RENDIMIENTO Y ESTABILIDAD DE HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ CULTIVADOS EN EL CENTRO DE CHIAPAS, MÉXICO[1]

[YIEL AND STABILITY OF EXPERIMENTAL MAIZE HYBRIDS CULTIVATED IN THE CENTER OF CHIAPAS, MEXICO]

Néstor Espinosa Paz[1§], Jesús Martínez Sánchez[1], Rafael Ariza Flores[2], Pedro Cadena Iñiguez[1], Ana Laura Ramírez Córdova[1], Yuri Villegas Aparicio[3]

[1]Campo Experimental Centro de Chiapas-INIFAP. km 3.0 Carretera Ocozocoautla-Cintalapa, C.P.29140, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. [2]Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala - Tuxpan Km. 2.5, Tuxpan, Iguala de la Independencia, Guerrero, México CP. 40000. [3]Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), Ex Hacienda de Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. C.P. 71233. [§]Autor para correspondencia: (espinosa.nestor@inifap.gob.mx).

RESUMEN

Chiapas, ocupa el primer lugar a nivel nacional en la su superficie sembrada de maíz. Anualmente en promedio se siembran 650 mil hectáreas con un rendimiento promedio de 2.0 t ha^{-1} y una producción de 1 300 000 toneladas de grano. Son muchos los factores adversos que determinan la producción de maíz, debido a que el 95% se cultiva bajo condiciones de temporal. El objetivo de la presente investigación fue evaluar híbridos experimentales de maíz por su rendimiento y estabilidad en tres ambientes agroecológicos de la región Centro de Chiapas. En el ciclo agrícola P-V 2017, se evaluaron cinco híbridos experimentales más un testigo bajo un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los híbridos mostraron diferencias significativas ($P<0.05$) para el rendimiento de grano, altura de la planta y mazorca, días a floración y número de granos por hilera, mientras que no mostraron diferencias significativas para la interacción genotipo por ambiente. El genotipo de mayor rendimiento y estabilidad fue DK-390, que se usó como testigo y el ambiente con los rendimientos más altos fue la localidad de Francisco Villa, Villaflores, Chiapas.

Palabras clave: Híbridos de maíz, interacción genotipo×ambiente, rendimiento.

ABSTRACT

Chiapas ranks fourth nationally in the production of corn, due to its planted surface. On average, 650 thousand ha are planted with an average yield of 2.0 t ha^{-1} and a production of 1 300 000 t of grain. Many adverse factors determine the production of corn, because 85% grown under rained conditions. The objective of this research was to evaluate experimental corn hybrids for their yield and stability in three agro-ecological environments of the Central Chiapas region. In the spring-summer 2017 agricultural cycle, evaluated six hybrids under a randomized complete block design with four replications. The hybrids showed significant differences ($P <0.05$) for grain yield. Height of the plant and ear, days to male and female flowering and number of grains per row in the ear, while they did not show significant difference for genotype interaction per environment. The genotype with the highest yield and stability was DK-390, which used as a control and the environment with the highest yields was the town of Francisco Villa, Villaflores, Chiapas.

[1] Recibido: 21 de noviembre de 2018
Aceptado: 10 de diciembre de 2018

Index words: Corn hybrids, genotype×environment interaction, yield.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.), es uno de los granos más antiguos que se conocen, junto al arroz y al trigo constituye un alimento básico para la alimentación humana en partes de América Central, Sudamérica, África, Sudeste Asiático y China. Como grano forrajero está mundialmente difundido. Es un cultivo estratégico para el desarrollo de los países por su capacidad para generar empleo, inversiones, desarrollo regional y por las innumerables oportunidades de crecimiento y progreso que ofrece, tanto en los países que lo producen en gran cantidad, como en aquellos que deben importarlo para abastecer sus industrias (Montenegro, 2016).

En el estado de Chiapas, anualmente se producen en promedio 1 300 000 toneladas de grano en 650 mil hectáreas con un rendimiento de 2.0 t ha^{-1} (SIAP, 2017). Son muchos los factores adversos que determinan su producción, debido a que el 95 % se cultiva bajo condiciones de temporal (lluvias) (Martínez *et al.*, 2018).

En la región Centro de Chiapas, la altitud sobre el nivel de mar varía de 600 a 800 metros, con clima cálido subhúmedo y 1000 mm de precipitación media anual. Aproximadamente, el 80 % de los genotipos usados en la región son semillas genéticamente mejoradas (híbridos de diferente naturaleza) de diferentes empresas y en el resto de la superficie se siembra con variedades nativas, que han mantenido los productores por varias décadas (López *et al*., 2008).

Los programas de mejoramiento genético de la diferentes empresas e instituciones nacionales cuentan con su germoplasma, por lo que generan genotipos con diferente estructura genética; dentro de éstos, forman variedades de polinización libre (VPL), variedades sintéticas (VS), híbrídos de cruza simple (HCS), híbridos de cruza doble (HCD), híbridos trilineales (HTL) e híbridos intervarietales (HIV), para lograr una mayor adaptación a los diferentes ambientes agroecológicos (Ramírez *et al*., 2015; González *et al*., 2016). Por lo tanto, antes de recomendar a los productores un genotipo, se requiere evaluar su respuesta fenotípica en varios ambientes agroecológicos. Por tal motivo en este estudio, se evalúan las características fenotípicas más importantes, como son: altura de planta y mazorca, días a floración masculina y femenina, cobertura de las brácteas de la mazorca, rendimiento del grano y sus componentes morfológicos, entre otros (Márquez, 2009; Martínez *et al*., 2016; Martínez *et al*., 2018).

El rendimiento de grano es una característica cuantitativa, que está determinada por muchos genes que interactúan con los factores bióticos y abióticos (Martínez *et al*., 2016). La interacción genotipo-ambiente y la estabilidad del rendimiento merecen atención primordial, para la evaluación de los genotipos desarrollados en diferentes circunstancias de la producción, por lo que es necesario la integración de los conceptos de estabilidad para definir el comportamiento de cultivares evaluados a través de ambientes contrastantes (Córdova, 1991).

En este caso, es importante definir cuáles son los genotipos sobresalientes para rendimiento de grano, adaptación y estabilidad ambiental, por lo que se evalúan estas propiedades en multi-ambientes para recomendar su uso de manera comercial (Crossa *et al.*, 2006). La adaptación se refiere al mejor comportamiento relativo de un genotipo en la mayoría de los ambientes de prueba, mientras que la

estabilidad hace mención al comportamiento fenotípico de un genotipo en varios ambientes y con un buen rendimiento (Cooper, 1999; Fuentes y Quemé, 2005). Para lograr mayores avances en el mejoramiento genético de una especie, es necesario establecer correctamente las metodologías que se usan en la evaluación de la interacción genotipo x ambiente (GE), para estimar con precisión su respuesta diferencial (Canales *et al.*, 2016). Una de las metodologías para determinar la estabilidad del rendimiento es mediante la magnitud de la desviación a partir de la regresión lineal; es decir, por medio del cuadrado medio de la desviación de la regresión. En este modelo una variedad con media alta, coeficiente de regresión βi=1 y desviación no significativamente diferente de cero (δ2 di= 0) se considera como la variedad estable ideal (Canales *et al.*, 2016).

En el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), que consiste en combinar las técnicas del análisis de varianza y de componentes principales (ACP); el análisis de varianza permite estudiar los efectos principales de genotipos y ambientes, mientras que la interacción genotipo x ambiente (IGA) se trata de forma multivariada mediante el ACP, por lo tanto se realiza una nueva parametrización del modelo de regresión para mejorar la interpretación de la interacción (Zobel, 1988). Utilizando estas herramientas en la presente investigación se planteó el objetivo de evaluar híbridos experimentales de maíz por su rendimiento y estabilidad en tres ambientes agroecológicos de la región Centro de Chiapas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de los sitios experimentales

Los experimentos se establecieron durante el ciclo agrícola Primavera-Verano 2017 en las localidades de Francisco Villa, Villaflores (LN 16° 12´ y LO 93° 20´, altitud de730 msnm); San Luis, Suchiapa (LN 16° 36´ y LO 93° 03´, altitud de 600 msnm) y en Ocozocoautla (LN 16° 46´ y LO 93° 26´, altitud de 800 msnm), ubicados en la región Centro del estado de Chiapas, México. En los tres sitios, el clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y presencia de sequía intraestival durante la segunda quincena de julio y primera de agosto, que contrastan por la intensidad de este fenómeno, la cual fue condición necesaria en la evaluación y selección de genotipos (Córdova, 1991). El suelo es de textura arcillosa, profundo, de mediana fertilidad, plano y sin pedregocidad.

Material genético

Se utilizaron los híbridos experimentales: XT-3402, XT-7605, XT-7602, XT-7604, DK-390 y Pioneer P3966W. Estos dos últimos se usan en siembras comerciales en el Centro de Chiapas. Todos los genotipos mostraron más del 90 % de germinación.

Diseño experimental

Los híbridos se distribuyeron en los tres sitios experimentales, que se establecieron para la siembra en un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (experimentos en serie). La unidad experimental consistió de cuatro surcos de cinco metros de longitud cada uno (16 m^2) y 0.8 metros de separación, mientras que la parcela útil estuvo formada por los dos surcos centrales (8 m^2).

Manejo agronómico

La preparación del terreno en los tres sitios, consistió en un barbecho, rastra y el surcado. La siembra se realizó los días 27, 29 y 28 de junio en las localidades de San Luis, Francisco Villa y Ocozocoautla. En todos los sitios, en la siembra se aplicaron 80 kilogramos de nitrógeno (N), 100 de fósforo y 30 de potasio por hectárea, a los 45 días después de la siembra se aplicaron otros 80 kg de N. Para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* L.) y larvas en el suelo (*Diabrótica spp*.), se aplicó una dosis de 0.48 kg i.a. ha^{-1} de clorpirifos . Para el control de maleza se aplicó atrazina a 0.5 kg i.a. ha^{-1} y paraquat a de 0.5 kg i.a ha^{-1} en preemergencia. Con una población de 62,500 plantas por hectárea. La cosecha se realizó a los 140 días después de la germinación. La precipitación acumulada durante el periodo de cultivo fue de 1 550, 1 250 y 950 mm en Francisco Villa, Ocozocoautla y San Luis, respectivamente, y la temperatura promedio mensual varió entre21 y 23 °C.

Variables evaluadas

Se registraron los días a floración masculina (DFM), días a floración femenina (DFF), altura de la planta (AP), de la mazorca se registraron altura (AM), longitud (LM), diámetro (DM), hileras de grano (HM), granos por hilera (GH) y rendimiento de grano (REND) al 14 % de humedad. Este último se obtuvo con la siguiente ecuación:

REND (kg ha^{-1}) = PCaj x % de grano x Factor de humedad del grano x Factor de conversión a hectárea
Donde:

PCaj= Peso de campo de mazorca por parcela ajustado con la fórmula de IOWA (PCaj= PC (1 + ((fallas/No. de plantas reales) x 0.33)).
% de grano= Peso de grano de cinco mazorcas/peso de cinco mazorcas x 100.
Factor de humedad= (100 – humedad del grano en cosecha) /86.
Factor de conversión a hectárea =10 000 m^2/superficie de la parcela útil (8 m^2).

Análisis estadístico

Al inicio se realizó un análisis de la varianza combinado (ANOVA) para cada una de las variables. Posteriormente, para la evaluación de la interacción genotipo x ambiente (GA) y la estabilidad del rendimiento se aplicó el modelo de efectos aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), que consiste en combinar las técnicas del ANOVA y el análisis de componentes principales (ACP) en un solo modelo. Por lo tanto, el ANOVA permite estudiar los efectos principales de genotipos y ambientes, mientras que la interacción genotipo x ambiente (IGA) se trata de forma multivariada en el ACP, donde se realiza una nueva parametrización del modelo de regresión para mejorar la interpretación de la interacción (Zobel, 1988). La representación gráfica de AMMI se obtuvo por un biplot, el cual mostró el patrón de la interacción. El análisis de varianza se resolvió con el sistema SAS (SAS, 2000), mientras que para el modelo AMMI se utilizó el programa GEA-R (Pacheco *et al*., 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza combinado (Cuadro 1) mostró diferencias estadísticas entre genotipos (G), para las siguientes características: rendimiento de grano, altura de planta, altura de la mazorca, días

a floración masculina, días a floración femenina y número de granos por hilera. Entre ambientes (A) hubo diferencias significativas para las variables antes mencionadas, con excepción del rendimiento de grano, número de hileras y número de granos por hilera. En la interacción genotipo x ambiente (IGA) únicamente hubo diferencias significativas para los días a floración masculina y femenina.

Los valores del coeficiente de variación (CV) fueron de 1.7 (DFF) a 24 % (REND), lo que indica un control aceptable (<25%) de la variabilidad experimental (López *et al.*, 2017). Los resultados de este estudio mostraron una variación fenotípica entre los híbridos evaluados, lo cual permite seleccionar a los más sobresalientes. Resultados similares fueron reportados por Canales *et al*. (2016), al evaluar híbridos trilineales androestériles de maíz en varios ambientes del Valle de Toluca, México. Los ambientes de evaluación representan las condiciones agroecológicas, donde se cultiva el maíz en la región Centro de Chiapas y por ser contrastantes, ya que mostraron efectos diferentes y esta condición es necesaria en la evaluación de germoplasma en proceso de mejoramiento genético (Córdova, 1991). La posible explicación a la no significancia estadística de la IGA es que los genotipos experimentales evaluados, se hayan formado genéticamente con material de origen similar.

Cuadro 1. Significancia estadística del análisis combinado para las diversas características fenotípicas de genotipos de maíz en tres ambientes. Ciclo Primavera – Verano 2017.

Fuente de variación	REND	AP	AM	DFM	DFF	LM	DM	NH	GH
Genotipo (G)	*	**	**	**	**	n.s.	n.s.	**	n.s.
Ambiente (A)	n.s.	**	**	**	**	**	**	n.s.	n.s.
G x A	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	24	6.9	6.9	2.6	1.7	7.3	11.5	5.1	8.6

*y** indican nivel de significancia a p<0.05 y p<0.01, respectivamente; N.S = No significativo; C.V.= Coeficiente de Variación. Las variables REND = Rendimiento de grano (kg ha^{-1}); AP = altura de planta (m); AM = altura a mazorca (m); DFM = días a floración masculina (DDS); DFF = días a floración femenina (DDS); LM = Longitud de mazorca (cm); DM = diámetro de mazorca (cm); NH = número de hileras; GH = granos por hilera.

En el Cuadro 2, se presenta el análisis de Gollob, el cual permite conocer la significancia estadística de los componentes del modelo AMMI; el primer componente (CP1) explicó el 70.81% de la IGA, mientras que el CP2 explicó el 29.17%, ambos no fueron significativos estadísticamente. De manera similar, Canales *et al*. (2016), no encontraron diferencias significativas para los componentes CP1 y CP2 al evaluar ocho genotipos en ocho ambientes de evaluación.

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de la prueba Gollob, para los componentes del modelo multiplicativo AMMI para los seis genotipos evaluados en tres ambientes. Ciclo Agrícola Primavera – Verano 2017.

Fuente de variación	SS	% explicado	% acumulado	GL	CM
ENV	9.33	13.57	13.57	2	4.67n.s
GEN	40.72	59.22	72.79	5	8.14*
ENV*GEN	18.71	27.21	100.00	10	1.87n.s
PC1	13.25	70.81	70.81	6	2.21n.s
PC2	5.46	29.19	100.00	4	1.37n.s
Residuales	104.5625	0	0	54	1.93634

SS = suma de cuadrados; GL = Grados de libertad; CM = Cuadrados medios.

El rendimiento de grano es la característica de mayor interés en los ensayos de evaluación de genotipos de maíz, que está determinado por muchos genes e interactúan fuertemente con las condiciones ambientales (Márquez, 2009: Martínez *et al*., 2016). En el Cuadro 3, se presentan los rendimientos obtenidos en cada ambiente, por lo que se obtuvieron 6.29 t ha^{-1} en promedio en el sitio de Francisco Villa, Villaflores, Chiapas, mismo que superó en un 36 % a los registrados para los sitios experimentales de Ocozocoautla y San Luis, Suchiapa. Estos resultados se deben a que, en Francisco Villa, la precipitación fue mayor y sin presencia de sequía intraestival; sin embargo, en San Luis y Ocozocoautla se presentó un periodo de sequía intraestival (sin lluvia) de 15 y 10 días, respectivamente; esta sequía ocurrió durante el periodo de floración, en esta etapa la planta de maíz es altamente susceptible al déficit hídrico y su demanda es alta (Espinosa-Paz, 1995; Márquez, 2009). En Francisco Villa, Villaflores, el suelo es ácido y se ha manejado bajo labranza cero desde 2013 y en 2015 se realizó la aplicación de cal agrícola de 1 t ha^{-1}, para incrementar el pH del suelo y disminuir a menos de 8 % la saturación de aluminio.

Los genotipos XT 3402, XT 7605 y DK.390 destacaron del resto, con rendimientos de 5.98, 6.08 y 7.21 t ha^{-1} (Cuadro 3), respectivamente, los cuales resultaron similares al testigo. Para la longitud de la mazorca no hubo diferencias significativas entre los genotipos, mientras que por el número de hileras destacó el genotipo DK-390. Estos rendimientos superan al rendimiento promedio regional de 3200 kg ha^{-1}, obtenidos por los productores; por lo tanto, el uso de cualquiera de estos genotipos será económicamente rentable.

Cuadro 3. Prueba de medias de efectos principales para el rendimiento de grano y componentes del rendimiento de seis genotipos de maíz evaluados en tres ambientes. Ciclo Agrícola Primavera - Verano 2017.

Factor	REND	LM	DM	NH	GH
Genotipo					
XT 3402	5.98 ab	16.4 a	4.6 a	15.6 c	35.6 ab
XT 7605	6.08 ab	17.1 a	4.7 a	17.3 b	35.2 ab
XT 7602	5.10 b	16.3 a	4.3 a	13.6 d	35.3 ab
XT 7604	5.36 b	16.7 a	4.7 a	13.9 d	36.1 ab
DK 390	7.21 a	16.3 a	4.6 a	18.4 a	36.9 a
PIONEER 3966W	5.93 b	16.8 a	4.4 a	16.8 b	33.0 b
DSH	1.7	1.5	0.6	0.9	3.6
Ambiente					
Ocozocoautla	5.63 a	|7.1 a	4.7 a	16.1 a	35.9 a
Francisco Villa, Villaflores	6.29 a	16.8 ab	4.8 a	16.0 a	34.7 a
San Luis, Suchiapa	5.46 a	16.1 b	4.3 b	15.8 a	35.4 a
DSH	0.96	0.8	0.36	0.56	2.1

REND = Rendimiento de grano (kg ha^{-1}); LMA = Longitud de mazorca (cm); DMA = Diámetro de mazorca (cm); NH = Número de hileras; GH = Granos por hilera. $^{+}$Medias con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales

En el Cuadro 4, se presentan la altura de la planta, altura de la mazorca, días a floración masculina y días a floración femenina. Los genotipos presentaron una altura de planta promedio de 2.48 a 2.8 m, misma que no fue problema, ya que los genotipos no presentaron acame; además, estos valores son favorables para la producción de forraje como un valor agregado del rendimiento de grano. Con respeto a la altura de la mazorca, los valores son aceptables ya que alturas bajas favorecen la pudrición de la mazorca en climas cálidos, cuando existe un exceso de maleza antes

de la cosecha. La floración de los genotipos se considera aceptable y fueron ligeramente más precoces (55 días) en el sitio de Suchiapa, probablemente se debe a las altas temperaturas de esta localidad y, además, hubo presencia de sequía intraestival, en comparación con los otros dos sitios experimentales. La asincronía entre la floración masculina y femenina en todos los genotipos no es significativa.

Cuadro 4. Prueba de medias de efectos principales para altura de planta, de mazorca y fenología de seis genotipos de maíz evaluados en tres ambientes. Ciclo Agrícola Primavera - Verano 2016.

Factor	AP (m)	AM (m)	DFM (dds)	DFF (dds)
Genotipo				
XT 3402	2.61 abc	1.13 abc	58.7 ab	57.6 a
XT 7605	2.57 bc	1.07 c	59.3 a	58.9 a
XT 7602	2.41 c	1.11 bc	57.9 b	56.3 b
XT 7604	2.72 ab	1.19 ab	59.4 a	58.8 a
DK 390	2.80 a	1.22 a	57.9 b	57.1 ab
PIONEER 3966W	2.48 c	1.10 c	56.4 b	56.5 b
DSH	0.2	0.09	1.2	1.8
Ambiente				
Ocozocoautla	2.86 a	1.23 a	57.9 a	58 b
Francisco Villa, Villaflores	2.27 c	0.94 b	59.7 b	59.7 a
San Luis, Suchiapa	2.67 b	1.23 a	55 c	56.9 c
DSH	0,1	0.05	1.0	0.7

AP = Altura de planta (m); AM = Altura de mazorca (m); DFM = Días a floración masculina; DFF = Días a floración femenina. dds= Días después de la siembra. [+]Medias con la misma letra en la columna no son estadísticamente diferentes.

En el Cuadro 5, se presentan los rendimientos para conocer mejor el comportamiento de cada genotipo en los ambientes de evaluación, destacando en rendimiento promedio los genotipos XT-3402, XT-7605 y DK-390 este último obtuvo el mayor rendimiento en todas las localidades. Sin embargo, en Ocozocoautla los híbridos XT-3402 y P-3966W tuvieron un comportamiento aceptable, XT-7605 lo tuvo en San Luis, Suchiapa y XT-3402 en Francisco Villa, Villaflores con rendimientos superiores a las seis toneladas por hectárea. Estos híbridos son opciones factibles para las regiones maiceras del Centro de Chiapas con características similares a los ambientes de evaluación.

La Figura 1, presenta la gráfica biplot, la cual sirve para conocer mejor la estabilidad de los genotipos a través de los ambientes. Los segmentos representan a los ambientes y los números a los genotipos. De acuerdo con el modelo AMMI, los genotipos ubicados más cerca del origen (eje de coordenadas) presentan mayor estabilidad, que aquellos ubicados más lejos. Por lo tanto, se aprecia que el genotipo DK-390 (5), manifestó mejor estabilidad y mayor rendimiento que los híbridos experimentales.

Cuadro 5. Promedio de rendimiento de grano (kg ha^{-1}) de seis genotipos de maíz evaluados en tres ambientes del centro de Chiapas y valores de las coordenadas de los dos primeros componentes principales. Ciclo Agrícola Primavera - Verano 2017.

No.	Genotipo	Localidades				CP1	CP2
		Ocozocoautla	Suchiapa	Villaflores	Promedio		
1	XT-3402	6.0	4.8	7.1	6.0 AB	-0.01	0.87
2	XT-7605	5.3	6.1	6.9	6.1 AB	0.49	-0.19
3	XT-7602	4.6	5.1	5.6	5.1 B	0.24	-0.23
4	XT-7604	4.8	5.3	6.1	5.4 B	0.35	-0.09
5	DK-390	7.1	7.0	7.5	7.2 A	-0.07	-0.18
6	P-3966W	6.1	4.5	4.6	5.0 B	-1.00	-0.17
	Promedio	5.6 A	5.5 A	6.3 a	5.8		

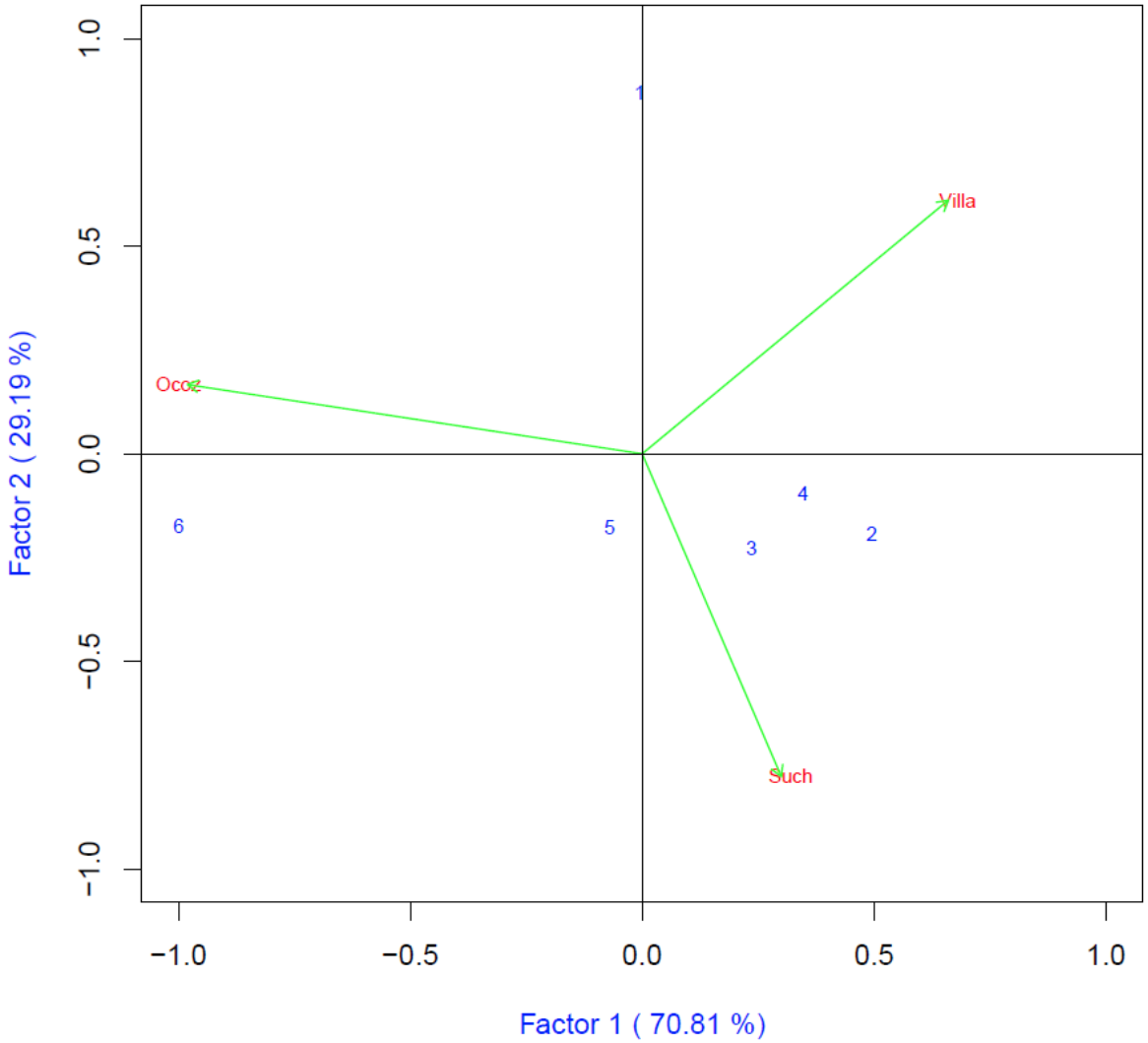

Figura 1. Biplot que muestra el patrón de la IGA en función del rendimiento promedio de seis híbridos de maíz evaluados en tres ambientes. Ciclo Agrícola Primavera – Verano 2017.

CONCLUSIONES

Los híbridos de mayor rendimiento de grano fueron XT-3402, XT-7605 y DK-390. El híbrido de mayor estabilidad a través de localidades fue DK-390, usado como testigo. El ambiente con los rendimientos más altos fue la localidad de Francisco Villa, Villaflores, Chiapas, ubicado en la región Frailesca y mayor productora de maíz. Le siguieron los sitios de Ocozocoautla y San Luis, Suchiapa. La altura de la planta, altura de la mazorca y días a floración masculina y femenina se consideran aceptables para la región Centro de Chiapas.

LITERATURA CITADA

Canales, I.E.I., M. Tadeo R., J.A. Mejía C., J.J. García Z., A. Espinosa C., F. Castillo G., M. Sierra M. y M. Gómez N. 2016. Estabilidad del rendimiento de grano en híbridos trilineales androesteriles de maíz para Valles Altos de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(8): 1815-1827.

Córdova, O.H.S. 1991. Estimación de parámetros de estabilidad para estimar la respuesta de híbridos de maíz (Zea mays L.) a ambientes contrastantes de Centroamérica, Panamá y México. Agronomía Mesoamericana 2: 1-10.

Crossa, J.; J. Burgueño, L. Cornelius P., G. Mclaren, R. Trethowan and A. Krishnamachari 2006. Modeling genotype x environment interaction using additive genetic covariances of relatives for predicting breeding values of wheat genotypes. Crop Sciences 46: 1722- 1733.

Crossa J. y J. Vargas H. 2000. El análisis AMMI y la gráfica de biplot en SAS. Unidad de biometría. CIMMYT, El Batán, México.

Cooper, M. P. 1999. Genotipe x environment interactions, selection response and heterosis. In: Coors, J. G. y Pandey, S. (Eds.). The genetics and explotation of heterosis In: Crops. Crop science society of America. CIMMYT. Madison, Wisconsin, USA. 81-92 pp.

Espinosa-Paz, N. 1995. Comportamiento morfológico, anatómico y fisiológico de variedades de maíz cultivadas en tres agrosistemas bajo deficiencia hídrica en la Mixteca Alta de Oaxaca. Tesis de D.C. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 230 p.

Fuentes, L. M. y R. Quemé W. 2005. Evaluación de híbridos de maíz de gano amarillo y blanco en diferentes ambientes de México y Centro América. Informe del PCCMA Guatemala. Abril 2005.

González, M.J., J. A. López S., B. Estrada D., R. Delgado M., J. A. Pecina M., E. S. Varela F., E. Osorio H. y M. Rocandio R. 2016. Parámetros genéticos y heterosis en líneas derivadas de poblaciones nativas de maíz tropical de Tamaulipas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7(2): 387-399.

López, B. W., A. López L., B. Coutiño E., R. Camas G., B. Villar S., J. López M., V. Serrano A., P. Cadena I., A. Zamarripa M. y C. Sandoval M. 2008. Zonas potenciales y recomendaciones técnicas para la producción sustentable de maíz en Chiapas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Libro técnico Num 1. 228p.

López L.C., M. Tadeo-Roblero, A. Espinosa-Calderón, J.J. García Z., I. Benitez R., Ma. G. Vázquez-Carrillo y J.A. Carrillo-Salazar. 2017. Productividad de cruzas simples con calidad de proteína en Valles Altos de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8(3): 559-370.

Márquez, S. F. 2009. De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II. La hibridación. Agric. Soc. Des. 6(2): 161- 176.

Martínez, S.J., N. Espinosa P. y Y. Villegas A. 2016. Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. Revista Mexicana de Agroecosistemas 3(1): 38-48.

Martínez, S.J., N. Espinosa P., A.L. Ramírez, C., R. Camas G. y Y. Villegas A. 2018. Expresión fenotípica y estabilidad en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. Revista Mexicana de Agroecosistemas 5(1):1-12.

Montenegro, M.A. 2016. Caracterización de la estabilidad del rendimiento de cuatro híbridos de maíz (*Zea mays* L.) a través de rasgos ecofisiológicos asociados a la determinación del número de granos. Tesis profesional. Universidad de Argentina. Argentina. 95 p.

Pacheco, A., M. Vargas, G. Alvarado, F. Rodriguez, J. Crossa and J. Burgueño. 2015. "GEA-R (Genotype x Environment Analysis with R for Windows) Versión 2.0", http://hdl.handle.net/11529/10203 International Maize and Wheat Improvement Center.

Ramírez-Díaz, J. L., A. Ledesma-Miramontes, V.A. Vidal-Martínez, N. O. Gómez-Montiel, J. A. Ruiz-Corral, G. A. Vázquez-Cardelas, J. Ron-Parra, Y. Salinas-Moreno y L. A. Nájera-Calvo. 2015. Selección de maíces nativos como donadores de características agronómicas útiles en híbridos comerciales. Revista Fitotecnia Mexicana. 38(2): 119-131.

SAS Institute. 2002. Statistical Analysis System User's Guide. SAS Institute. Cary. USA. 956 p.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Secretaría de gricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Cierre de producción por estado. Producción nacional de maíz grano. http://www.siap.gob.mx/ cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/

Zobel, R.W., M.J. Wright and H.G. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. Agronomy Journal 80: 388-393.