entre la demanda y la oferta de este grano que es utilizado tanto para la alimentación humana como para la formulación de piensos para animales. El uso de variedades de libre polinización conlleva

ventajas como la de una mayor heterogeneidad, especialmente por las variaciones en los agro-ecosistemas y un menor costo comparativo. Sin embargo, el incremento en la superficie sembrada de maíz utilizando híbridos importados, las variedades de libre polinización siguen siendo utilizadas por el productor nacional, principalmente entre los productores del sistema familiar.

La producción de maíz en Panamá se realiza a través de tres sistemas básicos de producción: maíz mecanizado, a chuzo mejorado o con tecnología y a chuzo tradicional o de agricultura familiar. Todos los sistemas de producción de grano se caracterizan por su bajo rendimiento, principalmente los dos últimos sistemas, lo que se refleja en la media nacional. Esto, entre otras causas, se debe a diversos factores bióticos y abióticos, además de técnicas de manejo inadecuadas. A pesar del bajo rendimiento, el promedio del rendimiento en la región de Azuero se ha incrementado en los últimos años con alzas y bajas alternadas coincidiendo con la ausencia o presencia de problemas con la distribución de lluvias. Este incremento es producto de la implementación de algunas de las recomendaciones generadas en el proyecto de maíz, en los últimos años, por parte de los productores de la región (Gordón 2016).

Resultado de investigaciones realizadas en la última década, incluyendo estudios de modelación, señalan que el impacto del calentamiento global causará significativas reducciones en el rendimiento de grano de la mayoría de los cultivos de la canasta básica en los próximos treinta años (Ruane *et al.* 2013, Srivastava *et al.* 2018). Las tendencias de

precipitación global en el trópico por diez de los últimos Modelos de Circulación Global (MCG) usando el escenario de altas misiones de CO<sub>2</sub>. A pesar de las diferencias considerables en los modelos, un estudio resaltó como el cambio más constante y probable, una tendencia significativa a sequía durante junio y agosto en la región de Centroamérica y El Caribe para fines del siglo 21 (Neelin *et al.* 2006). Existe un consenso sobre el hecho de que un incremento de 1° C en la temperatura podría generar un 5% de pérdidas en estos cultivos; mientras que un incremento de 2° C produciría una pérdida del 20%. Bajo ese contexto, la identificación de cultivares con alta capacidad de adaptación y resiliencia a plagas se convierte en una prioridad inmediata.

Con el objetivo de seleccionar variedades de maíz tolerantes adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la Región de Azuero que sean una alternativa para los productores de este cultivo se estableció la presente investigación.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Se sembró un experimento en cuatro localidades de la provincia de Los Santos, en parcelas facilitadas por productores de maíz de la provincia de Los

Santos, durante la segunda época de siembra del año 2017 (agosto-enero). El material genético de este ensayo consistió en 12 variedades sintéticas de grano normal y alta calidad proteica (QPM). Entre estas variedades se incluyó la variedad IDIAP-MV-1102 como testigo a superar (Cuadro 1). Se utilizó el diseño experimental Alfa-Látice 3 x 4 con tres repeticiones. El tamaño de las parcelas experimentales consistió en dos surcos de 5,2 m de largo. Se sembraron dos surcos de borde a cada lado del ensayo.

Los datos tomados incluyeron caracteres cuantitativos como: días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, número de plantas acamadas de tallo, número de mazorcas podridas, número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha, peso del grano, número de mazorcas con mala cobertura y porcentaje de humedad del grano al momento de la cosecha. Adicional, se midieron variables cualitativas, como: aspecto de planta y mazorcas (escala de 1 a 5), textura de grano en escala de 1 a 4 (1 cristalino y 4 grano dentado), enfermedades al follaje tales como *Curvularia maydis*, *Bipolaris maydis*, *Exserohilum turcicum* (escala de 1 a 5). En

donde, 1 indica ausencia de la enfermedad y 5 infección muy severa. La evaluación de enfermedades se realizó entre 70 y 80 dds del cultivo.

Se realizó un análisis por localidad utilizando el método REML (Restricted Maximum Likelihood) para el cálculo de las varianzas de cada una de las fuentes de variación del modelo Alfa Látice (Holland 2006) y se procedió a calcular la repetitividad ( $h^2$ ). Se realizó un análisis de varianza combinado, considerando un modelo mixto (ambiente aleatorio y genotipo fijo) para las localidades con una  $h^2$  mayor de 0,20 (Camargo *et al.* 2017). Para la separación de medias de rendimiento se utilizó el análisis de separación de medias, a través de las diferencias mínimas significativas al 5% de probabilidad (DMS). Para el análisis estadístico de las variables porcentaje de plantas acamadas de tallo, porcentaje de mazorcas con mala cobertura y podridas se realizó el análisis de la variable transformada por el método de la raíz cuadrada más un medio ( $\sqrt{x + 0,5}$ ). Para el cálculo de la repetitividad en el análisis combinado se utilizó la fórmula descrita por Vargas *et al.* (2013) de la siguiente manera:

$$h^2 = \frac{\delta^2_{Genotipo}}{\delta^2_{Genotipo} + \frac{\delta^2_{Genotipo \times loc}}{N_o \text{ localidades}} + \frac{\delta^2_{Error Experimental}}{N_o \text{ loc} \times N_o \text{ repeticiones}}}$$

**CUADRO 1. LOCALIDADES Y VARIEDADES DE MAÍZ, EVALUADOS EN EL ENSAYO NUEVOS SINTÉTICOS DE MAÍZ - 2017.**

	<i>Nombre de variedades</i>	<i>Tipo de grano</i>	<i>Localidad</i>	<i>Latitud (UTM)</i>	<i>Longitud (UTM)</i>
1.	S16LTYNHOHGAB01	Normal	El Ejido	874332	569356
2.	S16LTYNHOHGAB02	Normal	El Salaito	847552	585293
3.	S16LTYQHGAB01	QPM	Nuevo Ocú	851031	594974
4.	S11TLYNHGAB03	Normal	La Colorada	864585	548783
5.	S16LTYQHGAB03	QPM			
6.	S16LTYQHGAB04	QPM			
7.	S16LTYQHGAB05	QPM			
8.	S07TLYNHGAB02 (IDIAP-MV-1104)	Normal			
9.	S10TLYNGSHGAB01	Normal			
10.	S10TLYNGSHGAB02	Normal			
11.	S03TLYQHGAB03	QPM			
12.	IDIAP-MV-1102 (S07TLYNHGAB01)	Normal			

El rendimiento de grano de cada variedad fue normalizado por medio del proceso de estandarización o normalización  $(X_i - \mu) / \delta$ , donde  $X_i$  es el rendimiento de la variedad de interés,  $\mu$  es la media general y  $\delta$  es la desviación estándar general a través de localidades, respectivamente, es decir se tiene que el rendimiento normalizado ( $RN_i$ ) tiene una distribución  $N(0,1)$ . La normalización se realizó para comparar el rendimiento de cada variedad y disminuir el efecto de las condiciones en cada localidad.

Los datos de rendimiento fueron sometidos a un análisis de conglomerado mediante el método de Ward (Johnson

1998), el cual utiliza el análisis de la varianza para evaluar la distancia entre grupos, minimizando la suma de los cuadrados de las distancias entre los conglomerados que son formados en cada interacción. Para estimar la adaptabilidad y estabilidad de las variedades en los ambientes evaluados se usó el modelo Biplot GGE-SREG (Yan *et al.* 2000).

El manejo de los ensayos respecto al control de plagas dependió de su incidencia y de las recomendaciones de la Guía para el manejo integrado del cultivo de maíz del IDIAP (Gordón 2012). Se aplicó a la siembra 273 kg.ha<sup>-1</sup> del

fertilizante fórmula completa 13-26-10-10 en bandas al lado de la línea de siembra. Se realizaron una o dos aplicaciones suplementarias de nitrógeno en forma de urea, la primera a los 21 días después de siembra (dds) y la segunda aplicación a los 37 dds (159 kg.ha<sup>-1</sup> y 204 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente), en caso de una sola aplicación la misma se realizó a los 30 dds (a razón de 227 kg.ha<sup>-1</sup>). Para el control de las malezas, se realizó una aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina a razón de 1,5 kg i.a.ha<sup>-1</sup> de cada herbicida al momento de la siembra. Se realizaron controles manuales posteriores para mantener el cultivo sin competencia con las malezas.

Se midió la precipitación pluvial durante todo el desarrollo del cultivo en las localidades. Todas las localidades registraron lluvias por encima de los 500 mm con excepto en la localidad de El Ejido, donde se registró menos de 400 mm en las dos siembras realizadas.

Tres de las cuatro localidades presentaron registros por encima de 80 mm en el período de 0 a 30 dds, el cual facilitó un buen establecimiento de plantas al inicio de los ensayos. En la fase de 30 a 50 dds a excepción de las siembras realizadas en El Ejido el registro fue superior a los 150 mm. En la fase de polinización y llenado (50 a 100 dds) la siembra en El Ejido fue la que menos registro de lluvia presentó con 130 mm, suficientes para un buen llenado de granos, es decir por encima de los 250 mm que se requieren para reducir el estrés hídrico. Los suelos en su mayoría son considerados entre arcillosos y francos arcillosos, bajos en contenido de fósforo (excepto Nuevo Ocú que presentó niveles medios). De contenido medio en potasio, excepto el suelo de la localidad de El Ejido. En relación con el contenido de Materia orgánica son considerados bajos. De contenido medio a alto en Ca y Mg y bajos en Al (Cuadro 2).

**CUADRO 2. FECHA DE SIEMBRA, ANÁLISIS DE SUELO Y PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN LAS LOCALIDADES DE LOS ENSAYOS, LOS SANTOS, PANAMÁ – 2017.**

Localidades	Fecha siembra	Ar-L-Arc (%)	pH	P mg/l	K	Ca	Mg	Al	CIC	MO (%)	Mn	Fe	Zn	Cu	ppt días después de siembra (mm)			
															0-30	31-50	51-80	>80
El Ejido	24-ago	42-16-42	5,0	0,0	0,1	8,0	5,0	0,1	13,2	1,4	27,0	13,0	3,0	1,0	18,2	45,6	130,4	126,8
El Salaíto	30-ago	29-28-44	5,2	1,0	0,4	19,4	11,1	0,1	30,9	2,4	62,5	8,0	1,2	4,7	88,9	253,1	206,8	11,3
Nuevo Ocú	6-sep	42-25-33	5,2	14,0	0,3	12,7	19,2	0,2	32,3	2,0	34,5	20,7	1,5	3,2	362,1	242,3	285,1	41,9
La Colorada	13-sep	39-29-32	5,6	6,0	0,2	5,3	2,7	0,1	8,3	1,2	12,9	12,0	1,0	3,0	226,0	204,0	570,0	40,0



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de repetitividad

De acuerdo al análisis estadístico de todas las localidades el valor de la repetitividad ( $h^2$ ) por ensayo fue superior a 0,20 y el coeficiente de variación por debajo de 10,5% para la variable rendimiento de grano. Esta condición permitió la inclusión de todas las localidades en el análisis combinado. Las varianzas por fuente y el cálculo de la repetitividad ( $h^2$ ) para el rendimiento de grano en cada localidad (Cuadro3), se presenta el cociente DMS/Rango el cual varió de 0,23 a 0,51 indicando la precisión de los ensayos individuales de acuerdo a Gordón y Camargo (2015) y Camargo *et al.* (2017).

### Análisis de varianza combinado

El análisis establece una diferencia altamente significativa entre ambientes y variedades para la mayoría de las variables estudiadas (Cuadro 4). La interacción genotipo ambiente resultó

altamente significativa para las variables plantas y mazorcas cosechada, peso de mazorcas y rendimiento de grano. De acuerdo al análisis de varianza del rendimiento, el ambiente capturó el 33% de la suma de cuadrados total del experimento. Por su parte, los genotipos capturaron el 36% de la variabilidad total del análisis de varianza.

De acuerdo al análisis de Conglomerados de Ward, en el Dendograma se identifican dos grupos ambientales o dominios de recomendación (Figura 1); el primer grupo estuvo formado por los ensayos sembrados en las localidades de El Ejido, Nuevo Ocú y La Colorada (Grupo Ambiental A). En el segundo grupo se ubicaron el ensayo sembrados en El Salaíto (Grupo Ambiental B). En este análisis las localidades se agrupan en varios grupos generales; de modo similar a los grupos identificados del análisis Biplot GGE-SReg.

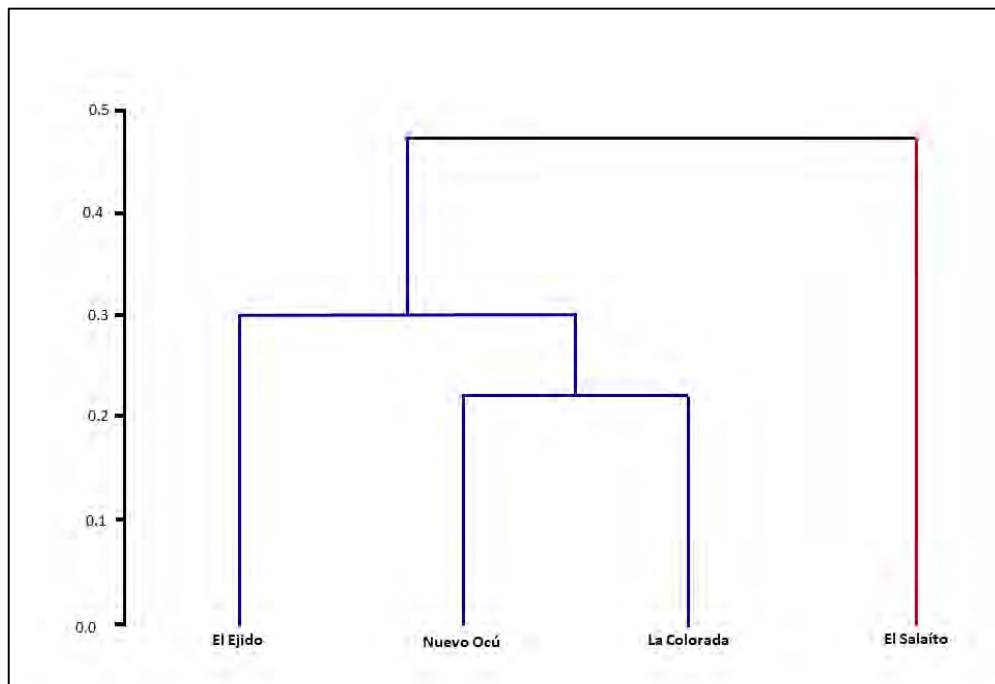
**CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS POR FUENTE DE VARIACIÓN, COCIENTE DMS/RANGO, REPETITIVIDAD Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS POR LOCALIDAD DEL ENSAYO DE VARIEDADES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

<i>Localidad</i>	$S^2$ <i>Repetición</i>	$S^2$ <i>Rep x Blk</i>	$S^2$ <i>Híbrido</i>	$S^2$ <i>Residuo</i>	<i>DMS/Rango</i>	$h^2$	<i>C.V. (%)</i>
Ejido E	0,045	0,016	0,216	0,234	0,51	0,73	7,1
El Salaíto	0,024	0,042	0,525	0,374	0,44	0,81	10,2
Nuevo Ocú	0,034	0,000	0,536	0,170	0,31	0,90	6,6
La Colorada	0,013	0,000	0,158	0,044	0,23	0,91	3,9

**Cuadro 4. CUADRADOS MEDIOS DE LAS FUENTES DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS DE VARIANZA COMBINADO DEL RENDIMIENTO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE CUATRO LOCALIDADES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

<i>FV</i>	<i>Rend</i>	<i>Flor</i>	<i>Alpt</i>	<i>Pomz</i>	<i>Ptm<sup>-2</sup></i>	<i>Mzm<sup>-2</sup></i>	<i>Mzpt<sub>1</sub><sup>f</sup></i>	<i>PMz</i>	<i>TPod</i>	<i>TAcad</i>	<i>TCob</i>
Genotipo	0,283**	0,561**	49,7**	0,000	0,006**	0,011**	0,000	39,9**	0,0001**	0,000	0,001**
Ambiente	0,361**	1,007**	76,4**	0,007	0,287**	0,224**	0,000	159,3**	0,0003**	0,002**	0,000
Gen x Amb	0,056**	0,087	0,0	0,000	0,025*	0,050*	0,000	6,6*	0,0000	0,001	0,000
Residuo	0,219	0,875	630,3	0,362	0,189	0,115	0,003	32,8	0,0003	0,003	0,001
<i>h<sup>2</sup></i>	0,90	0,86	0,49	0,00	0,20	0,33	0,00	0,90	0,60	0,00	0,89
DMS/Rango	0,31	0,37	0,59	0,94	0,79	0,76	1,13	0,31	0,50	0,72	0,28
CV (%)	7,7	1,9	11,3	103,2	7,1	5,8	5,4	5,5	2,3	6,1	4,2

\*, \*\*= diferencias estadísticas con probabilidad menor al 5 y 1% Rend= Rendimiento de grano, Flor= Floración femenina, Alpt= Altura de planta, Pomz= Altura de plantas/Altura de mazorcas, Ptm<sup>-2</sup>= Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>-2</sup>= Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup>= Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, TPod= % de mazorcas podridas transformada, TAcad=% plantas acamadas de tallo transformada, TCob = % Mazorcas con mala cobertura transformada.



**Figura 1. Dendrograma del análisis de conglomerados de las cuatro localidades del ensayo de variedades de maíz, Los Santos, Panamá - 2017.**

## Efecto de ambientes

La media del rendimiento en las localidades del Grupo A (6,16 t.ha<sup>-1</sup>) fue ligeramente superior al Grupo B (5,97 t.ha<sup>-1</sup>). En relación al rendimiento de grano, el mayor promedio se obtuvo en la localidad El Ejido, mientras que el más bajo se obtuvo en La Colorada con promedios de 6,83 y 5,38 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El rendimiento promedio a través de las cuatro localidades fue de 6,11 t.ha<sup>-1</sup>. En todas las localidades se presentó la floración femenina alrededor de los 48 días después de siembra. En cuanto al porcentaje de plantas acamadas de tallo, el mismo fue alto en todas las localidades (mayor al 20% de plantas acamadas). Los mayores porcentajes de mazorcas

podridas fueron reportados en La Colorada con 8,0%.

Los ensayos con menor número de plantas a la cosecha se dieron en El Salaíto y Nuevo Ojú con poblaciones menores a 5,80 plantas/m<sup>2</sup> al momento de la cosecha. En todas las localidades se obtuvo más de 0,96 mazorcas/planta. Las plantas con mayor altura promedio se registraron en El Ejido (238 cm) mientras que las más bajas (217 cm) se presentaron en Nuevo Ojú. El porcentaje general de mazorcas con mala cobertura fue menos del 8% (Cuadro 5). Las enfermedades foliares se presentaron con baja incidencia, siendo El Salaíto con la media de evaluación (3,1) más alta de las cuatro localidades.

**CUADRO 5. MEDIAS AJUSTADAS DEL RENDIMIENTO DE GRANO Y OTRAS VARIABLES TOMADAS DEL ENSAYO DE VARIEDADES DE MAÍZ, SEGÚN LOCALIDADES Y POR GRUPO DE ACUERDO CON EL ANÁLISIS DE WARD, 2017.**

Localidades	Rend (t.ha <sup>-1</sup> )	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz (cm)	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MzPt <sup>1</sup>	PMz (g)	Pud (%)	Acat (%)	Enf (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	Cob (%)	Pomz
El Ejido	6,83	48	238	125	6,58	6,36	0,97	107	4,9	28,1	2,4	3,1	3,3	7,0	0,53
Nuevo Ojú	6,26	48	217	110	5,70	5,58	0,98	112	2,5	20,1	2,6	2,9	2,7	7,6	0,51
La Colorada	5,38	47	230	112	6,54	6,34	0,97	85	8,0	36,2	2,7	2,9	3,1	6,3	0,49
<b>Promedio A</b>	6,16	48	228	116	6,27	6,09	0,97	102	5,1	28,2	2,6	3,0	3,0	7,0	0,51
El Salaíto	5,97	49	219	110	5,67	5,44	0,96	110	3,4	36,1	3,1	2,9	2,7	6,8	0,50
<b>Promedio General</b>	6,11	48	226	114	6,12	5,93	0,97	104	4,7	30,1	2,7	2,9	3,0	6,9	0,51

Rend= Rendimiento de grano, Flor= Floración femenina, Alpt= Altura de planta, Almz= Altura de mazorcas, Ptm<sup>2</sup>= Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>2</sup>= Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>1</sup>= Mazorcas/planta, PMz= Peso de mazorcas, Pud= % mazorcas podridas, Acat= % plantas acamadas de tallo, Enf= Enfermedades foliares causadas por hongos, Aspt= Aspecto de plantas, Asmz= Aspecto de Mazorcas, Cob= % plantas con mazorcas descubiertas, Pomz= relación altura de mazorca y altura de planta.

## Efecto de genotipos

El rendimiento de grano promedio, así como el comportamiento de las 12 variedades en los dos grupos ambientales definidos se puede observar en el Cuadro 6. El testigo (IDIAP-MV-1102) presentó un rendimiento promedio de 5,80 t.ha<sup>-1</sup>. De todas las variedades evaluadas, seis sobrepasaron la media general de las cuatro localidades, sobresaliendo de manera significativa los cultivares S10TLYNGSHGAB01, S16TLYQHGAB05, S16TLYQHGAB01 y S10TLYNGSHGAB02 con medias superiores 6,50 t.ha<sup>-1</sup>. Estas mismas variedades superaron al testigo IDIAP-MV-1102 en más del 12%. Siguieron a éste primer grupo de variedades, el formado por los sintéticos

S07TLYNHGAB02 (TC2), S16TLYQHGAB03 y S16TLYQHGAB04 con rendimiento superior al 6,00 t.ha<sup>-1</sup>.

El resto de los sintéticos evaluados tuvieron rendimiento por debajo del promedio de las cuatro localidades (Cuadro 6). La variedad con menor rendimiento correspondió a la S16TLYNHOHGAB02 con media de 5,21 t.ha<sup>-1</sup>. En las localidades del Grupo A, el rendimiento más alto se obtuvo con el sintético S16TLYQHGAB05 (6,94 t.ha<sup>-1</sup>). En el Grupo B el mayor rendimiento se obtuvo con el sintético S10TLYNGSHGAB01 con media de 7,21 t.ha<sup>-1</sup>.

**CUADRO 6. MEDIAS AJUSTADAS DEL RENDIMIENTO DE GRANO, DE LAS VARIEDADES EVALUADAS Y SU COMPORTAMIENTO VERSUS DOS TESTIGOS NACIONALES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

<i>Híbridos</i>	<i>Rendimiento (t.ha<sup>-1</sup>)</i>			<i>% sobre IDIAP-MV-1102 (TC1)</i>		
	<i>4 loc</i>	<i>Gr-A (3 loc)</i>	<i>Gr-B (1 loc)</i>	<i>4 loc</i>	<i>Gr-A</i>	<i>Gr-B</i>
S10TLYNGSHGAB01	6,88	6,75	7,21	19	19	15
S16TLYQHGAB05	6,79	6,94	6,31	17	23	0
S16TLYQHGAB01	6,67	6,83	6,30	15	21	0
S10TLYNGSHGAB02	6,58	6,55	6,84	13	16	9
S07TLYNHGAB02	6,41	6,28	6,77	11	11	8
S16TLYQHGAB03	6,26	6,22	6,31	8	10	0
S16TLYQHGAB04	6,06	6,17	5,81	4	9	-7
IDIAP-MV-1102 (TC1)	5,80	5,66	6,28			
S03TLYQHGAB03	5,74	6,04	4,79	-1	7	-24
S11TLYNHGAB03	5,49	5,58	4,97	-5	-1	-21
S16TLYNHOHGAB01	5,45	5,58	5,08	-6	-1	-19
S16TLYNHOHGAB02	5,21	5,30	4,98	-10	-6	-21
<b>Promedio</b>	6,11	6,16	5,97	5	9	-5

En cuanto a la población de plantas al momento de la cosecha, se encontró diferencia estadística significativa entre las variedades evaluadas oscilando los valores entre 6,41 y 5,89 plantas cosechadas. Todos los sintéticos fueron muy similares en floración femenina, con valores entre 49 y 51 dds. Con respecto a la altura de planta, la variedad de menor estatura fue el S16LTYNHOHGAB01 con 215 cm. Las medidas de la altura de la mazorca variaron entre 108 cm y 121 cm, siendo el sintético S11TLYNHGAB03 con la posición más baja de este componente. Todas presentaron una alta prolificidad de mazorcas por planta con valores muy cercanos a una mazorca por planta. El sintético S16LTYNHOHGAB02 presentó la más alta susceptibilidad a la pudrición de mazorcas con porcentajes superiores al 8% en el promedio de todas las localidades. Por otro lado, el resto de los sintéticos presentaron bajos porcentajes de mazorcas podridas (menos del 5%).

En cuanto a las principales enfermedades foliares en cada localidad se calificaron distintas enfermedades, por lo que la media general indica más bien la sanidad foliar de los cultivares. Los sintéticos con mayor calificación de enfermedades fueron el S16LTYQHGAB05 y S03TLYQHGAB03

con una puntuación de 33,0. En relación con el acame de tallo, el porcentaje promedio fue de 30,1%, siendo S16LTYQHGAB05, S16LTYQHGAB01 y S16LTYQHGAB04 los de menor porcentaje de acame (menos de 30%). Los cultivares con el menor porcentaje de punta de la mazorca descubierta fueron el S16LTYQHGAB05 y S16LTYQHGAB01 con menos del 3,0% de mala cobertura. Todos los cultivares tuvieron una relación altura de mazorca sobre altura de planta cercana o menor al 50%, indicando una buena característica agronómica.

En relación con el rendimiento normalizado, los tres sintéticos más rendidores estuvieron por encima de 0,85 valor de Z representando un rendimiento superior al 15% de la media general del ensayo. Todos los materiales presentaron una puntuación cercana a 1,5 con respecto a la textura, lo que indica son considerados semi-cristalinos coincidiendo con la textura preferida en el mercado de maíz de Panamá.

### **Interacción genotipo por ambiente**

El análisis de varianza del rendimiento de grano, así como el valor de los dos ejes principales de la interacción genotipo-ambiente, obtenidos a través del modelo Biplot GGE-Sreg (Cuadro 8), indicó que los dos primeros

ejes (PCA) explicaron el 94,2% de la interacción genotipo ambiente con el 73% de los grados de libertad y el PCA-1 explicó el 81,1%, mientras que el PCA-2

fue responsable del 13,2% con 39,4% y 33,3% de los grados de libertad, respectivamente.

**CUADRO 7. MEDIAS AJUSTADAS DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS MEDIDAS EN LAS 12 VARIETADES EVALUADAS EN EL ENSAYO REGIONAL, COMBINADO CUATRO LOCALIDADES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

Variedades	RNi	Flor F (días)	Alpt (cm)	Almz (cm)	Ptm <sup>2</sup>	Mzm <sup>2</sup>	MzPt <sup>-1</sup>	PMz (g)	Pud (%)	Acat (%)	Enf (1-5)	Aspt (1-5)	Asmz (1-5)	Cob (%)	Tex (1-4)
S10TLYNGSHGAB01	0,92	51	230	121	6,41	6,14	0,96	112	3,5	32,0	2,6	2,9	2,7	6,2	1,3
S16LTYQHGAB05	0,97	49	228	116	6,20	6,13	0,99	112	3,9	26,0	3,0	2,9	2,8	2,6	1,4
S16LTYQHGAB01	0,87	50	224	114	6,26	6,10	0,97	110	3,8	21,1	3,2	3,0	2,9	1,2	1,6
S10TLYNGSHGAB02	0,62	50	233	116	6,25	5,97	0,96	110	4,6	28,4	2,7	2,9	2,9	7,5	1,3
S07TLYNHGAB02	0,37	51	233	119	6,12	6,01	0,98	107	3,3	28,7	2,7	3,0	3,0	5,4	1,5
S16LTYQHGAB03	0,18	51	227	118	6,27	5,97	0,95	106	4,2	30,9	2,5	2,9	2,8	7,9	2,0
S16LTYQHGAB04	-0,06	50	229	112	6,31	6,05	0,96	101	4,4	27,5	2,6	3,0	3,0	3,7	1,3
IDIAP-MV-1102	-0,39	51	225	115	5,89	5,69	0,97	102	4,4	32,6	2,6	2,9	2,9	4,1	1,2
S03TLYQHGAB03	-0,40	49	230	112	6,04	6,00	1,00	96	4,3	31,0	3,0	3,0	3,1	6,2	1,2
S11TLYNHGAB03	-0,87	51	218	108	6,06	5,79	0,96	95	4,5	32,8	2,9	2,9	3,0	9,8	1,0
S16LTYNHOGAB01	-0,91	49	215	110	5,87	5,67	0,96	97	6,9	36,4	2,4	2,9	3,3	13,7	1,7
S16LTYNHOGAB02	-1,29	50	217	110	5,80	5,62	0,98	94	8,5	34,0	2,6	3,0	3,2	15,1	1,8
<b>Promedio</b>	0,00	50	226	114	6,12	5,93	0,97	104	4,7	30,1	2,7	2,9	3,0	6,9	1,4
<b>DMS<sub>5%</sub></b>	0,59	1	8	4	0,42	0,43	0,05	6	2,6	11,7	0,3	0,2	0,2	4,0	0,5
<b>h<sup>2</sup></b>	0,90	0,86	0,79	0,84	0,34	0,28	0,00	0,91	0,59	0,00	0,79	0,00	0,83	0,89	0,60
<b>DMS/Rango</b>	0,26	0,37	0,41	0,34	0,69	0,82	1,05	0,31	0,50	0,77	0,38	1,04	0,29	0,49	0,51

RNi= Rendimiento de grano normalizado, Flor F= Floración femenina, Alpt= Altura de planta, Almz= Altura de mazorcas, Ptm<sup>2</sup>= Plantas/m<sup>2</sup>, Mzm<sup>2</sup>= Mazorcas/m<sup>2</sup>, MzPt<sup>-1</sup>= Mazorcas/planta, PMz= Peso de mazorcas, Pud= % mazorcas podridas, Acat= % plantas acamadas de tallo, Enf= Enfermedades foliares causadas por hongos, Aspt= Aspecto de plantas, Asmz= Aspecto de Mazorcas, Cob= % plantas con mazorcas descubiertas, Tex= Textura de granos.

**CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA TIPO IV Y COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO DEL ENSAYO DE VARIETADES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

FV	gl	Suma de Cuadrados Tipo IV	Cuadrados Medios	Probabilidad F	
AMB	3	39,47	13,16	0,001	
GEN	11	43,65	3,97	0,001	
GEN x AMB	33	14,18	0,43	0,001	
PCA-1	13		46,88	3,61	0,001
PCA-2	11		7,62	0,69	0,001

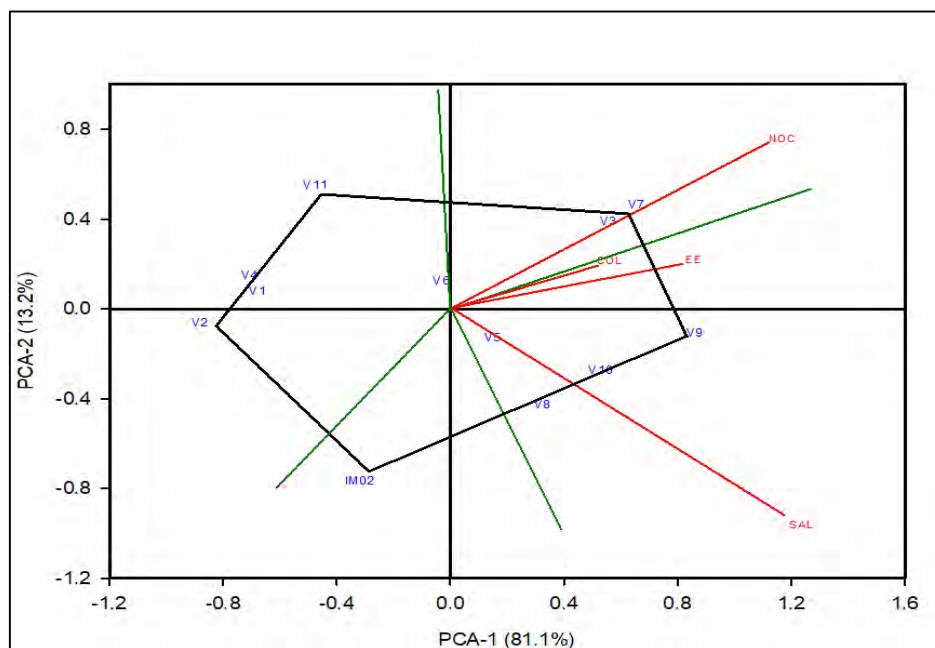
Las puntuaciones Biplot GGE-SReg, tanto de los 12 genotipos como de los cuatro ambientes, los mismos presentan diferentes patrones de interacción (Cuadro 9). De acuerdo a las puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2 los genotipos más estables (valor del eje PCA-2 más cercano a 0) y con rendimiento superior a la media general de todos los ambientes (valores del PCA-1 mayor que 0) fueron el S16LTYQHGAB03 y S10TLYNGSHGAB01. De acuerdo a Yan *et al.* (2000), al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales, se forma un polígono con los híbridos que quedan en la parte externa de la figura, éstos fueron los genotipos

S16LTYNHOHGAB02, S03TLYQHGAB03, S16LTYQHGAB05, S10TLYNGSHGAB01 e IDIAP-MV-1102. Las variedades localizadas en los vértices son consideradas los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación.

Con relación a la interacción genotipo ambiente, la Figura 2 muestra los híbridos que mejor se comportaron en cada uno de los grupos ambientales, de acuerdo a la posición o cercanía a la que se encuentran de cada grupo. Se muestra que El Salaíto en el Grupo B fue el ambiente que mejor discriminó los genotipos (Figura 2).

**CUADRO 9. PUNTUACIONES DE LOS DOS EJES CORRESPONDIENTES A LOS COMPONENTES PRINCIPALES (PCA) PARA RENDIMIENTO DE GRANO SEGÚN GENOTIPO Y LOCALIDAD, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

Híbridos	Abrev.	Puntuación		Localidades	Abrev.	Grupo Ambiental	Puntuación	
		PCA1	PCA2				PCA1	PCA2
S16LTYNHOHGAB01	V1	-0,677	0,081	El Ejido E	EJE	A	0,859	0,218
S16LTYNHOHGAB02	V2	-0,880	-0,064	El Salaíto	SAL	B	1,238	-0,963
S16LTYQHGAB01	V3	0,558	0,392	Nuevo Océ	NOC	A	1,170	0,757
S11TLYNHGAB03	V4	-0,705	0,152	La Colorada	COL	A	0,562	0,214
S16LTYQHGAB03	V5	0,151	-0,128					
S16LTYQHGAB04	V6	-0,030	0,125					
S16LTYQHGAB05	V7	0,657	0,464					
S07TLYNHGAB02	V8	0,327	-0,427					
S10TLYNGSHGAB01	V9	0,862	-0,107					
S10TLYNGSHGAB02	V10	0,531	-0,274					
S03TLYQHGAB03	V11	-0,474	0,551					
IDIAP-MV-1102	IM02	-0,677	0,081					



**Figura 2. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de 12 variedades de maíz grano en cuatro localidades de Los Santos, Panamá - 2017 (Biplot GGE-SReg).**

### CONCLUSIONES

- Se identificaron variedades de grano normal y alta calidad proteica que superan a la variedad testigo de mayor distribución entre los productores de agricultura familiar de la Región.
- El modelo Biplot GGE-SReg, permitió identificar tanto variedades estables como las que se adaptan a los grupos ambientales evaluados según las condiciones climáticas presentadas en el año 2017.

### BIBLIOGRAFÍA

- Camargo-Buitrago, I; Gordón-Mendoza, R; Quirós-McIntire, EI. 2017. La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos. *Revista Agronomía Mesoamericana* 28(1):159-169.
- Gordón Mendoza, R; Franco Barrera, JE; Camargo Buitrago, I. 2016. Impacto de la tecnología generada en el cultivo de maíz para la Región de Azuero. *Ciencia Agropecuaria* 24:1-18.



- Gordón M, R; Camargo B, I. 2015. Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Revista Agronomía Mesoamericana* 26(1) 55:63.
- Gordón, R. 2012. Manejo Integral del cultivo de maíz. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 18 p.
- Holland, JB. 2006. Estimating genotypic correlations and their standard errors using multivariate restricted maximum likelihood estimation with SAS Proc MIXED. *Crop Sci.* 46:642-654. doi:10.2135/cropsci2005.0191
- Johnson, DE. 1998. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thompson Editors. 566 p. Cap 9.
- Neelin, JD; Munnich, M; Su, H; Meyerson, JE; Holloway, CE. 2006. Tropical drying trends in global warming models and observations. *PNAS* 103:6110-6115.
- Ruane, AC; DeWayne, CL; Horton, RM; Gordón, R; McCollum, R; Brown, D; Killough, B; Goldberg, R; Greeley, AP; Rosenzweig, C. 2013. Climate change impact uncertainties for maize in Panama: Farm information, climate projections, and yield sensitivities. *Agricultural and Forest Meteorology.* 170:132-145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.10.015>
- Srivastava, AM; Mboh, CM; Zhao, G; Gaiser, T; Ewert, F. 2018 Climate change impact under alternate realizations of climate scenarios on maize yields and biomass in Ghana. *Agricultural Systems.* 159:157-174. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2017.03.011>
- Vargas, M; Combs, E; Alvarado, G; Atlin, G; Mathews, K; Crossa, J. 2013. META: A suite of SAS Programs to analyze Multi environment breeding trials. *Agron. J.* 105:11-19.
- Yan, W; Hunt, LA; Sheng, Q; Szlavnic, Z. 2000. Cultivar Evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40:597-605.

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS ORGÁNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE AJÍ (*Capsicum annum* L.) DURANTE LA ÉPOCA SECA<sup>1</sup>

**José A Guerra-Murillo<sup>2</sup>; Yisela Villarreal-Caballero<sup>3</sup>; Rubén Samaniego-Sánchez<sup>4</sup>;  
Luis Barahona-Amores<sup>5</sup>; Arturo Batista-De Gracia<sup>6</sup>; Gustavo Castillo-Vega<sup>7</sup>**

### RESUMEN

Se evaluó el manejo convencional y alternativas orgánicas con el propósito de contribuir con el sistema de producción de ají, en un área de 500 m<sup>2</sup> para cada manejo en la Estación Experimental El Ejido, entre los meses de noviembre de 2013 y abril de 2014 en la provincia de Los Santos. Se incluyó como alternativas orgánicas el abonamiento a base 5,0 t.ha<sup>-1</sup> de lumbrihumus y manejo de plagas insectiles con extractos vegetales de *Azadirachta indica* y *Gliricidia sepium*. Las variables dependientes fueron porcentaje de mortalidad de plantas a los 15 y 30 días después del trasplante, número de frutos dañados por planta, características químicas del suelo y rendimiento en kg/ha. Además, se realizó un análisis de la tasa marginal de retorno, considerando el precio de mercado de la fruta proviene de un manejo convencional o manejo con alternativas orgánicas. El porcentaje de mortalidad de plantas en ambos manejos fue de 3%. Con manejo orgánico se mejoró positivamente el pH y el contenido de calcio. En el rendimiento se presentó diferencia altamente significativa ( $P < 0,0011$ ), en el manejo convencional se alcanzó 19277,6 kg.ha<sup>-1</sup>, 4331,7 kg más que con alternativas orgánicas (14945,9 kg.ha<sup>-1</sup>). La mortalidad de plantas ocasionada por patógenos de suelo y frutos dañados por planta, no fueron factores determinantes en el rendimiento. El abonamiento completo de base en el manejo convencional influyó significativamente. Sin considerar la inocuidad de la fruta, la diferencia de precio por la incorporación de algunas alternativas orgánicas, la producción bajo este sistema presenta tasa marginal de retorno positiva.

**PALABRAS CLAVES:** Abono orgánico, extracto vegetal, manejo agronómico, rendimiento, tasa marginal de retorno.

---

<sup>1</sup> Recepción: 5 de febrero de 2018. Aceptación: 21 de mayo de 2018. Financiado por el Proyecto de Investigación e Innovación de Agricultura Orgánica de Hortalizas en el Arco Seco de Panamá.

<sup>2</sup> Ing. Agr. Fitotecnista. IDIAP. e-mail: guerra.josenagel@gmail.com

<sup>3</sup> Licda. en Administración de Empresas Agropecuarias. IDIAP. e-mail: [yisselavillarreal@gmail.com](mailto:yisselavillarreal@gmail.com)

<sup>4</sup> M.Sc. en Agricultura Ecológica. IDIAP. e-mail: rubensama15@gmail.com

<sup>5</sup> M.Sc. en Suelo y Agua. IDIAP. e-mail: [aberline@gmail.com](mailto:aberline@gmail.com)

<sup>6</sup> M.Sc. en Producción Agrícola Sostenible. IDIAP. e-mail: [arturobatista19@yahoo.com](mailto:arturobatista19@yahoo.com)

<sup>7</sup> Bachiller Agropecuario. IDIAP.

## ORGANIC TECHNOLOGICAL ALTERNATIVES IN SWEET PEPPER (*Capsicum annuum* L.) PRODUCTION DURING THE DRY SEASON

### ABSTRACT

Conventional management and organic alternatives were evaluated to contribute with the sweet pepper production system, in 500 m<sup>2</sup> for each management in El Ejido Experimental Station, between the months of November 2013 and April 2014 in Los Santos province. The organic fertilization based on 5,0 t.ha<sup>-1</sup> of earthworm humus and the management of insect pests with vegetable extracts of *Azadirachta indica* and *Gliricidia sepium* were included as organic alternatives. The dependent variables were percentage of plant mortality at 15 and 30 days after transplanting, number of damaged fruits per plant, chemical characteristics of the soil and yield in kilograms per hectare. In addition, an analysis of the marginal rate of return was carried out, considering the market price of the fruit from a conventional management and with organic alternatives. The percentage of plant mortality in both treatments was 3%. With organic management, the pH and calcium content were positively improved. In the kilograms per hectare the analysis presented a highly significant difference (P <0,0011), in the conventional management reached 19277,6 kg.ha<sup>-1</sup>, 4331,7 kg more than with organic alternatives (14945,9 kg.ha<sup>-1</sup>). The mortality of plants caused by soil pathogens and damaged fruits per plant, were not determining factors in the yield in kilograms per hectare. The complete basic fertilization in conventional management significantly influenced the kilograms per hectare. Without considering the harmlessness of the fruit, but the difference in price due to the incorporation of some organic alternatives, production under this system presented a marginal rate of positive return.

**KEY WORDS:** Organic fertilizer, plant extract, agronomic management, yield, marginal rate of return.

### INTRODUCCIÓN

La agricultura orgánica en Panamá inició en la década del noventa, en la provincia de Chiriquí con grupos individuales de productores, con algunas ONG nacionales y agencias internacionales de Cooperación. De 471 productores que cultivaron 363 ha de agricultura agroecológica en el 2001 en Panamá, para 2009 la cantidad de productores se incrementó en un 249%.

El área sufrió un cambio significativo; de 363 pasó a 7689 ha (MIDA 2009).

Esta actividad se lleva a cabo en diferentes lugares del país. En la provincia de Chiriquí, existen más de 10 organizaciones que tienen que ver con la agricultura agroecológica; en Coclé, tres organizaciones y un Grupo de Consumidores de Productos Orgánicos.

Panamá como Estado, en los últimos años ha impulsado la producción agroecológica. Se creó un Programa de Agricultura Orgánica en el MIDA, se ejecutaron dos proyectos de Investigación e Innovación de Agricultura Orgánica de Hortalizas en el Arco Seco de Panamá y de Investigación e Innovación en Agricultura Familiar; además, se instauró el Decreto Ejecutivo No.146 del 1 de agosto de 2004 en donde se reglamenta la Ley No.8 de 24 de enero de 2002 que establece las Regulaciones Nacionales para el Desarrollo de Actividades Agropecuarias Orgánicas y recientemente se formó la Autoridad de Control de la Certificación de la Producción Orgánica Agrícola (Tejera 2017).

Una de las mayores limitantes de este sistema de producción es que las investigaciones que se efectuaron con relación a la temática, es limitada. En el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) se realizaron investigaciones que enmarcan algunas tecnologías de producción orgánica. Desde 2010 en la Estación Experimental El Ejido, del Centro de Investigación Agropecuaria Azuero, Ingeniero Germán de León, se investigó sobre abonamiento, biofumigación, control de insectos plagas (Barahona *et al.* 2015) y se evaluó abonos orgánicos en cebolla en las tierras

altas de la parte occidental del país Lezcano (2005).

A nivel nacional se estima que la demanda per cápita de productos hortícolas, vegetales y frutas frescas es de 75 kg anuales (Aizprúa 2009). En la península de Azuero la construcción de hoteles y el turismo en general, va en aumento, lo que ocasiona un mayor consumo de vegetales inocuos y de calidad.

Además, con el incremento del área dedicada a la producción agroecológica se demanda tecnología acorde con la necesidad de la población de comer productos sanos y de calidad (MIDA 2009).

La producción extensiva e intensiva en el Arco Seco de Panamá depende en gran medida de la utilización de agroquímicos. El uso de tecnologías agroecológicas reduce la contaminación de los ecosistemas, y en caso de los abonos orgánicos contribuye a mediano y largo plazo con el mejoramiento del suelo. Es un sistema de producción que ayuda al control de las malezas, aporta residuos para la elaboración de compost y contribuye a la seguridad alimentaria de pequeños productores en las áreas rurales (Vásquez *et al.* 2017).

El lumbrihumus es un abono cuyos nutrientes son asimilados rápidamente por las plantas, mejora la estructura de suelo, aumenta la aireación, disminuye la compactación, incrementa la actividad microbiana y previene el desarrollo de patógenos del suelo (Céspedes 2005).

La investigación tiene poco valor si no se divulga y utiliza, por lo que la tecnología debe difundirse y establecerse en parcelas demostrativas de resultados para el proceso de transferencia.

La demostración de resultados, es una forma de transferir tecnologías en que todos los actores están cara a cara en el campo y el mismo, permite el intercambio de información entre grupos. Es un método que incrementa la confianza de los agricultores y sirve de catalizador en la adopción de las alternativas tecnológicas por parte de los productores (Herrera 2010, Rodríguez 2017).

El objetivo de este trabajo fue evaluar los efectos de alternativas tecnológicas orgánicas en la producción del cultivo de ají durante la época seca, además de su difusión a productores y técnicos extensionistas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se estableció en la Estación Experimental El Ejido, entre los meses de noviembre de 2013 y abril de 2014 localizada en el distrito de Los Santos, provincia de Los Santos, situado geográficamente a 7° 56' 30" de latitud Norte y 80° 25' de longitud Oeste, a 20 msnm. El suelo de textura franco arcillosa en sus primeros 16 cm, con estructura en bloques angulares y sub-angulares, muy finos 5 mm de diámetro, grado fuerte en seco, friable en húmedo, pegajoso en húmedo y nula en seco, muy plástico, densidad aparente 1,38 g/cm<sup>3</sup>, muchas raíces finas. Entre 16 cm y 46 cm su textura cambia a franco-arcillo-arenoso, con estructura en bloques angulares y sub-angulares, mediano 10-20 mm de diámetro, grado moderado en seco, muy friable en húmedo, pegajosidad baja en húmedo y nula en seco y muy plástico, densidad aparente 1,51 g/cm<sup>3</sup>, pocas raíces muy finas (Villarreal y Name 1996).

Se evaluaron dos manejos: convencional y alternativas orgánicas. Los dos manejos se implementaron en un área total de 1000 m<sup>2</sup>, con 500 m<sup>2</sup> para cada uno. Se incluyeron dos alternativas tecnológicas orgánicas generados en el proyecto: abonamiento orgánico a base de lumbrihumus bovino y manejo de plagas insectiles mediante la aplicación

de extractos vegetales de *Azadirachta indica* y *Gliricidia sepium*.

Se utilizó 5,0 t.ha<sup>-1</sup> de lumbrihumus como fertilización base colocado en la línea de siembra del tomate unos 15 días antes del trasplante en manejo con alternativas orgánicas. Posterior, a los 15 días después del trasplante, a través del sistema de riego se aplicó 106 kg de N; 27,3 kg de P; 22,7 kg de Mg; 41 kg de K<sub>2</sub>O y 24 kg de Ca como fertilización complementaria, se utilizó urea 46%, fosfato monoamónico, nitrato de potasio, nitrato de calcio.

A la parcela con manejo convencional se le aplicó 88,6 kg de N; 177 kg de P y 47,2 kg de K como fertilización base y 106 kg de N; 27,3 kg de P; 22,7 kg de Mg; 41 kg de k<sub>2</sub>O y 24 kg de Ca a través del sistema de riego.

Para complementar la difusión de la tecnología se realizaron dos días de campo con productores y técnicos de sector agropecuario.

En el manejo con alternativas orgánicas, para el control de los insectos plagas se realizó la aplicación periódica de insecticidas a base extractos de semilla de *Azadirachta indica* (Nim) y extracto de corteza de *Gliricidia sepium*

(Balo), además de abamectina. En el manejo convencional, se aplicaron insecticidas químicos sintéticos, recomendados para el cultivo de ají.

Se consideraron las siguientes variables: mortalidad de plantas (%) a los 15 y 30 días después de trasplante (ddt), número de frutos dañados por planta y rendimiento en kilogramos por hectárea. Los datos obtenidos fueron analizados mediante la prueba de t de Student. Después de finalizado el ensayo, se tomaron muestras de suelo en ambos manejos para realizar el análisis químico.

Además, se realizó un análisis de la tasa marginal de retorno metodología propuesta por el CIMMYT (1988), considerando dos precios de mercado: el de compra de productos provenientes de un manejo convencional y el precio que se establece cuando la fruta proviene de un manejo con alternativas orgánicas que se estimó de acuerdo a los precios de venta en un supermercado especializado en ese tipo productos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El porcentaje de mortalidad de plantas en ambos manejos fue de 3%. En ninguno de los casos, la prueba de t de Student mostró diferencia significativa. Igual resultado se obtuvo para el análisis

de la variable frutos dañados por planta. El mayor daño de los frutos, se debió a pudrición apical y quemaduras por el sol.

La prueba de t de Student (Cuadro 1) reveló diferencia altamente significativa ( $P=0,0011$ ) para el rendimiento, en la parcela con manejo convencional se obtuvo  $19277,6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ; o sea  $4331,7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  más que el manejo con alternativas orgánicas que alcanzó  $14945,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

La fertilización completa aplicada al trasplante tuvo un efecto significativo en el tamaño y peso del fruto, lo que influyó en el rendimiento del manejo convencional. En Nicaragua, Sagastume Estrada (2015) obtuvo un resultado similar, pero con cultivares diferentes y

algunas dosis de lumbrihumus y fertilizante químico más altas (Cuadro 2).

La prueba de t de Student reveló diferencia entre los tipos de manejo ( $P=0,0193$ ); en el convencional se obtuvo un pH de 5,6 y con alternativas orgánicas, fue de 5,8 atribuible al efecto de lumbrihumus y a las bases que se aportaron a través del fertirriego. Con enmiendas orgánicas se requiere de periodos de tiempo más prolongado (mínimo tres años) para reflejar el incremento del pH (Barahona *et al.* 2015). La enmienda orgánica no fue evaluada en este estudio, pero se espera que tenga un efecto positivo sobre el pH y otras características químicas del suelo (Lezcano 2005).

**CUADRO 1. PRUEBA DE T DE STUDENT. EL EJIDO, LOS SANTOS-2014.**

Variables	N1	N2	T-Student	gl	P-valor
Mortalidad de plantas 15 ddt	14	14	0,73	26	0,4719
Mortalidad de plantas 30 ddt	14	14	0,77	26	0,449
Frutos dañados en manejo con alternativas orgánicas	14	14	-0,94	26	0,3563
Número de frutos/planta	14	14	-1,49	26	0,1492
Rendimiento (kg/ha)	14	14	-3,8	20	0,0011

N=número de observaciones, N1 y N2= repeticiones, gl=grados de libertad, P=probabilidad.

**CUADRO 2. MEDIAS PARA LAS VARIABLE FRUTOS DAÑADOS/PLANTA Y RENDIMIENTO. EL EJIDO, LOS SANTOS - 2014.**

Manejo	Frutos dañados/planta	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$
<b>Orgánico</b>	7,9 a	14945,9 a
<b>Convencional</b>	8,6 a	19277,6 b

Medias con la misma letra son iguales estadísticamente.

Con respecto al calcio el análisis resultó altamente significativo ( $P=0,0063$ ), donde la mayor cantidad de calcio se determinó en el manejo con alternativas orgánicas con 16,18 cmol/kg contra 12,06 cmol/kg de la parcela con manejo convencional. Ambas cantidades, según los niveles críticos usados en el laboratorio de IDIAP, están altos y es causante del incremento del pH (Villarreal *et al.* 1996). Esto coinciden con un estudio sobre evaluación agronómica de substrato en plántulas de chile 'onza', se determinó que el contenido de Ca en el vermicomposta estuvo por encima de los

niveles recomendados (López Baltazar *et al.* 2013). Se debe suponer entonces, que el incremento del pH en el manejo con alternativas orgánicas se debió a un ligero efecto del lumbrihumus aplicado al suelo.

Con las cantidades de hierro, el análisis indicó diferencia significativa ( $P=0,0173$ ), pero con manejo convencional se detectaron 11,36 cmol/kg y con alternativas orgánicas, 8,5 cmol/kg que están por debajo de los niveles de referencia en IDIAP (Cuadro 3) (Villarreal y Name 1996).

**CUADRO 3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL SUELO DESPUÉS DE FINALIZADO EL CULTIVO, SEGÚN EL MANEJO DEL CULTIVO.**

Características	Unidad de Medida	Convencional	Alternativas orgánicas	Significancia
CE	dS m <sup>-1</sup>	1,64	1,66	0,9115
Carbono orgánico	%	0,49	0,67	0,3580
pH		5,56	5,72	0,0193*
P	ml/l	3	23,60	0,0999
K	ml/l	153	168,18	0,5783
Ca	cmol/kg	12,06	16,18	0,0063**
Mg	cmol/kg	8,32	9,76	0,0915
Al	cmol/kg	0,62	0,50	0,5570
Mn	mg/l	153,34	124,24	0,0450*
Fe	mg/l	11,36	8,50	0,0173*
Zn	mg/l	3,42	2,04	0,5163
Cu	mg/l	3,44	2,78	0,0523*

CE=Conductividad eléctrica, pH-acidez o alcalinidad, P-fósforo, K-potasio, Ca-calcio, Mg-magnesio, Al-aluminio, Mn-manganeso, Fe-hierro, Zn-zinc, Cu-cobre



### Análisis económico

El análisis de la tasa marginal de retorno cuando no hay variación de precio de campo por efecto de la tecnología, indica que el costo variable con manejo convencional es menor que con alternativas orgánicas y el beneficio neto es mayor. La tasa marginal de retorno con alternativa orgánica es de -416%, es decir que se pierden B/.4,16 por cada balboa invertido.

Cuando se consideran los precios diferenciados por las alternativas orgánicas incorporadas al manejo, la tasa marginal de retorno es de 144,87, lo que significa que por cada balboa invertido se obtienen B/.1,45 (Cuadro 4).

### CONCLUSIONES

- La mortalidad de plantas ocasionada por patógenos de suelo y frutos

dañados/planta, no fueron factores determinantes en el rendimiento comercial.

- La aplicación de abono orgánico a base de lumbrihumus a una dosis de 5,0 t.ha<sup>-1</sup> incrementó el contenido de calcio, pero disminuyó el de hierro en el suelo.
- Considerando que la cantidad de nutrimento a través del fertirriego fue la misma para ambos manejos, el abonamiento completo de base en el manejo convencional influyó en el rendimiento comercial.
- Considerando la diferencia de precio por la incorporación de algunas alternativas orgánicas, la producción bajo este sistema presenta tasa marginal de retorno positiva.

**CUADRO 4. ANÁLISIS DE DOMINANCIA CONSIDERANDO UN PRECIO DE CAMPO DIFERENTE DE ACUERDO AL MANEJO. EL EJIDO, LOS SANTOS – 2014.**

Tratamiento	Costos Variables	Beneficios netos	Tasa de retorno marginal
Manejo convencional	719	11103,90	
Alternativas orgánicas	1318	11971,67	144,87%

## BIBLIOGRAFÍA

- Aizprúa, JC. 2009. Agroexportadores piden una política agrícola efectiva. La Prensa. Panamá. P. Sept. 55:45 A.
- Barahona Amores, LA; Samaniego Sánchez, RD; Guerra Murillo, JA; Castillo, G; Agurto, J. 2015. Utilización de la gallinaza como biofumigante de suelo en el cultivo de melón. Ciencia Agropecuaria no.23:95-109.
- Céspedes L, MC. 2005. Agricultura Orgánica. Principios y prácticas de producción (en línea). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. Boletín N° 131. Consultado 8 oct. Disponible en [biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33207.pdf](http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR33207.pdf)
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, ME) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.
- Herrera, C. 2010. Extensión Rural (en línea). Consultado 6 oct. 2017. Disponible en <http://desarrollorural-lasalle.blogspot.com/2010/10/extension-rural.html>
- Lezcano B, JA. 2005. Estudio preliminar de fuentes y dosis de abonos orgánicos en cebolla (*Allium cepa* cv. Regia) en Cerro Punta, Bugaba. Ciencia Agropecuaria no.18:113-122.
- López-Baltazar, J; Méndez-Matías, A; Pliego-Marín, L; Aragón-Robles, E; Robles-Martínez, ML. 2013. Evaluación agronómica de sustratos en plántulas de chile 'onza' (*Capsicum annuum*) en invernadero (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. (6): p. 1139-1150. Consultado 30 may. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a6.pdf>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Pa). 2009. Informe cierre 2008-2009. Programa Nacional de Agricultura Orgánica. *En prensa.*

- Rodríguez, H. 2017. Métodos de extensión (en línea). Universidad de Antioquia, Colombia. Consultado 6 oct. 2017. Disponible en [aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/module/file.php/.../3-1-Metodos\\_de\\_extension.pdf](http://aprendeenlinea.udea.edu.co/lms/module/file.php/.../3-1-Metodos_de_extension.pdf)
- Sagastume Estrada, EE. 2015. Evaluación de lombricompost de coqueta roja (*Eisenia foetida*) en la producción de chile dulce; La Fragua, Zacapa (en línea). Lic. Ing. Agr. Guatemala. Universidad Rafael Landívar. 56 p. Consultado 31 may. 2018. Disponible en [recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/09/Sagastume-Erick.pdf](http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2015/06/09/Sagastume-Erick.pdf)
- Tejera, AE. 2017. Orgánicos con sello panameño. (en línea) La Prensa. Ciudad de Panamá. Pan. Febr. Consultado 2 oct. Disponible en [http://imprensa.prensa.com/economia/Organicos-sello-panameno\\_0\\_4683281658.html](http://imprensa.prensa.com/economia/Organicos-sello-panameno_0_4683281658.html)
- Vásquez P; Céspedes L; Pailán L, H; Vargas, S. 2017. Manejo Orgánico de cultivos hortícolas (en línea). Chile. Consultado 8 oct. 2017. Disponible en [www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38266.pdf](http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38266.pdf)
- Villarreal, J: Name, B. 1996. Técnicas analíticas del Laboratorio de Suelos. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. PA. 110 p.

### **A. NORMAS GENERALES**

La revista Ciencia Agropecuaria publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de las ciencias agropecuarias.

Los escritos deben ser redactados en español y enviados vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa) (solicitar confirmación de lectura). La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con el editor principal de la revista. Deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector.

Los trabajos que ingresan a la revista son revisados, evaluados, que cumplan con el formato establecido (formato de revisión). Una vez ajustados al formato de la revista, son enviados a especialistas (revisión de pared) y con dos dictámenes positivos se acepta la incorporación del trabajo al índice en curso.

Aquellos trabajos que no se ajusten a las normas para autores y formato de revisión (disponibles en: <http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos presentados. Además, la revista provee acceso libre inmediato a su contenido en el principio de que hacer disponible gratuitamente investigaciones al público apoya a un mayor intercambio de conocimiento global.

Los trabajos deben enviarse vía correo electrónico a [cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa](mailto:cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa) y su envío debe incluir carta de presentación del artículo, el documento, formato de revisión, declaración de inédito, aprobación de los autores y de las instituciones participantes mencionadas en el documento.

Todos los trabajos deben incluir título, autores, resumen y palabras claves, tal como se describen en el artículo.

Los trabajos deben ser preparados en el procesador de texto Microsoft Word, en letra arial, tamaño 11, a espacio y medio. Márgenes superior e inferior de 2,5 cm (1 pulgada) e izquierdo y derecho de 3,05 cm (1,2 pulgadas) y un máximo de 25 páginas.

Los nombres científicos deben ser escritos en cursiva, mayúscula inicial para el género y la especie en minúscula; para la familia se debe escribir en regular o normal (en Word) con mayúscula inicial. Las abreviaturas y signos redactados con base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), también llamado Sistema Internacional de Medidas, usado internacionalmente y basado en el sistema métrico decimal.

Los cuadros y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas) se presentan en secuencia lógica de acuerdo al texto. Adicional, deben aparecer en archivos aparte en original y las fotos en formato JPG o TIF. El tamaño de la fuente igual que el texto en negrita. Los cuadros y leyendas de las figuras deben ser enumerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

### **Citación**

La literatura citada se basa en la norma implementada por la ASA (American Society of Agronomy) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas.

#### *Generalidades*

- Evitar el uso de referencias de datos no publicados, ya que no se encuentran con la disponibilidad para los lectores que deseen acceder a esas fuentes.
- Las referencias bibliográficas en el texto deben aparecer citadas en idioma español independiente del idioma de origen de la fuente.
- En la literatura cita las referencias deben redactarse de acuerdo con el idioma de origen de la misma.
- No se aceptan referencias bibliográficas que tengan más de diez años de antigüedad, a menos que sea indispensable o sea trabajos clásicos que mantienen su vigencia en el tiempo.
- Evitar más de tres citas para apoyar una idea o información.
- Las citas en el texto se mencionan separando con una coma el apellido del primer autor del año; si son dos autores el apellido de cada autor va separado por “y”, finalmente cuando se trata de referencias con más de dos autores, se menciona el apellido del primer autor seguido de “et al.”.

Ejemplos:

(Murphy, 2001; Murphy y Smith, 2001; Murphy et al., 2001)

(Murphy, 2001; Murphy y Wong, 2001a, 2001b; Murphy et al., 2001)

(Murphy, 2001; Murphy et al., 2001, 2002; Murphy y Davis, 2002)

Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros, figuras e imágenes. Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre genérico o ingrediente activo.

La literatura debe estar organizada en orden alfabético de acuerdo con el apellido y las iniciales del nombre del primer autor. Cuando hay varias citas de un único autor se ordenan cronológicamente por año de publicación. Si las citas tienen el mismo año se ordenan alfabéticamente agregando las letras a, b, c, ... después del año de publicación. Si se trata de más de una cita donde el primer autor es el mismo las prioridades al ordenar las referencias es el siguiente:

- Apellido e iniciales del nombre del segundo autor.
- Si los dos primeros autores se repiten en varias citas se utiliza el apellido y las iniciales del nombre del tercer autor, así sucesivamente.

Ejemplo:

Barreto, H., y W.R. Raun. 1990.

Barreto, H. 1991.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1995.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1993a.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1997.

Barreto, H., W.R. Raun., C.W. Hesseltine, and M.L. Goulden, 1993b.

Barreto, H., W.R. Raun., and C.W. Hesseltine. 1995.

Barreto, H., y C.W. Hesseltine. 1994a.

Barreto, H., y C.W. Hesseltine. 1994b.

En el caso de una cita textual de un libro o un capítulo muy largo se requiere el número de páginas en la cita del texto, para ahorrarle al lector una búsqueda tediosa de la redacción original. Si es posible, se prefiere el número exacto de página.

Ejemplo:

Harper (1977, p.372), who called for a Koch's postulates type of approach..., remained skeptical about the feasibility of designing "an experiment that conclusively test the toxin hypothesis of plant interction."

Cuando se trata de comunicaciones personales estas se incluyen únicamente en el texto entre paréntesis.

Ejemplo:

Los daños por insectos plagas, son reportados por los productores como uno de los principales problemas que afectan la producción de hortalizas en las tierras altas de la región occidental del país (Santamaría-Guerra, comunicación personal, 2017).

Todos los autores institucionales deben citarse en texto con su respectivo acrónimo o abreviatura; mientras que en la lista de referencias las siglas van seguidas del nombre completo del autor corporativo, entre paréntesis, excepto las siglas utilizadas para los centros del del Grupo Consultivo en Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) ([www.cgiar.org](http://www.cgiar.org)). CIAT, CIFOR, CIMMYT, CIP, ICARDA, ICLARM, ICRAI, ICRISAT, IFPRI, IITA, IIRI, ILRI, IPGRI, ISNAR, IWMI, WARDA, IBPGR.

Cuando se mencionan imprentas o casas editoriales de Estados Unidos, se incluye únicamente el nombre de la ciudad y la abreviatura del Estado donde se encuentra dicha editorial.

Ejemplo:

Bramley, A. 1992. Milking hygiene and mastitis control. p. 457-463. In: H. Van Horn, and C. Wilcox, editors. Large dairy herd management. Management Services. American Science Association, Champaign, IL.

Los nombres de revistas se abrevian de acuerdo a la norma internacional que se encuentra disponible en <https://www.agrnomy.org/files/publications/style/appendix-a.pdf>

Cada trabajo mencionado en la literatura consultada, debe incluir el apellido del primer autor, seguido de las iniciales del nombre, separadas por punto (Smith, J.R.). Para obras de más de un autor, sólo el apellido del primer autor se escribe antes de las iniciales del nombre (Smith, J.R., M. Jones, y C. Rosen). Los autores se separan por una coma y se debe utilizar la letra “y” antes de citar el último autor.

## B. NORMAS ESPECÍFICAS

### 1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (afiliación, dirección, correo electrónico en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

- a. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
- b. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y sus dos apellidos sin abreviar y separados por un guion, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor y coautores. Indicar en el pie de página la afiliación de cada autor, Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis), dirección o correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
- c. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal completo. Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.
- d. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
- e. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento.  
Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros y figuras.
- f. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología aplicada. Se deberá presentar los detalles necesarios para



que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.

- g. Resultados y discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible, (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada. En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, los efectos e implicaciones.
- h. Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente ordenadas. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
- i. Bibliografía:** Se incluirá sólo la literatura citada tomando en cuenta la normativa implementada por la ASA (American Society of Agronomy) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas y se acepta con un mínimo de 10 citas.
- k. Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

## 2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

- a. Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.
- b. Notas técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa (4) Temas de interés, científico y tecnológico. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de tres.

### **3. COMUNICACIONES CORTAS**

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Una extensión máxima de 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

### **4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS**

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

## **Publicación semestral del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá**

La publicación de artículos es sin costo alguno, la revista es de acceso abierto.

Los trabajos que ingresan a la revista se examinan que cumplan con el formato establecido. Una vez revisado y ajustado al formato, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se incorporan al índice en curso.

La publicación de los artículos es responsabilidad de los autores, quedando la revista científica CIENCIA AGROPECUARIA sin responsabilidad legal.

Correspondencia relativa a la distribución y canje debe dirigirse a:  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)  
Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)  
Tel. (507) 976-1265/1168 fax. 976-1349  
e-mail: cidagro.idiap@idiap.gob.pa

Correspondencia relacionada al contenido editorial debe enviarse a:  
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)  
CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica  
Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522  
e-mail: cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa  
Web: idiap.gob.pa  
Clayton – Ciudad del Saber  
**IDIAP. 2018. Derechos Reservados**

ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET

Texto completo

<http://www.idiap.gob.pa>

<http://www.abcpanama.org.pa/recursos-nacionales/>

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa>