

## 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:

$$h^2 = \frac{\delta^2_{Genotipo}}{\delta^2_{Genotipo} + \frac{\delta^2_{Genotipo \times loc}}{N_o \text{ localidades}} + \frac{\delta^2_{Error Experimental}}{No \text{ loc} \times No \text{ repeticiones}}}$$

**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 ( $159 \text{ kg.ha}^{-1}$  y  $204 \text{ kg.ha}^{-1}$ , respectivamente), en caso de una sola aplicación la misma se realizó a los 30 dds (a razón de  $227 \text{ kg.ha}^{-1}$ ). Para el control de las malezas, se realizó una aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina a razón de  $1,5 \text{ kg i.a.ha}^{-1}$  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 excepción 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 Océ 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.

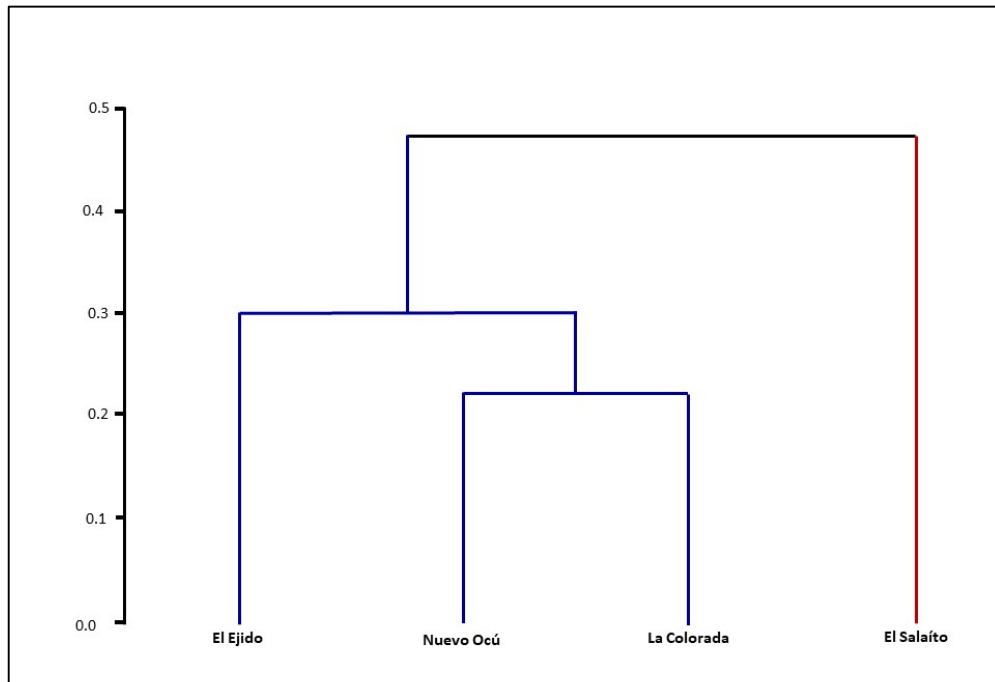
**CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS POR FUENTE DE VARIACIÓN, COCIENTE DMS/RANGO, REPETITIVIDAD Y COEFICIENTE DE VARIACIÓN DEL ANÁLISIS POR LOCALIDAD DEL ENSAYO DE VARIEDADES, LOS SANTOS, PANAMÁ - 2017.**

<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/</i> <i>Rango</i>	$h^2$	<i>C.V.</i> <i>(%)</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 Océ	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 Ocú 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 Ocú. 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 Ocú	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.**

Híbridos	Rendimiento (t.ha <sup>-1</sup> )			% sobre IDIAP-MV-1102 (TC1)		
	4 loc	Gr-A (3 loc)	Gr-B (1 loc)	4 loc	Gr-A	Gr-B
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

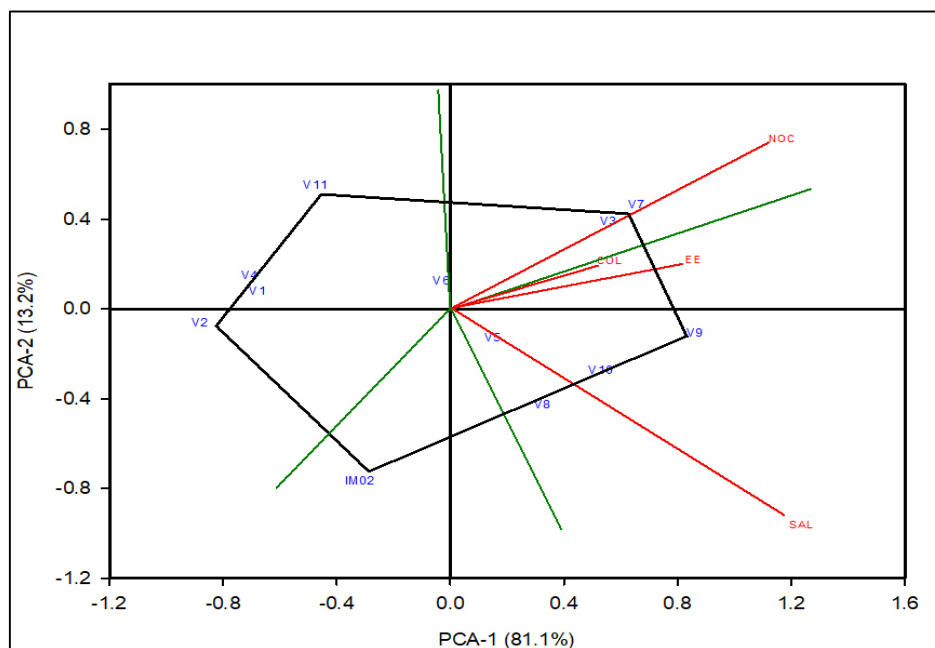
Las puntuaciones Biplot GGE-SReg, tanto de los 12 genotipos como de los cuatro ambientes, los mismos presentan diferentes patrones de interacción (Cuadro 9). De acuerdo a las puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2 los genotipos más estables (valor del eje PCA-2 más cercano a 0) y con rendimiento superior 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 Ocu	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.