

SELECCIÓN DE VARIEDADES DE MAÍZ TOLERANTES AL DÉFICIT HÍDRICO¹

Román Gordón Mendoza²; Jorge Franco Barrera³; Félix San Vicente⁴

RESUMEN

Con el objetivo de seleccionar variedades de maíz de grano blanco y amarillo con tolerancia al déficit hídrico, se sembraron 18 experimentos en campos de agricultores colaboradores y en la estación experimental de El Ejido, ubicada en la provincia de Los Santos, República de Panamá en los años 2010, 2011 y 2012. Las variedades sintéticas evaluadas se obtuvieron del proyecto Generación y validación de variedades de maíz tolerantes a sequía como medio de estabilizar productividad y disminuir el daño por micotoxinas como consecuencia del cambio climático. Para evaluar la tolerancia al déficit hídrico cada año se sembraron una serie de ensayos en agosto y otros en octubre. En todos los años, la precipitación pluvial en la siembra de agosto fue mayor que en octubre. El período crítico de falta de humedad fue después de los 50 días después de siembra (dds) con diferencias de 94, 146 y 176 mm para cada año, respectivamente. Las diferencias entre ambas siembras de los distintos ensayos variaron de 0,85 a 2,75 t.ha⁻¹ para los años 2010 y 2011 y de 4,00 a 3,27 t.ha⁻¹ en el año 2012. 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. En los distintos grupos de cultivares se identificaron y seleccionaron tres variedades sintéticas promisorias por su buen rendimiento en el promedio general de todas las localidades y el buen grado de tolerancia o baja reducción del rendimiento debido al déficit hídrico a que fueron sometidos.

PALABRAS CLAVE: Sequía, mejoramiento, Azuero, humedad del suelo, rendimiento.

¹Recepción: 10 de octubre de 2015. Aceptación: 26 de octubre de 2015. Investigación realizada con fondos del proyecto Generación de variedades e híbridos de maíz del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

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

³M.Sc. en Ciencias Ambientales. IDIAP. CIAA. e-mail: joenfra13@gmail.com

⁴Ph.D. en Mejoramiento Genético. Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).
e-mail: f.sanvicente@cgiar.org

SELECTING TOLERANT MAIZE VARIETIES TO WATER STRESS

ABSTRACT

In order to select varieties of white and yellow maize grain with water stress tolerance, 18 trials were planted in farmers' fields and the experimental station of El Ejido, located in Los Santos province, Panama in 2010, 2011 and 2012. The synthetic evaluated varieties were taken from the project Generation and validation of varieties of drought tolerant maize as a means to stabilize productivity and reduce mycotoxin damage due to climate change. To assess tolerance to water deficit each year, a set of tests was sown in August and one in October. In every year, the rainfall in August sowing was higher than in October planting. The most critical period was 50 days after sowing (DAS) with differences of 94, 146 and 176 mm for each year, respectively. The differences between the two crops of different trials ranged from 0,85 to 2,75 t.ha⁻¹ for 2010 and 2011 and 4,00 to 3,27 t.ha⁻¹ in 2012. The variance analyses of all trials were conducted and they showed the same statistical differences between cultivars. Repeatability and high percentages of low coefficients of variation were obtained. In the different groups, three synthetic varieties of promising cultivars were identified and selected for their good performance in the overall average in all locations and good tolerance and low yield reduction due the water deficit they were subjected to.

KEY WORDS: Drought, breeding, Azuero, soil humidity, performance.

INTRODUCCIÓN

Anualmente en Panamá se consume aproximadamente 487 600 toneladas de maíz en grano, de los cuales 96 600 toneladas son producción nacional y el resto son importadas. Del maíz que ingresa a los canales de comercialización, un 12,26% equivalente a 59 800 t, corresponde al que se procesa para consumo humano, y un 87,74% equivalente a 427 800 t, es para el consumo de la industria de alimentos para animales.

En la región de Azuero el área sembrada con este cultivo ha fluctuado en los últimos años, pero la misma alcanzó un promedio de 18 mil ha en las últimas campañas. En esta región se produce el 74,63% de la producción nacional. Esta actividad involucró aproximadamente 600 productores de las dos provincias de esta región. En el ámbito nacional, la mayor cantidad de superficie sembrada es realizada bajo el sistema de chuzo con 44 020 ha, lo cual representa el 69,80% de la superficie total destinada a este cultivo,

esta producción es importante desde el punto de vista de la seguridad alimentaria familiar. El sistema mecanizado con 19 020 ha representa el 30,2% de la superficie sembrada, esta producción es destinada para abastecer el mercado para la industria que elabora alimentos para consumo humano y concentrados para animales.

Un clima adverso y desastres naturales han sido características en todas las provincias del país. Cambios más recientes derivados entre otros factores del calentamiento global y la crisis del precio de los alimentos han aumentado la vulnerabilidad y el riesgo de las comunidades rurales y de los productores causando un impacto significativo en la seguridad alimentaria y la pobreza extrema. Sequías al inicio de los ciclos de siembra, lluvias más intensas en algunos períodos del cultivo y la aparición de nuevas plagas, están causando trastornos importantes en la productividad y la seguridad alimentaria.

Reportes de investigaciones recientes, incluyendo estudios de modelación, señalan que el impacto del calentamiento global podría causar significativas disminuciones en el rendimiento de maíz y otros cultivos en los próximos treinta años (Ruane *et al.* 2013). Neelin *et al.* 2006, examinaron las

tendencias de precipitación global en el trópico por diez de los últimos Modelos de Circulación Global (MCG) usando el escenario A2 de emisiones IPCC; a pesar de las diferencias considerables en los modelos, el 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. Existe un consenso entre los especialistas en cambio climático sobre el hecho 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% (Vargas 2009). Bajo ese contexto, la identificación de cultivares con alta capacidad de adaptación y resiliencia a plagas se convierte en una prioridad inmediata.

En Panamá, todos los sistemas de producción de grano se caracterizan por su bajo rendimiento, lo que se refleja en la media nacional. Esto, entre otras causas, se debe a diversos factores bióticos (insectos) y abióticos (precipitación pluvial errática, altas temperaturas), además de técnicas de manejo inadecuadas en lo referente a densidad, control de plagas y fertilización.

El desarrollo de nuevos híbridos y/o variedades, así como prácticas

agronómicas que mitiguen el efecto de la sequía y mejoren la eficiencia del cultivo producirá beneficios económicos para los agricultores, y contribuirá a mitigar el efecto del cambio climático al reducir el impacto de la sequía, junto con la aplicación de cantidades excesivas de fertilizantes químicos y plaguicidas para el control de plagas emergentes.

En años recientes, se han generado variedades tolerantes a sequía para el este y el sur de África, donde prevalece una tendencia a sequía severa y donde los híbridos elite del CIMMYT rinden por lo menos una tonelada más en condiciones de sequía grave que el mejor germoplasma proveniente del sector privado (Banziger *et al.* 2006).

La variabilidad climática significa un cambio importante en las reglas de juego para la cadena del maíz, representando enormes retos y desafíos para los productores y otros actores de la cadena; implica la necesidad de hacer ajustes profundos en el Plan de Acción para la Competitividad de la Cadena del Maíz.

La dependencia de importaciones a futuro, puede ser un factor de alto riesgo en términos de la seguridad alimentaria nacional, la actividad económica y el agro negocio de pequeños, medianos y grandes

productores, y de las mismas empresas que procesan el grano. Si bien cuando los precios internacionales están bajos, las industrias de piensos tienden a desestimar la producción interna, lo cierto que a futuro esto puede ser muy riesgoso. Por lo demás, cualquier acuerdo deberá estar respaldado por un esfuerzo de incremento de la productividad interna sin importar lo que pase con los precios internacionales. Con el objetivo de seleccionar variedades de maíz tolerantes al déficit hídrico para productores de este cultivo en Panamá, se estableció la presente investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material genético:

Durante tres ciclos agrícolas (2010, 2011 y 2012) se sembraron ensayos en múltiples localidades del país en parcelas de productores colaboradores. Todo el material genético evaluado fue recibido del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), como parte del Proyecto Generación y validación de variedades de maíz tolerantes a sequía como medio de estabilizar productividad y disminuir el daño por micotoxinas como consecuencia del cambio climático, financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO).

Los ensayos en campo fueron financiados por el proyecto Generación de variedades e híbridos de maíz del Instituto

de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). En el año 2010 se sembraron 18 variedades de maíz grano amarillo (Alfa Láctice 6 x 3 con dos repeticiones) incluyendo tres testigos locales. En el 2011 se evaluaron 10 variedades en un Alfa Láctice 5 x 2 con dos repeticiones, y en el mismo se incluyeron cinco variedades de grano blanco y cinco variedades de grano amarillo incluyendo un testigo

local. Finalmente, en el año 2012 se sembraron dos ensayos cada uno con tres repeticiones, el primero proveniente del CIMMYT, el cual incluyó 12 variedades de grano amarillo en un Alfa Láctice 4 x 3 con dos testigos locales, y el otro se conformó con las cuatro variedades más sobresalientes de los dos años previos y cuatro testigos locales (Cuadro 1).

CUADRO 1. VARIEDADES EVALUADAS POR CICLO AGRÍCOLA EN CADA EXPERIMENTO. PANAMÁ, 2010-2012.

2010	2011	2012a	2012b
1. S05TLY-SEQ /LN	1. S00TLY-AB01	1. S11TLYN-AB01	1. Guararé 8128 (T1)
2. S05TLY-AB01	2. S07TLY-AB01	2. S11TLYN-AB02	2. IDIAP-MV-0706 (T2)
3. S05TLY-AB02	3. S07TLY-AB02	3. S11TLYN-AB03	3. IDIAP-MQ-12 (T3)
4. S00TLY-AB01	4. S03TLYQ-AB05	4. S11TLYN-AB04	4. IDIAP-MQ-14 (T4)
5. SINT-AM-TSR	5. S06TLWQ-AB02	5. S11TLYN-AB05	5. S07TLY-AB01
6. TSR-90-SINT-AM	6. S03TLW-B03	6. S05TLY-AB01	6. S07TLY-AB02
7. SINT-IBP-3	7. S07TLW-AB	7. S05TLY-AB02	7. S05TLY-SEQ /LN
8. SINT-IBP-4	8. S03TLWQ-AB05	8. S00TLY-AB01	8. S06TLWQ-AB02
9. S07TLY-AB01	9. S05TLWQ-SEQLN-AB	9. S07TLY-AB01	
10. S07TLY-AB02	10. IDIAP-MV-0706 (T1)	10. S07TLY-AB02	
11. G26-SEQ-C3		11. IDIAP-MV-0706 (T1)	
12. S03TLYQ-AB04		12. Guararé 8128 (T2)	
13. S03TLYQ-AB05			
14. S03TLYQ-AB03			
15. S03TLYQ-AB01			
16. IDIAP-MV-0706 (T1)			
17. IDIAP-MQ-12 (T2)			
18. IDIAP-MQ-14 (T3)			

Localidades:

En total se realizaron 18 ensayos en terrenos de productores colaboradores del Proyecto. Se distribuyeron en cuatro localidades los años 2010 y 2011 y cinco localidades de cada ensayo de los sembrados en el año 2012 (Cuadro 2).

En la estación experimental El Ejido del IDIAP se sembró el ensayo en dos fechas de siembra; la primera siembra en la fecha recomendada (agosto) y la segunda en una fecha tardía (octubre), de tal forma que debido a la distribución de lluvias de esa localidad todas las variedades fueran sometidas a un déficit hídrico después de la floración femenina para observar su potencial de rendimiento.

CUADRO 2. LOCALIDADES EN DONDE FUERON SEMBRADOS LOS ENSAYOS. PANAMÁ, 2010-2012.

2010	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Fecha de Siembra
El Ejido E	Los Santos	Los Santos	7°54,567'	80°22,211'	27-ago
El Ejido L	Los Santos	Los Santos	7°54,574'	80°22,207'	05-oct
La Colorada	Los Santos	Los Santos	7°49,621'	80°34,457'	21-sep
La Zumbona	Veraguas	Soná			15-sep
2011					
El Ejido E	Los Santos	Los Santos	7°54,560'	80°22,262'	27-ago
El Ejido L	Los Santos	Los Santos	7°54,566'	80°22,260'	05-oct
La Colorada	Los Santos	Los Santos	7°50,204'	80°32,948'	21-sep
La Mina	Los Santos	Pocrí	7°40,126'	80°08,808'	27-ago
2012a					
El Ejido E	Los Santos	Los Santos	7°54,554'	80°22,268'	22-ago
El Ejido L	Los Santos	Los Santos	7°54,543'	80°22,272'	03-oct
La Enea	Los Santo	Guararé	7°51,111'	80°16,250'	03-sep
Santo Domingo	Los Santos	Las Tablas	7°45,735'	80°13,213'	11-sep
Nuevo Ocú	Los Santos	Pocrí	7°41,148'	80°08,206'	25-sep
2012b					
El Ejido E	Los Santos	Los Santos	7°54,565'	80°22,265'	24-ago
El Ejido L	Los Santos	Los Santos	7°54,572'	80°22,261'	04-oct
La Enea	Los Santos	Guararé	7°51,111'	80°16,250'	03-sep
La Pasera	Los Santos	Guararé	7°48,419'	80°18,032'	05-sep
Río Sereno	Chiriquí	Renacimiento	8°49,000'	82°51,000'	20-sep

Precipitación pluvial y humedad de suelo:

En todas las localidades se midió la precipitación pluvial diaria durante todo el desarrollo del cultivo y se acumularon por deca-días (Cuadro 3). Para el análisis, los datos de lluvia se agruparon en los cuatro períodos críticos descritos por Mc William *et al.* (1999); éstos autores agrupan a las fases fenológicas del cultivo en fase de establecimiento (0 a 30 dds) que incluye de germinación a planta con cinco hojas (Vg a V5); fase pre floración (31 a 50 dds) o plantas de la etapa de 6 a 15 hojas (V6 a V15); fase floración y llenado de grano (51 a 80 dds) o plantas de 16 hojas a la fase de grano ampolla (V16 a R2); y fase final de llenado de grano (81 a 100 dds) que va de R3 a R5 (grano lechoso a grano dentado).

En la localidad de El Ejido se calculó la humedad del suelo en las distintas fases fenológicas del cultivo en función a la precipitación pluvial. Se calculó la evapotranspiración potencial (Eto) con la fórmula de Penman Monteith (Allen *et al.* 1998) y se realizó el cálculo de la humedad de suelo en función del perfil de suelo del área del estudio en la Estación Experimental.

Unidad experimental:

Las parcelas experimentales consistieron de dos surcos de 5,2 m

de largo. Todos los ensayos fueron sembrados a una distancia de 0,75 m entre hileras y 0,20 m entre posturas de siembra para una densidad inicial de 66 666 plantas.ha⁻¹. 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 2009).

Se aplicó a la siembra 273 kg.ha⁻¹ 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 a 204 kg.ha⁻¹, 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 como *Bipolaris maydis*, *Exserohilum turcicum*. En donde, 1 indica ausencia de enfermedad y 5 infección muy severa. La

evaluación se realizó en las etapas finales (70-80 dds) del cultivo, antes que las hojas se tornaran de color café.

CUADRO 3. PRECIPITACIÓN ACUMULADA POR DECA-DÍAS EN LOS ENSAYOS DE VARIEDADES SINTÉTICAS. PANAMÁ, 2010-2012.

	0-10	11-20	21-30	0 a 30	31-40	41-50	31 a 50	51-10	61-70	71-80	51 a 80	81-90	91-100	81 a 100	Total
2010															
El Ejido E	64	159	131	354	122	13	135	51	36	39	126	38	36	74	689
El Ejido L	79	99	88	266	91	103	194	99	4	3	106	0	0	0	566
La Colorada	118	73	76	267	120	77	197	49	37	10	96	5	0	5	565
2011															
El Ejido E	124	36	12	172	87	96	183	20	48	67	135	56	68	124	614
El Ejido L	96	20	48	164	50	3	53	58	15	40	113	0	0	0	330
La Mina	93	18	49	160	29	14	43	90	75	4	169	64	5	69	441
La Colorada	106	21	128	255	28	21	49	79	32	51	162	0	0	0	466
2012															
El Ejido E	22	32	64	118	10	94	104	42	79	64	184	0	37	37	444
El Ejido L	94	63	98	254	64	0	64	37	0	8	45	0	0	0	363
La Enea	13	9	38	60	29	130	159	42	36	25	104	27	0	27	350
Santo Dgo	98	29	74	201	143	96	240	30	19	44	93	0	7	7	541
Nuevo Ocú	242	108	104	454	60	98	158	40	0	4	44	3	0	3	659
El Ejido E	15	81	15	111	55	49	104	49	74	62	185	25	13	37	437
El Ejido L	49	129	34	211	62	25	86	13	0	8	21	0	0	0	318
La Enea	136	9	38	183	29	130	159	42	36	25	104	27	0	27	473
La Pasera	112	23	31	167	80	115	195	13	41	31	85	30	5	35	481
Río Sereno	160	136	52	347	48	60	108	42	38	27	107	80	41	121	562

Diseño experimental y análisis estadístico:

Se realizó un análisis por ensayo utilizando el método REML de SAS (Vargas *et al.* 2013); para el cálculo de las varianzas de cada una de las fuentes de variación según el siguiente modelo lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Block_j(Rep_i) + Gen_k + \epsilon_{ijk}$$

En donde:

Y_{ijk} es el tratamiento de interés; μ 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 ε_{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.

Previo al análisis combinado por ensayos, se realizó el análisis individual por localidad. 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 con el siguiente modelo matemático:

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

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. 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.

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 (Zobel *et al.* 1988, Yan *et al.* 2000). El modelo matemático es:

$$Y_{ge} = \mu + \alpha_g + \beta_e + \sum^N \lambda_n Y_g \delta_e + \rho_{ge}$$

En donde:

Y_{ge} es el rendimiento promedio de un genotipo g en un ambiente e, μ es la Media General; α_g es el efecto de las desviaciones de las medias de los genotipos; β_e es el efecto de las desviaciones de las medias del ambiente, λ_n es el valor singular para el PCA; δ_e son los valores de los vectores para cada ambiente (PCA); N es el número de PCA retenidos en el modelo; Y_g son los valores de vectores de los genotipos (PCA) y ρ_{ge} es el error residual.

Análisis de confiabilidad de la respuesta:

El análisis de confiabilidad se realizó a dos variedades seleccionadas por su alto rendimiento a través de los años. Para la confiabilidad o respuesta normalizada (RNi), del i-ésimo genotipo se determinó a partir de los diferenciales de rendimiento con respecto al testigo IDIAP MV-0706 (di). Los valores promedios di y la desviación estándar de las diferencias se estimaron en todos los ambientes

(Sdi). A continuación, se determinó el valor estandarizado (d_i/S_{di}), al cual se le establece la probabilidad normal estandarizada, mediante la tabla de distribución normal tipificada $N(0, 1)$, que proporciona los valores de alfa de la cola (probabilidad de encontrar un valor de Z mayor al indicado). A esta probabilidad se le llama confiabilidad normalizada con respecto al testigo (RN_i) (Córdova *et al.* 1993, Camargo *et al.* 2014). Para separar los valores de RN_i por su significancia estadística se utilizó la prueba Wald.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la precipitación pluvial:

La precipitación pluvial registrada varió a través de las localidades con

precipitaciones acumuladas durante todo el ciclo del cultivo entre 318 y 689 mm. Sin embargo, la precipitación acumulada entre 51 y 100 dds fue la que mejor correlacionó con el rendimiento, obteniendo un coeficiente de determinación de 0,75. El valor del R^2 aumentó a 0,96 cuando se incluyeron los datos de las siembras normales (E) y tardías (L) en la localidad El Ejido del 2010 al 2012 (Figura 1). Este resultado confirma lo expresado por Mc William *et al.* (1999) en donde las etapas más críticas para el rendimiento de grano es después de la floración, donde a mayor precipitación en este período mayor es el rendimiento de grano obtenido.

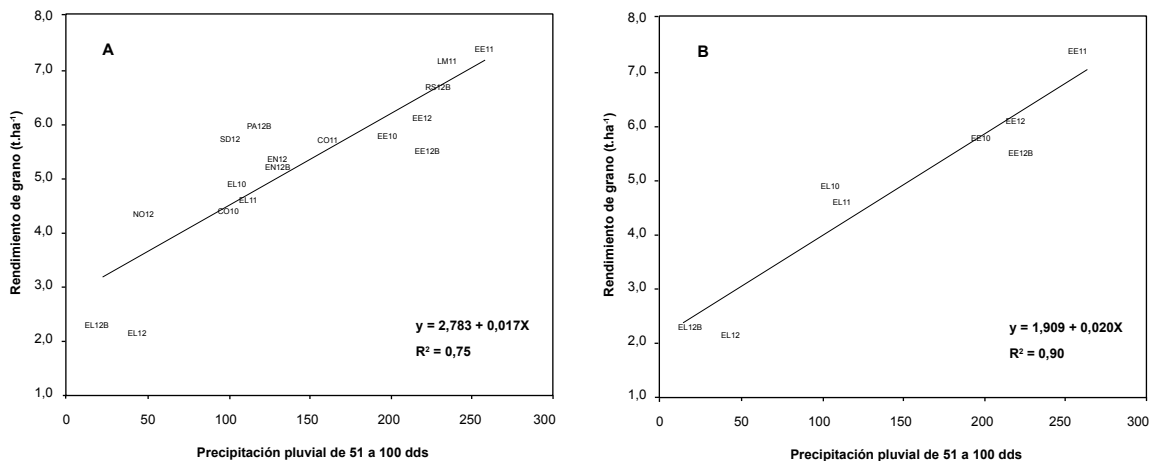


Figura 1. Relación entre la precipitación acumulada en el período de 51 a 100 dds y el rendimiento para todas las localidades (A) y solo El Ejido (B).

Análisis de los ensayos de 2010:

El análisis estadístico por localidad para el rendimiento de grano presentó un valor de repetitividad de cero para La Zumbona, mientras que para el resto de las localidades fue mayor a 0,70.

El análisis combinado de las tres localidades restantes se presentan en el Cuadro 4, son El Ejido E con 0,78; La Colorada con 0,70 y El Ejido L con 0,79. El mismo 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. El análisis para rendimiento presentó mayor varianza entre variedades que entre localidades y la interacción entre estas dos fuentes fue baja.

CUADRO 4. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS. PANAMÁ, 2010.

F de V	Rend	Mas	Fem	Al pt	Al Mz	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	PMz	Pod	Enf	Aca	Aspt	Asmz	Cob	Almz/ Alpt
Variedades	1,06	0,85	1,05	85,9	40,1	0,37	0,48	0,00	187,28	1,76	0,05	4,0	0,03	0,05	1,76	0,000
Localidad	0,44	0,23	0,14	167,8	33,2	0,40	0,32	0,00	77,71	0,65	0,03	48,2	0,01	0,04	0,65	0,001
Loc x Var	0,00	0,40	0,44	13,1	0,0	0,00	0,03	0,00	0,00	1,41	0,01	22,3	0,01	0,00	1,41	0,000
Residuo	0,62	0,48	0,67	78,2	57,4	0,60	0,60	0,01	75,07	5,58	0,09	41,0	0,04	0,05	5,58	0,001
h²	0,91	0,80	0,80	0,83	0,81	0,79	0,81	0,40	0,94	0,56	0,73	0,22	0,76	0,86	0,56	0,00
CV	15,7	1,3	1,5	4,0	6,3	14,6	15,8	10,0	8,5	86,5	11,0	68,8	6,0	6,9	86,5	6,4

F de V = Fuente de variación, Rend = Rendimiento de grano, Mas = Floración masculina; Fem = Floración femenina; Al pt = Altura de planta; Al Mz = Altura de mazorcas; Ptm² = Plantas por metro cuadrado, Mzm² = Mazorcas por metro cuadrado, Mz/Pt = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % Mazorcas podridas, Aca = % Plantas acamadas, Enf = Enfermedades; Aspt= Aspecto de plantas; Asmz = Aspecto de mazorcas; Cob = % Mazorcas con mala cobertura; Almz/Alpt = Relación altura de mazorca y altura de planta.

El rendimiento de grano así como el resto de las variables medidas en los experimentos, se presentan en el Cuadro 5. En este año, sobresalieron las variedades S07TLY-AB02 y S07TLY-AB01 con un rendimiento de grano superior a 6,40 t.ha⁻¹ y un rendimiento normalizado superior a

1,10 (36% por encima de la media general del experimento de 5,0 t.ha⁻¹), le siguieron a este grupo, las variedades S05TLY-SEQ/LN y el testigo IDIAP-MV-0706 con un rendimiento superior a 5,50 t.ha⁻¹.

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. PANAMÁ, 2010.

Variedades	Rend t.ha ⁻¹	Mas días	Fem días	Al pt cm	Al Mz cm	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	PMz g	Pod %	Aca %	AEnf 1-5	Aspt 1-5	Asmz 1-5	Cob %	Rend Norm
1 S07TLY-AB02	6,57	53	56	228	125	6,09	5,81	0,96	114	0,7	3,2	2,5	3,0	3,0	0,7	1,19
2 S07TLY-AB01	6,43	54	57	224	119	5,61	5,56	0,99	120	1,1	4,8	2,4	2,8	2,7	1,1	1,11
3 S05TLY-SEQ /LN	5,84	53	56	234	127	6,21	5,96	0,94	98	3,1	17,7	3,1	3,3	2,9	3,1	0,65
4 Idiap-MV-0706	5,67	54	56	215	117	5,07	4,74	0,93	121	1,0	6,2	2,7	3,0	2,8	1,0	0,52
5 S03TLYQ-AB03	5,48	51	54	233	124	6,03	5,75	0,96	96	0,9	7,7	3,1	3,5	3,1	0,9	0,36
6 SINT-IBP-3	5,45	54	57	241	130	5,43	5,13	0,94	109	2,2	6,8	3,2	3,3	3,2	2,2	0,36
7 S03TLYQ-AB04	5,30	53	56	205	103	5,75	5,51	0,97	96	5,6	3,8	3,0	3,3	3,4	5,6	0,24
8 Idiap-MQ-12	5,29	54	57	224	122	5,72	5,17	0,95	102	1,1	13,5	2,8	3,3	3,0	1,1	0,20
9 S05TLY-AB02	5,27	53	56	234	126	4,66	4,58	0,96	117	1,7	4,4	2,7	3,1	2,8	1,7	0,21
10 S00TLY-AB01	5,23	53	56	231	130	4,78	4,62	0,98	113	2,4	7,3	2,3	3,1	3,0	2,4	0,18
11 S03TLYQ-AB05	5,16	52	55	223	119	5,61	5,37	0,96	99	2,7	9,8	2,8	3,3	3,3	2,7	0,11
12 SINT-IBP-4	5,04	53	56	230	126	5,77	5,22	0,92	94	2,6	12,0	3,0	3,4	3,0	2,6	0,03
13 S03TLYQ-AB01	4,71	54	56	215	114	5,19	4,98	0,97	93	6,3	9,7	2,6	3,3	3,3	6,3	-0,25
14 TSR-90-SINTAM	4,62	55	58	223	126	5,29	4,59	0,92	102	2,9	10,3	2,6	3,1	3,1	2,9	-0,31
15 G26-SEQ-C3	4,61	51	54	222	119	5,12	4,81	0,89	98	3,7	11,1	2,7	3,2	3,3	3,7	-0,29
16 S05TLY-AB01	4,43	55	57	224	120	4,22	3,98	0,93	112	1,1	8,5	2,9	3,1	3,2	1,1	-0,44
17 SINT-AM-TSR	2,79	53	56	207	110	5,06	3,89	0,79	70	3,9	14,5	2,9	3,5	3,6	3,9	-1,70
18 Idiap-MQ-14	2,16	54	57	207	112	3,41	2,93	0,84	73	6,1	16,3	3,1	3,7	3,6	6,1	-2,18
Promedio	5,00	53	56	223	121	5,28	4,92	0,93	101	2,7	9,3	2,8	3,2	3,1	2,7	0,00
DMS 5%	0,91	1	1	12	9	0,90	0,95	0,11	10	3,4	10,7	0,4	0,3	0,3	3,4	0,70

Rend = Rendimiento de grano, Mas = Floración masculina; Fem = Floración femenina; Alpt = Altura de planta; Al Mz = Altura de mazorcas; Ptm² = Plantas por metro cuadrado, Mzm² = Mazorcas por metro cuadrado, Mz/Pt = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % Plantas acamadas, Enf = Enfermedades; Aspt = Aspecto de plantas; Asmz = Aspecto de mazorcas; Cob = % Mazorcas con mala cobertura; Rend Norm = Rendimiento normalizado con media igual a 1,0 y desviación estándar igual a 0.

Estas variedades presentaron número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha superior a la media del experimento, así como el peso de las mazorcas. Su porcentaje de mazorcas podridas fue bajo (menos de 1,5%), así como el porcentaje de plantas acamadas (menos de 5%) y una baja calificación de enfermedades foliares causadas por hongo.

Análisis de los ensayos de 2011:

El análisis combinado de los ensayos del año 2011 incluyó los ensayos de las cuatro localidades sembrados, dado que el análisis individual de cada ensayo presentó una repetitividad de 0,70; 0,60; 0,55 y 0,93 para El Ejido E, La Mina, La Colorada y El Ejido L, respectivamente. En el análisis combinado se presentó una repetitividad de 0,81 para la variable rendimiento y el resto de las variables se presentaron valores superiores a 0,20

excepto el número de mazorcas por planta y la evaluación de enfermedades. En este año, la variabilidad para rendimiento de

grano fue mayor entre localidades que entre variedades (Cuadro 6), indicando la variabilidad de los ambientes.

CUADRO 6. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS. PANAMÁ, 2011.

F de V	Rend	Mas	Fem	Al pt	Al Mz	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	P Mz	Pod	Enf	Aca	Aspt	Asmz	Cob	Al pt/ Al mz
Variedades	0,50	0,19	0,21	16,6	34,0	0,02	0,03	0,00	84,8	1,8	0,00	0,010	0,06	0,032	1,82	0,000
Localidad	1,62	1,81	2,02	356,4	424,7	0,35	0,29	0,00	194,9	1,0	394,0	0,041	0,76	0,041	0,97	0,004
Loc x Var	0,17	0,09	0,00	0,0	16,8	0,05	0,05	0,00	14,4	0,0	67,9	0,000	0,000	0,009	0,00	0,000
Residuo	0,58	0,46	0,57	75,5	33,0	0,11	0,30	0,01	128,9	5,9	85,3	0,078	0,90	0,081	5,95	0,001
h²	0,81	0,70	0,75	0,64	0,80	0,44	0,38	0,00	0,81	0,71	0,00	0,50	0,36	0,72	0,71	0,58
CV	12,4	1,3	1,4	4,0	5,1	5,5	9,6	8,1	10,7	88,1	36,7	16,3	10,1	8,7	88,1	5,4

En el 2011 sobresalieron las variedades de grano blanco S06TLWQ-AB02 y S03TLW-B03 con rendimiento de 7,48 a 6,68 t.ha⁻¹; así como las variedades de grano amarillo S07TLY-AB01, y S07TLY-AB02 con rendimiento de grano superior a 6,50 t.ha⁻¹. Estas dos últimas sobresalen nuevamente, ya que en 2010 estuvieron en el grupo superior para rendimiento de grano. Le siguieron a este grupo las variedades S07TLW-AB y el testigo IDIAP-MV-0706 con un rendimiento superior a 6,00 t.ha⁻¹. El grupo superior de variedades presentan poblaciones a la cosecha superior a 6,10 plantas.m² y número de mazorcas por planta entre 0,93 y 0,97. El peso de mazorcas de las mismas osciló entre 110 y 115 g.

En relación a las enfermedades se presentaron bajos porcentajes de mazorcas podridas (menores a 4%) y calificación de enfermedades al follaje por debajo de 2,0. En relación al porcentaje

de mala cobertura fue menor de 4%. En relación al porcentaje de plantas acamadas, el mismo osciló entre 16 y 33, siendo la variedad de grano blanco S03TLW-B03 la que presentó los valores altos en esta variables (acame y mazorcas podridas) (Cuadro 7).

Análisis de los ensayos de 2012:

El análisis combinado de los dos ensayos del año 2012 incluyó las cinco localidades sembrados de ambos ensayos, dado que el análisis individual de cada ensayo presentó una repetitividad superior a 0,60 en cada uno de ellos. El análisis combinado presentó una repetitividad de 0,87 para el ensayo recibido del CIMMYT y 0,91 para el armado con testigos nacionales para la variable rendimiento. En ambos ensayos, la variabilidad para rendimiento de grano fue mayor entre localidades que entre variedades (Cuadro 8).

CUADRO 7. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS. PANAMÁ, 2011.

Variedades	Rend t.ha ⁻¹	Mas días	Fem días	Al pt cm	Al Mz cm	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt g	P Mz %	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Aspt 1-5	Asmz 1-5	Cob %	Rend Norm
1 S06TLWQ-AB02	7,48	52	55	217	118	6,32	6,15	0,97	121	1,4	18,5	1,6	2,9	3,1	1,4	1,20
2 S07TLY-AB01	6,96	53	56	221	125	6,20	5,87	0,94	118	0,9	26,1	1,5	2,9	2,9	0,9	0,72
3 S03TLW-B03	6,68	52	55	216	118	6,10	5,78	0,95	115	3,9	33,3	1,7	3,1	3,3	3,9	0,51
4 S07TLY-AB02	6,55	52	55	220	118	6,31	5,90	0,93	110	1,4	16,5	1,5	2,9	3,0	1,4	0,30
5 S07TLW-AB	6,25	51	54	209	106	6,19	5,98	0,96	104	2,4	22,0	1,7	3,0	3,3	2,4	0,03
6 Idiap-MV-0706	6,19	53	56	213	109	6,18	5,69	0,92	109	1,9	28,9	1,7	3,0	3,3	1,9	0,16
7 S00TLY-AB01	5,91	52	55	226	117	5,95	5,77	0,98	102	1,6	26,6	1,6	2,9	3,2	1,6	-0,29
8 S05TLWQ-SEQLN-AB	5,31	53	56	210	107	5,71	5,08	0,89	104	5,5	22,6	1,9	2,7	3,6	5,5	-0,84
9 S03TLWQ-AB05	5,22	53	56	213	108	5,78	5,58	0,96	93	4,5	29,7	1,9	3,0	3,4	4,5	-0,92
10 S03TLYQ-AB05	5,15	52	55	213	108	6,31	5,69	0,90	90	4,2	27,6	1,9	3,2	3,5	4,2	-0,87
Promedio	6,17	52	55	216	113	6,10	5,75	0,94	107	2,8	25,2	1,7	3,0	3,2	2,8	
DMS 5%	0,98	1	1	9	8	0,46	0,65	0,09	13	2,5	15,1	0,3	0,3	0,3	2,5	

CUADRO 8. CUADRADOS MEDIOS DEL ANÁLISIS COMBINADO DE LAS VARIABLES MEDIDAS. PANAMÁ, 2012.

CIMMYT	Rend	Mas	Fem	Al pt	Al Mz	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	P Mz	Pod	Enf	Aca	Aspt	Asmz	Cob	Al Mz
Variedades	0,25	0,02	0,05	19	3,3	0,27	0,35	0,00	0	0,0	12	0,01	0,02	0,00	0,0	0,000
Localidad	2,54	3,00	3,90	228	264	0,05	0,71	0,02	477	18,4	462	0,15	0,04	0,29	18,4	0,002
Loc x Var	0,07	0,00	0,00	0,3	6,5	0,06	0,01	0,00	21	2,9	0	0,01	0,00	0,03	2,9	0,000
Residuo	0,33	1,09	1,30	80	57,9	0,17	0,29	0,01	77	9,4	145	0,09	0,10	0,08	9,4	0,001
h ²	0,87	0,20	0,35	0,78	0,39	0,92	0,94	0,69	0,00	0,00	0,55	0,25	0,72	0,00	0,00	0,26
CV	12,2	2,0	2,1	4,3	7,2	6,8	10,4	9,8	9,9	76,4	30,4	19,2	10,3	8,7	76,4	6,3
NACIONAL																
Variedades	1,19	.	0,07	251	147	0,79	0,69	0,01	114	2,7	105	0,01	0,06	0,09	5,6	0,000
Localidad	2,87	.	0,62	406	216	0,18	0,29	0,02	853	42,3	17	0,50	0,01	0,60	23,0	0,002
Loc x Var	0,27	.	0,33	34	1	0,11	0,17	0,00	1	5,3	111	0,01	0,01	0,03	24,1	0,000
Residuo	0,91	.	0,30	85	55	0,46	0,59	0,01	118	8,5	142	0,08	0,08	0,05	39,4	0,001
h ²	0,91	.	0,41	0,95	0,97	0,94	0,90	0,84	0,93	0,62	0,77	0,54	0,86	0,89	0,43	0,05
CV	18,7	.	1,0	4,5	7,1	12,2	16,1	12,6	10,2	53,3	31,9	14,0	9,2	6,4	78,8	6,2

En el ensayo enviado del CIMMYT los cinco genotipos de mayor rendimiento fueron los sintéticos formados en el año 2011 con un rendimiento superior a 4,86 t.ha⁻¹. Las variedades S07TLY-AB01 y S07TLY-AB02 tuvieron un

rendimiento similar y fueron superados estadísticamente por los dos primeros sintéticos del Cuadro 9. Estos a su vez superaron al testigo Guararé 8128 y fueron similares al testigo IDIAP-MV-0706.

En el ensayo con testigos nacionales la variedad S07TLY-AB01 tuvo un rendimiento promedio de 6,99 t.ha⁻¹ y superó estadísticamente a todas las demás variedades evaluadas. Por otro lado, el sintético S07TLY-AB02

con un rendimiento de 6,01 t.ha⁻¹ fue similar estadísticamente al testigo IDIAP-MV-0706 y superior al resto de los testigos. En relación a la variedad de grano blanco S06TLWQ-AB02 tuvo un rendimiento de 5,29 t.ha⁻¹.

CUADRO 9. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y OTRAS CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS PARA LOS DOS ENSAYOS SEMBRADOS. PANAMÁ, 2012.

CIMMYT	Rend	Mas	Fem	Al pt	Al Mz	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	P Mz	Pod	Aca	Enf	Aspt	Asmz	Cob	Rend	Tex
	t.ha ⁻¹	días	días	cm	cm				g	%	%	1-5	1-5	1-5	%	Norm	1-5
1 S11TLYN-AB03	5,37	52	55	214	111	6,38	5,73	0,90	93	4,6	43,5	1,5	2,9	3,4	4,6	0,79	2,7
2 S11TLYN-AB05	5,20	53	55	216	106	6,23	5,80	0,93	87	4,3	40,1	1,4	3,0	3,3	4,3	0,63	2,1
3 S11TLYN-AB01	5,12	53	55	212	106	6,32	5,50	0,88	91	4,0	29,9	1,5	3,0	3,2	4,0	0,51	2,1
4 S11TLYN-AB02	5,07	53	55	218	111	6,32	5,40	0,86	92	3,1	35,8	1,4	2,9	3,2	3,1	0,52	2,3
5 S11TLYN-AB04	4,86	52	55	211	105	6,46	5,39	0,83	88	4,1	36,1	1,5	3,1	3,2	4,1	0,20	2,1
6 S05TLY-AB02	4,72	52	55	215	105	6,36	5,41	0,86	86	3,0	43,0	1,6	3,1	3,1	3,0	0,01	1,4
7 S05TLY-AB01	4,65	53	55	206	105	6,23	5,50	0,89	84	4,6	42,3	1,7	2,9	3,4	4,6	0,00	2,0
8 S07TLY-AB02	4,65	52	55	204	107	6,18	5,11	0,83	89	4,9	40,0	1,6	3,1	3,4	4,9	-0,13	2,5
9 S07TLY-AB01	4,62	53	55	203	104	6,06	5,15	0,84	87	3,4	40,7	1,6	3,0	3,2	3,4	-0,12	1,7
10 S00TLY-AB01	4,46	52	54	210	105	6,04	5,07	0,85	87	2,8	45,7	1,6	3,3	3,2	2,8	-0,28	2,3
11 Idiap-MV-0706	4,32	52	55	204	99	5,54	4,83	0,86	88	6,3	33,3	1,5	3,1	3,3	6,3	-0,40	2,1
12 Guararé 8128	3,32	52	54	212	106	4,51	3,49	0,77	93	2,8	45,3	1,7	3,4	3,4	2,8	-1,72	2,3
Promedio	4,70	52	55	210	106	6,05	5,20	0,86	89	4,0	39,7	1,6	3,1	3,3	4,0		2,1
DMS 5%	0,53	1	1	6	6	0,43	0,41	0,06	9	3,1	8,7	0,2	0,2	0,3	3,1		0,4
NACIONAL																	
1 S07TLY-AB01	6,99	.	56	200	103	6,08	5,71	0,95	122	3,5	32,4	2,0	2,8	2,9	3,6	1,39	1,3
2 S07TLY-AB02	6,01	.	55	202	104	6,08	5,36	0,89	110	3,8	34,1	2,0	2,8	3,2	4,1	0,61	2,1
3 Idiap-MV-0706	5,91	.	55	199	96	5,98	5,45	0,93	105	5,7	25,6	2,0	3,0	3,5	6,7	0,42	2,2
4 S06TLWQ-AB02	5,29	.	56	197	99	5,98	5,35	0,91	96	7,9	24,3	1,8	2,9	3,7	6,6	0,07	1,9
5 Idiap-MQ-12	4,93	.	56	200	104	5,78	5,11	0,89	95	6,6	30,7	2,2	3,1	3,7	10,3	-0,11	1,8
6 Guararé 8128	4,52	.	55	205	105	5,80	4,67	0,81	95	5,8	47,4	2,2	3,5	3,7	11,8	-0,40	1,9
7 S05TLY-SEQ /LN	3,79	.	56	187	97	3,87	3,60	0,96	107	2,7	29,3	2,1	3,4	3,2	2,8	-0,77	2,3
8 Idiap-MQ-14	3,41	.	56	189	97	3,96	3,31	0,85	100	8,8	27,3	2,2	3,3	3,7	11,7	-1,20	2,1
Promedio	5,13	.	56	203	105	5,52	4,75	0,86	107	5,5	37,3	2,1	3,1	3,4	8,0		2,0
DMS 5%	0,96	.	1	10	6	0,65	0,76	0,09	8	3,6	15,8	0,3	0,3	0,3	7,7		0,4

De acuerdo al rendimiento de grano de los tres años de evaluación, sobresalieron las variedades de grano amarillo S07TLY-AB01 y S07TLY-AB02 con una media global entre 6,19 y 5,83 t.ha⁻¹. En este grupo de ensayo sobresalió la variedad de grano blanco S06TLWQ-AB02 con media de 6,26 t.ha⁻¹.

El testigo IDIAP-MV-0706 tuvo un rendimiento promedio en los tres años de 5,46 t.ha⁻¹, mientras que la variedad de mayor uso en el país Guararé 8128 presentó un rendimiento promedio de 3,87 t.ha⁻¹ en los ensayos del 2012. Estas tres nuevas variedades presentan buenas características agronómicas en relación al tamaño de plantas (Cuadro 10).

CUADRO 10. RENDIMIENTO DE GRANO AJUSTADO Y PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE TRES VARIEDADES SELECCIONADAS Y DOS TESTIGOS NACIONALES. PANAMÁ, 2010-2012.

Variedad	Rend t.ha ⁻¹	Mas días	Fem días	Al pt cm	Al Mz cm	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	P Mz g	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Aspt 1-5	Asmz 1-5	Cob %	Al pt/ Al Mz	Tex 1-5
S07TLY-AB01	6,19	53	56	210	111	6,02	5,56	0,92	110	2,5	28,1	2,2	2,9	3,0	2,5	0,53	1,5
S07TLY-AB02	5,83	52	55	212	112	6,16	5,49	0,89	105	3,0	26,1	2,0	3,0	3,2	3,1	0,53	2,3
S06TLWQ-AB02	6,26	52	56	206	107	6,13	5,71	0,94	107	5,0	21,7	1,7	2,9	3,4	4,3	0,52	1,9
Idiap-MV-0706	5,46	53	55	207	104	5,74	5,20	0,91	104	4,2	24,6	2,5	3,0	3,3	4,4	0,50	2,1
Guararé 8128	2,31	52	55	208	105	5,15	4,08	0,79	94	4,3	46,3	2,0	3,5	3,5	7,3	0,50	2,1

Evaluación de la tolerancia al déficit hídrico:

Para la evaluación de la tolerancia de las variedades al estrés causado por déficit hídrico en las principales etapas del cultivo se comparó el rendimiento de las variedades en los ensayos sembrados en distintas fechas de la localidad El Ejido.

Se comparó el rendimiento de grano ajustado de cada ensayo sembrado en fecha temprana (E) y tardía (L), así como el cálculo de la precipitación y

humedad de suelo promedio por fase del cultivo (antes y después de la floración) (Cuadro 11).

La variedad S07TLY-AB01 fue la mejor en ambas fechas de siembra superando a los dos testigos evaluados. Por otro lado, la variedad S07TLY-AB02 superó a los testigos en siembras sin déficit y fue similar al IDIAP-MV-0706 en la siembra tardía o con déficit. El sintético blanco se comportó similar a este último sintético.

CUADRO 11. RENDIMIENTO DE GRANO DE LAS TRES VARIETADES SOBRESALIENTES Y EL TESTIGO IDIAP-MV-0706, ASÍ COMO DATOS DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL Y HUMEDAD DEL SUELO EN LAS FASES ANTES Y DESPUÉS DE FLORACIÓN DEL CULTIVO. EL EJIDO, PANAMÁ, 2010-2012.

	Siembra temprana (sin déficit)				Siembra tardía (con déficit)				Promedios		
	2010	2011	2012a	2012b	2010	2011	2012a	2012b	Temprana	Tardía	Diferencia
S07TLY-AB01	7,33	8,44	6,32	7,45	7,02	5,44	1,86	3,24	7,38	4,39	2,99
S07TLY-AB02	7,26	8,05	6,12	6,57	6,19	4,43	2,02	2,83	7,00	3,87	3,13
S06TLWQ-AB02		8,93		5,08		5,60		2,10	7,00	3,85	3,15
IDIAP-MV-0706	6,31	5,78	5,54	6,82	5,82	5,85	1,66	1,87	6,11	3,80	2,31
Prom del ensayo	5,73	4,90	7,33	4,58	6,08	2,08	5,50	2,23	5,63	3,98	1,66
Ppt 0-50	489	355	222	215	460	217	318	297	320	323	-3
Ppt 51-100	200	259	221	222	106	113	45	21	225	71	154
H Suelo 0-50	139	84	64	64	141	116	107	108	88	118	-30
H Suelo 51-100	143	120	112	113	88	87	40	38	122	63	59

De acuerdo a los datos de precipitación acumulados en cada ensayo (Cuadro 2), se realizó el cálculo de la humedad de suelo por decada en cada ensayo de El Ejido tomando en cuenta que la máxima lámina de agua que se puede acumular es 3 de 150 mm en el perfil en que se desarrollan las raíces del cultivo.

Durante el desarrollo de esta investigación en la estación experimental El Ejido las dos fechas de siembra realizadas cada año permiten desarrollar al cultivo bajo dos tipos de estrés hídrico. El Cuadro 10 muestra el resumen de la lluvia acumulada en las primeras dos fases, según Mc William *et al.* (1999) que va de 0 a 50 dds y en la segunda etapa comprendida entre 51 a 100 dds. En los tres años se observa la disminución de la lluvia en la segunda etapa en comparación a la primera siembra, siendo la mayor

diferencia en los ensayos del 2012 con menos de 50 mm de precipitación acumulada y con poco más de 100 mm en los ensayos de 2010 y 2011.

La baja precipitación se ve reflejada en el promedio de humedad del suelo que se ve en cada una de las dos etapas del cultivo cada año. En la Figura 2 se observan los datos de humedad del suelo de los tres años del estudio y se ve claramente como el ensayo sembrado en fecha tardía (octubre) difiere del ensayo sembrado temprano (agosto) después de los 51 dds. La diferencia se observa en el 2012, coincidiendo con la mayor diferencia en el rendimiento de los ensayos. En el 2012, a partir de los 61 dds se tuvo una humedad de suelo menor a 100 mm, mientras que en 2010 y 2011 estos valores se reportaron hasta pasados los 81 dds.

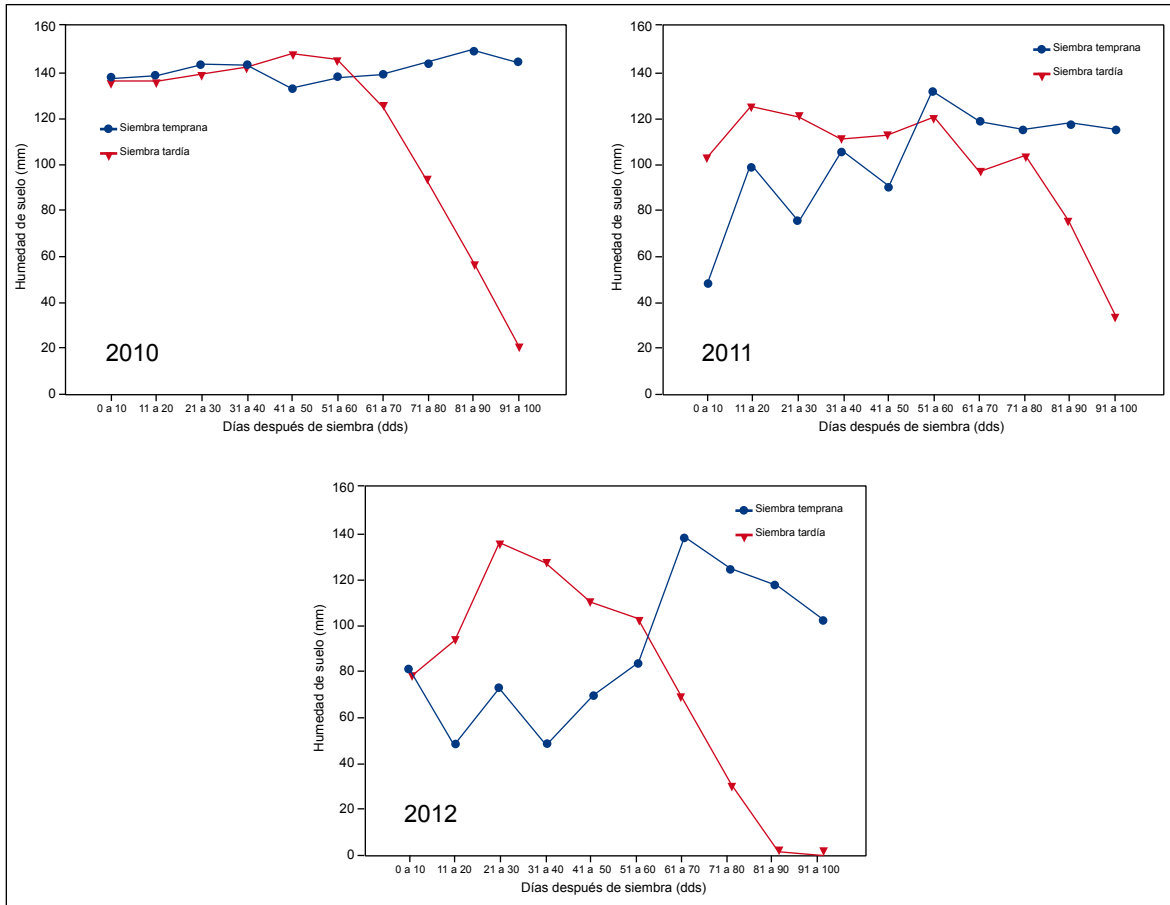


Figura 2. Humedad de suelo según año y fecha de siembra en los ensayos sembrados en El Ejido, Panamá 2010-2012.

Análisis de estabilidad:

En el análisis Biplot GGE-SReg realizado cada año (2010, 2011 y 2012) para interpretar la interacción de los genotipos evaluados en los distintos ambientes se encontró que los dos primeros ejes explicaron el 85% de la interacción con 89,8%; 89,3%; 85,9% y 93,4%, respectivamente. La Figura 3 muestra el Biplot por año y como se comportó cada variedad en los distintos

ambientes evaluados. El análisis indicó que la variedad S05TLY-SEQ-L/N presentó mayor estabilidad en el 2010. Por su parte, las variedades S07TLY-AB01 y S06TLWQ-AB02 fueron las de mayor estabilidad en 2011. Para el 2012 en el ensayo del CIMMYT, la mayor estabilidad la presentó S11TLY-AB05, mientras que para el ensayo nacional fue el sintético S07TLY-AB02.

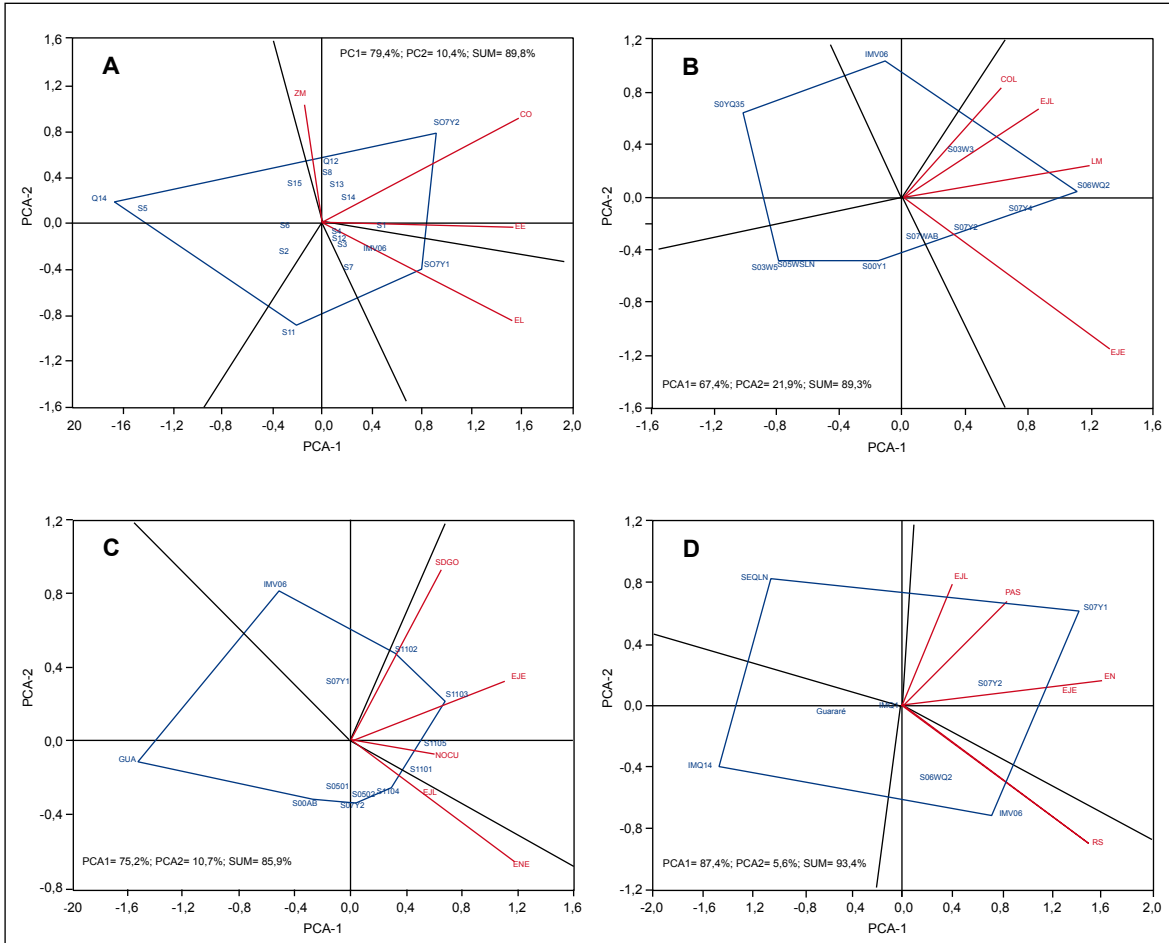


Figura 3. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal (Biplot GGE-SReg) de los distintos ensayos de variedades sembrados los años 2010 (a), 2011 (b), 2012a (c) y 2012b (d), Panamá.

Análisis de confiabilidad o respuesta normalizada:

El análisis de confiabilidad fue significativo tanto para las variedades S07TLY-AB01 como para la S07TLY-AB02 superando al testigo en 0,75 y 0,35 t.ha⁻¹, respectivamente. La prueba de Wald presentó una significancia de 0,02, lo que indica que las pendientes de ambas variedades son distintas a cero. La inclinación de la pendiente observada

en la Figura 4, refleja la variabilidad en el comportamiento de las diferencias a través de todos los ambientes y puede ser o no similar a la respuesta respecto al testigo. De las dos variedades, la S07TLY-AB01 presenta mayor probabilidad acumulada que la S07TLY-AB02 de superar el testigo, lo que sugiere que en promedio es mejor y en más ambientes que el testigo IDIAP-MV-0706.

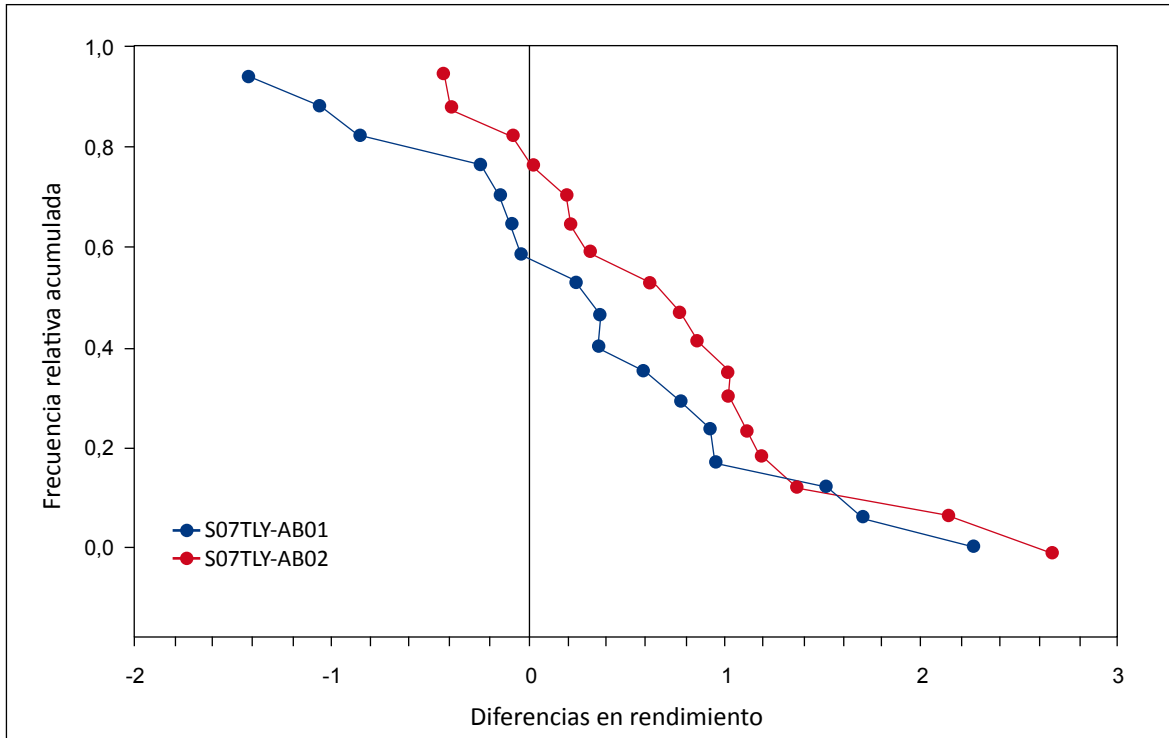


Figura 4. Confiabilidad en función de las diferencias de las variedades de maíz S07TLY-AB01 y S07TLY-AB02 vs el testigo IDIAP-MV-0706, evaluadas en 17 ambientes. Panamá, 2010-2012.

CONCLUSIONES

- Se identificaron tres variedades con tolerancia al déficit hídrico y, también, fueron las mejores en los ensayos desarrollados bajo condiciones favorables de humedad.
- La estrategia de sembrar ensayos en distintas fechas de siembra fue efectivo para identificar cultivares con mayor tolerancia al déficit hídrico.
- La falta de lluvias en la etapa entre 80 y 100 días después de siembra es la más relacionada con el bajo rendimiento que se obtuvo.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, RG; Pereira, LS; Raes, E; Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper 56. Rome, Italy: United Nations FAO.
- 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.
- Camargo, I; Quirós, EI; Camargo, VM. 2014. Selección de nuevos

- genotipos de arroz basados en la probabilidad de superar al testigo. *Agron. Mesoam.* 25(1):63-71.
- Córdova, HS; Barreto, HJ; Crossa, J. 1993. Impacto del desarrollo de híbridos de maíz en Centro América: confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre el genotipo H5 y consideraciones para selección de testigos regionales. Síntesis de resultados experimentales del PRM 4:3-10.
- Gordón Mendoza, R. 2009. Manejo Integral del cultivo de maíz. IDIAP. Panamá. 20 p.
- Mc Williams, DA; Berglund, DR; Endres, GJ. 1999. Corn Growth and Management Quick Guide. NDSU Extension Service. University of North Dakota y University of Minnesota. Consultado 17 Apr. 2015. Disponible en http://library.ndsu.edu/tools/dspace/load/?file=/repository/bitstream/handle/10365/9112/A1173_1999.pdf?sequence=1.
- 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.
- Vargas, M; Combs, E; Alvarado, G; Atlin, G; Mathews, K; Crossa, J. 2013. META: A suite of SAS Programs to Analyze Multienvironment Breeding Trials.
- Vargas, P. 2009. El cambio climático y sus efectos en el Perú. D.T. N°2009-14 Serie de Documentos de Trabajo Working Paper series. 59 p.
- Yan, W; Hunt, LA; Sheng, Q; Szlavnics, Z. 2000. Cultivar Evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40:597-605.
- Zobel, RW; Wright, MJ; Gauch Jr, HJ. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80:388-393.