

Evaluación de las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en diferentes fechas de siembra

Evaluation of morphological and agronomical characteristics of five yellow-maize inbred lines in different sowing dates

Wilmer R. SILVA DÍAZ¹, Yanelly J. ALFARO JIMÉNEZ ² y Ricardo J. JIMÉNEZ APONTE¹

¹Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela (UCV), Maracay, estado Aragua, Venezuela e

²Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, INIA-CENIAP, Zona universitaria vía El Limón, edificio 8 del CENIAP. Maracay, 2101. Estado Aragua, Venezuela.

E-mail: yalfaro@inia.gov.ve y yandyfaro@yahoo.com  Autor para correspondencia

Recibido: 05/06/2009

Primera revisión recibida: 28/10/2009

Fin de primer arbitraje: 19/08/2009

Aceptado: 05/12/2009

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz (*Zea mays* L.) amarillo en la región central del estado Aragua, fueron establecidos cinco experimentos en diferentes fechas de siembra en el campo experimental del INIA – CENIAP, Maracay, Venezuela, bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de seis hileras de 5 m de largo, separadas a 0,80 m, con una planta cada 20 cm. La evaluación de las líneas se hizo en las cuatro hileras centrales, sobre la base de 17 variables morfológicas y agronómicas asociadas con el rendimiento de grano. Los datos fueron analizados por métodos univariados. En el análisis de varianza combinado de fechas por líneas, se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) para número de hileras y número de granos por hilera, y altamente significativa ($p < 0,01$) para días al inicio, 50% y 100% de floración masculina e inicio y 50% de floración femenina, longitud de mazorca, diámetro de mazorca y diámetro de marlo. Las líneas fueron más afectadas en la expresión de sus características y potencial de rendimiento cuando fueron sembradas en las fechas (19-ene-06) y (03-jul-06), coincidiendo la primera fecha con el período más seco y la segunda con el período más húmedo. Los rendimientos más altos se obtuvieron en la fecha de siembra (07-nov-05), la cual coincidió con los picos más altos de radiación solar recibida por el cultivo, lo que pudo ser aprovechado por las plantas para acumular más materia seca. Las variables menos afectadas por la fecha de siembra fueron número de hileras y número de granos por hilera, seguidas por diámetro de marlo. Las líneas desarrolladas en el INIA-CENIAP (80-SUWAN 1 FHC 65-4-2-#-# y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1-#) tuvieron, en general, valores más altos para la mayoría de las variables evaluadas, en comparación con las líneas provenientes del CIMMYT (CML-451, CML-287 y CL-02450). Se concluye que las líneas 80-SUWAN 1 FHC 65-4-2-#-# y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1-# con rendimiento promedio de 4127 y 4391 kg ha⁻¹, respectivamente presentan características adecuadas para ser usadas como progenitores hembras en la producción de semilla híbrida, seguidas de la línea CML-451, con rendimiento promedio de 3005 kg ha⁻¹. Debido a su menor rendimiento, las líneas CML-287 y CL-02450, con rendimiento promedio de 2190 y 1882 kg ha⁻¹, respectivamente, podrían ser donadoras de polen en un programa de mejoramiento.

Palabras clave: *Zea mays*, maíz amarillo, evaluación de líneas, fechas de siembra.

ABSTRACT

With the objective of evaluating the morphological and agronomical characteristics of five yellow-maize inbred lines (*Zea mays* L.) in the central region of Aragua state, five experiments were established in different sowing dates in the experimental field of INIA-CENIAP, Maracay, Venezuela. These lines were planted in 6-rows plots of 5 m in length, separated 0, 80 m apart and thinned to 26 plants row⁻¹. A complete block design with three replications was used and the evaluations were carried out on the inner four rows, considering 17 morphological and agronomical variables associated with grain yield. Data were analyzed by univariate methods. The combined analysis of variance showed significant differences ($p < 0.05$) for both row number and grain number per row). Highly significant differences ($p < 0.01$) were found for days to beginning, 50%, and 100% of male flowering, as well as for days to beginning and 50% of female flowering, ear length, ear diameter, and cob diameter. Lines performance were more affected when planted in the dates (19-ene-06) and (03-jul-06), coinciding the first date with the dry period and the latter with the rainy period. The outstanding yields were obtained in the date (07-nov-05). It coincided with a global radiation peak, which could favour the dry matter accumulation in the line ears. The variables less affected by the sowing date were row number, grain number per row, and cob diameter.

The lines developed at the INIA-CENIAP ('80-SUWAN 1 FHC 65-4-2-#-#' and '92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1-#') had, in general, higher values for the majority of the evaluated variables, in comparison to those of the lines coming from the CIMMYT ('CML-451', 'CML-287', and 'CL-02450'). On the basis of these results, the lines 80-SUWAN 1 FHC 65-4-2-#-# and 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1-#, with 4127 and 4391 kg ha⁻¹ in average yield, respectively can be recommended as female progenitors for hybrid-seed production, following by the CML-451 line, with 3005 kg ha⁻¹ in average. Whereas, the lower yields of the lines CML-287 and CL-02450, with 2190 and 1882 kg ha⁻¹ in average, respectively, suggest their use as pollen donors in a breeding program.

Key words: *Zea mays*, yellow maize, inbred lines evaluation, sowing dates.

INTRODUCCIÓN

La caracterización de cultivares tiene una aplicación práctica importante en el mejoramiento vegetal, tanto para la identificación de genotipos comerciales como para la estimación de relaciones genéticas (Bonamico *et al.*, 2004). Tradicionalmente, numerosos caracteres morfológicos son usados para describir líneas e híbridos de maíz, los cuales son evaluados en distintas etapas de crecimiento de las plantas. La precisión en la evaluación de estos caracteres va a depender del grado de interacción con el ambiente y de los mecanismos genéticos que controlan la expresión de esos caracteres (Smith y Smith, 1989), los cuales no siempre pueden ser interpretados de modo que pueda hacerse una valoración correcta de las diferencias genéticas (Galovic *et al.*, 2006). Sin embargo, los problemas asociados con la interpretación de la descripción morfológica pueden ser minimizados midiendo los caracteres en varios ambientes o limitando las comparaciones en aquellos caracteres en los cuales el efecto de la interacción con el ambiente es menor.

La mejora genética de materiales comerciales de maíz implica gran trabajo y alto costo (Bonamico *et al.*, 2004). En estos programas se desarrollan líneas endogámicas y se requiere que éstas sean altamente homogéneas, homocigotas y reproducibles para que tengan utilidad como parentales de híbridos comerciales. La selección en estas líneas se realiza con base en una diversidad de caracteres, que van a impactar en el comportamiento del híbrido, además de aquellas características que hacen aceptable a las líneas como progenitores. Tales características incluyen: potencial de rendimiento en combinación híbrida, floración masculina y femenina, madurez, resistencia a volcamiento, calidad de grano, resistencia a plagas y enfermedades, altura de planta y de mazorca, entre otras (Bejarano *et al.*, 2000). Al respecto, San Vicente (2007) considera que la evaluación de líneas per se debe adoptarse en el proceso de mejoramiento genético, con el objeto de tener su caracterización, incluyendo los datos sobre

su potencialidad como hembra o macho en la formación de híbridos. A medida que en los programas se adquiere más experiencia, se hace necesario identificar cuáles líneas serán utilizadas como hembras y cuales como polinizadores. Galovic *et al.*, (2006) puntualizan que las líneas progenitoras de los híbridos liberados comercialmente deben ser caracterizadas y descritas por el mejorador de plantas, puesto que la acertada elección de los progenitores representa el éxito del producto final.

La descripción morfológica de líneas, híbridos y variedades cultivadas benefician tanto al mejorador de plantas y productor de semillas como al agricultor y al comerciante del producto final. Una descripción precisa permite que el agricultor y el comerciante adquieran una variedad específica o que el productor de semilla genere un producto que reúna un estándar aceptable de calidad y pureza (Smith y Smith, 1989). Bogenschutz y Russell (1986) destacan que es necesario reproducir las líneas de maíz preservando su integridad original y características deseables a través de generaciones. Por otro lado, la descripción de líneas y variedades es requerida para el registro de la propiedad intelectual.

En la práctica, la caracterización de los híbridos y sus líneas parentales es el resultado de llevar a cabo una serie de experimentos bajo diferentes ambientes de evaluación y prácticas de manejo. Diferencias en el ciclo de madurez de las líneas puede requerir de diferentes fechas de siembra entre las mismas, para que los estigmas del progenitor hembra puedan emerger al mismo tiempo que el polen del progenitor macho es esparcido y garantizar así la producción de semilla híbrida. Kgasago (2006) señala que los genotipos sembrados en diferentes fechas de siembra pasan a través de cada estado de desarrollo en tiempos diferentes y, por lo tanto, bajo condiciones ambientales diferentes, especialmente de temperatura y fotoperíodo. El mismo autor agrega que cada uno de los estados de desarrollo que determinan los componentes de rendimiento ocurrirá bajo condiciones que podrían ser o no favorables, con el

consecuente efecto en el rendimiento de grano o semilla. Al respecto, Pecina-Martínez *et al.*, (2009) señalan que en la evaluación del germoplasma introducido de maíz se deben considerar los efectos ambientales sobre las características fenológicas y morfológicas del cultivo, y no sólo sus características productivas. Esto resultará en la generación de información fidedigna para definir con mayor certeza el potencial para aprovechar dicho germoplasma en un ambiente determinado. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características morfológicas y agronómicas de cinco líneas de maíz amarillo en cinco fechas de siembra en la región central del estado Aragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos fueron establecidos en cinco fechas diferentes de siembra en los lotes C1 e I2 del campo experimental central del INIA-CENIAP, ubicado en el Municipio Mario Briceño Iragorry, Maracay, estado Aragua. El mismo se localiza a 10° 15' latitud Norte y 67° 36' longitud Oeste y sobre una altura de 450 msnm, con un clima según Ewel y Madriz correspondiente a bosque seco tropical (Machín y Pérez, 1999).

Las dos unidades experimentales que fueron utilizadas para la siembra, se caracterizan por presentar texturas que van desde franco a una profundidad de 0-35 cm, hasta franco-arcillo-arenoso a una profundidad de 35-57 cm y franco-arenoso a profundidades de 57-82 cm y de 82-100 cm para los lotes C1 e I2, respectivamente. Durante la preparación del suelo, se realizaron tres pases de rastra y uno de subsolado. Previamente a la misma se tomaron muestras de suelo para los análisis de laboratorio respectivos, a objeto de aplicar la dosis de fertilizante recomendada. Las demás prácticas agronómicas aplicadas fueron las recomendadas para la zona, para satisfacer la demanda del cultivo para el desarrollo normal del mismo.

Cinco líneas endogámicas de maíz amarillo, identificadas como: CML- 451, CL- 02450, CML-287, 80-SUWAN 1 FHC 65-4-2-## y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-##*4-1-#, fueron sembradas en cinco fechas (07-nov-05, 05-dic-05, 21-dic-05, 19-ene-06 y 03-jul-06), bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Las parcelas estuvieron conformadas por seis hileras de 5 m de largo cada una, con 0,70 m de separación y una planta cada 0,20 m.

Las líneas CML-451, CML-287 y CL-02450 fueron introducidas desde el CIMMYT y con las mismas se han formado híbridos de adaptación variable en distintas regiones tropicales de Latinoamérica. Las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-## y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-##*4-1# fueron desarrollados en el programa de mejoramiento genético del INIA-CENIAP. Con todas estas líneas se han generado híbridos experimentales de buen comportamiento agronómico, algunos de ellos ya han aprobado los ensayos regionales del Servicio nacional de semillas (SENASEM) y se requiere conocer el comportamiento de las mismas en diferentes fechas de siembra, para ajustar el referencial tecnológico requerido para la producción comercial de semilla de los híbridos.

Las mediciones de las variables fueron realizadas en veinte plantas de las cuatro hileras centrales de cada parcela, con excepción del registro de los días a floración y cosecha, donde se consideraron todas las plantas de las cuatro hileras. Las características morfológicas de las cinco líneas de maíz amarillo fueron evaluadas con base en los descriptores diseñados para este cultivo (CIMMYT, 1990; IBPGR, 1991). En la etapa de floración fueron evaluadas las siguientes variables: número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración masculina (DIFM) y femenina (DIFF), hasta el 50% de floración masculina (D50FM) y femenina (D50FF) y hasta el 100% de floración masculina (D100FM) y femenina (D100FF), respectivamente, además de la altura de la planta (APL) y de la mazorca (AMZ).

Al momento de la cosecha se contó el número de mazorcas/parcela (NMZ) y se registró el peso (g) de mazorcas/parcela (PMZ). Posteriormente, en una muestra compuesta por diez mazorcas se registraron los datos de las siguientes variables: longitud de la mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DMZ), número de hileras por mazorca (NHILMZ), número de granos por hilera en la mazorca (NGHIL), peso de las mazorcas (PMZ), peso total de granos de la muestra (PTG), porcentaje de humedad del grano (%HUM) y diámetro del marlo o tusa (DM). El peso de grano fue corregido al 12% de humedad y fue utilizado para estimar el rendimiento de grano (REND) en kg ha⁻¹.

Para determinar la relación genotipo-ambiente, en el análisis de los datos fenológicos y de producción se utilizó información de las siguientes

variables climáticas: radiación solar, insolación y precipitación mensual y acumulada, registradas en la estación climática ubicada en el Campo Experimental del INIA – CENIAP.

Para el análisis estadístico de la información se utilizó el programa INFOSTAT versión 1.0 (INFOSTAT, 2002). Se procedió a realizar el ANAVAR combinado de todos los experimentos, a objeto de determinar el comportamiento promedio de las líneas en las diferentes fechas de siembra, así como determinar el efecto de la interacción genotipo-ambiente en las variables evaluadas. En los casos donde la interacción no fue significativa, se realizó el ANAVAR individual (por fecha). En las variables que resultaron estadísticamente significativas se utilizó la prueba de media de Fisher (Steel y Torrie, 1982).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se presenta el ANAVAR combinado de las cinco fechas de siembra evaluadas. En la interacción fecha por línea (F x L) se observó diferencia significativa ($p < 0,01$) para altura de planta (APL), altura de la mazorca (AMZ) y para las variables de floración masculina y femenina, exceptuando días al 100% de floración femenina (D100FF). Estos resultados evidencian las diferencias en el origen genético de las líneas, además del efecto de las condiciones climáticas durante el desarrollo del

cultivo. García y Villa Nova (1995) indican que el crecimiento y desarrollo de las plantas dependen de su constitución genética, además de las condiciones de suelo y del clima en donde se ha establecido el cultivo. Resultados similares para estas variables fueron reportados por Alfaro y Segovia (2000) cuando caracterizaron morfológicamente cultivares de maíz del sur de Venezuela. Bejarano *et al.*, (2000) reportaron diferencias significativas del efecto del ambiente para las variables APL y AMZ, evaluadas en cruzamientos simples de maíz provenientes de líneas con tres niveles diferentes de endocria. Hernández (2007) también observaron diferencias en líneas de maíz para estas características en cada uno de los ambientes de evaluación

En el cuadro 2 se presenta la prueba de media para APL, AMZ y para las variables de floración en las cinco líneas, promedio de cinco fechas de siembra. Las líneas CML-451, CML-287 y CL-02450 fueron estadísticamente similares en cuanto a APL, presentando un porte bajo (alrededor de 1,40 m). Las otras dos líneas fueron estadísticamente diferentes para esta variable, observándose la mayor APL en la línea 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# (1,77 m), lo cual se muestra también para AMZ. En esta última variable las líneas CL-02450 y 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# fueron estadísticamente similares, mientras que las líneas CML-451 y CML-287 presentaron los valores más bajo de AMZ.

Cuadro 1. Análisis de varianza combinado de las características morfológicas y fenológicas altura de la planta (APL), altura de la mazorca (AMZ), número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración masculina (DIFM), número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración femenina (DIFF), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de floración masculina (D50FM), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de floración femenina (D50FF), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 100% de floración masculina (D100FM) y número de días transcurridos desde la siembra hasta el 100% de floración femenina (D100FF) evaluados en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados medios							
		APL	AMZ	DIFM	DIFF	D50FM	D50FF	D100FM	D100FF
Modelo	34	0,12	0,09	63,98	65,17	53,71	71,24	53,69	66,29
Fecha	4	0,38**	0,28**	107,34**	122,23**	110,52**	189,1**	122,87**	206,72**
Repetición	2	0,03	0,02	4,89	6,51	1,58	1,81	2,22	1,2
F x R	8	0,01	4,0E-03	4,57	3,28	4,7	4,46	3,73	4,5
Líneas	4	0,48**	0,34**	391,86**	404,13**	306,47**	380,62**	293,62**	309,05**
F x L	16	0,02**	0,04**	8,26**	4,46**	7,33**	6,49**	7,82**	9,51ns
Error	40	0,01	0,01	1,18	1,51	1,32	1,66	2,58	5,22
Total	74								
C.V. (%)		6,19	11,06	1,8	1,97	1,78	1,95	2,31	3,17

G L: Grados de libertad, **altamente significativo al 1% de probabilidad de error, ns: no significativo
C. V. : Coeficiente de variación

En general, las cinco líneas evaluadas son de porte bajo, debido a la depresión por endocria que ocurre al autofecundar sucesivamente las líneas para lograr la homogeneidad de las mismas (Poehlman y Sleper, 1995). Este efecto fue más evidente en las líneas introducidas desde el CIMMYT, debido al mayor avance en el proceso de endogamia practicado en esas líneas, aunado a la desventaja competitiva frente a las otras dos líneas, las cuales fueron seleccionadas bajo las mismas condiciones agroecológicas en las que fueron evaluadas en el presente trabajo. Bejarano *et al.*, (2000) señalan que la producción de maíz híbrido en Venezuela se ha basado en el uso de progenies de baja a mediana endogamia (líneas S1 a S3), lo cual le permite buena capacidad de amortiguamiento frente a las condiciones ambientales en las zonas de producción.

En el cuadro 2 también se observa que con las variables de floración evaluadas se formaron grupos estadísticamente diferentes, exceptuando D100FF. La línea más precoz fue 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1#, seguida de la línea 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-#, las cuales fueron estadísticamente diferentes entre sí y con las tres líneas restantes. De la Cruz *et al.*, (2003) indican que las líneas son más tardías en la medida que avanza su endogamia, tal como ocurre con las líneas introducidas del CIMMYT. En general, el período de floración inició a los 54 días después de la siembra en la línea más precoz y culminó a los 76 días después de la siembra en la línea más tardía (CL-02450). La línea CML-451 destacó por presentar el período más corto de duración de la floración

masculina (7 días), mientras que el período más largo de duración de la floración masculina y femenina fue observado en las líneas 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# (10 días) y 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# (11 días), respectivamente. Estas dos líneas fueron utilizadas como macho y hembra para la formación del híbrido comercial FONAIAP 1 (Bejarano, 2003), en tanto que las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# y CML-287 intervinieron como macho y hembra en la formación del híbrido comercial INIA 21 (Alfaro y Segovia, 2009). Estos últimos autores también encontraron mayor duración del período de floración de estas dos líneas cuando fueron sembradas el (03-jul-2005) en comparación con las siembras realizadas en el mes de abril del mismo año, siendo el efecto más marcado en la floración masculina de la línea CML-287, aumentando por ende la asincronía floral entre las dos líneas.

Considerando las fechas de siembra (cuadro 3), el periodo más corto de floración (6 y 7 días para la floración masculina y femenina, respectivamente) se observó en la primera fecha de siembra (07-nov-05), coincidiendo con los valores más altos de APL y AMZ, los cuales fueron estadísticamente diferentes de los obtenidos en las otras fechas de siembra. En esta fecha se presentaron dos picos de radiación que favorecieron el desarrollo del cultivo. Adicionalmente, en esta siembra el cultivo se inició con las últimas lluvias del período, continuando su ciclo con riegos suplementarios (Figuras 1 y 2). Por otro lado, el período de floración más largo (12 y 11 días para la floración masculina y femenina,

Cuadro 2. Valores promedio de las características morfológicas y fenológicas altura de la planta (APL), altura de la mazorca (AMZ), número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración masculina (DIFM), número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración femenina (DIFF), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de floración masculina (D50FM), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de floración femenina (D50FF), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 100% de floración masculina (D100FM) y número de días transcurridos desde la siembra hasta el 100% de floración femenina (D100FF) evaluados en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Líneas	APL (cm)	AMZ (cm)	Días a floración masculina y femenina						Duración Floración (días)	
			DIFM	DIFF	D50FM	D50FF	D100FM	D100FF	♂	♀
CML-451	1,36 c	0,51 c	64 b	65 b	67 b	68 b	71 b	74 ns	7	9
CL-02450	1,42 c	0,69 b	65 a	67 a	69 a	71 a	74 a	76 ns	9	9
CML-287	1,40 c	0,56 c	64 b	66 a	68 b	70 a	73 a	76 ns	9	10
80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-#	1,63 b	0,74 b	56 c	58 c	60 c	62 c	65 c	69 ns	9	11
92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1#	1,77 a	0,89 a	54 d	56 d	59 d	60 d	64 c	66 ns	10	10
LSD (0,05)	0,069	0,055	0,80	0,91	0,85	0,95	1,19	ns	-	-

Letras distintas indican que hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error. ns: no significativo en el análisis de varianza

respectivamente) ocurrió en la última fecha de siembra (03-jul-06), en la cual se observó una reducción en la altura de la planta; esta siembra coincidió con el período lluvioso y por ende con mayor nubosidad (Figuras 1 y 2), lo cual afectó el desarrollo del cultivo.

Los resultados anteriores reflejan el comportamiento diferencial de las líneas en las distintas fases de floración, dependiendo de la fecha de siembra. Bodega *et al.*, (1995), también encontraron que la variación en las condiciones ambientales en la época de siembra ocasiona una modificación en el momento de ocurrencia y duración de las etapas fenológicas en maíz. Es importante destacar que el 21 de diciembre ocurre el solsticio de invierno con días más cortos y por ende, el fotoperiodo es de menor duración, por lo tanto, las siembras establecidas en las fechas (05 y 21-dic-05) pudieron verse afectadas por el efecto remanente de este evento hasta la fase de floración. Bolaños y Edmeades (1993), indican que la floración se retrasa progresivamente a medida que el fotoperiodo supera un valor mínimo y agregan que, en general, la mayoría del germoplasma de maíz tropical tiene mucha sensibilidad al fotoperiodo, lo cual puede influir en el retraso en la iniciación de las inflorescencias.

Se observó mayor uniformidad de la duración del periodo de floración masculina y femenina en las fechas (07-nov-05 y 03-jul-06) y la mayor asincronía

floral fue observada en la línea CML-287. Lafitte (2001), afirma que la floración es el evento que permite caracterizar a los cultivares en “tempranos” o “tardíos”, lo cual debe ser considerado en la producción de semilla híbrida, en donde lo más importante es la sincronización de la floración masculina y femenina de las líneas progenitoras. López (1991), señala que un desfase mínimo entre la emisión de polen y la aparición de los estigmas garantiza el buen llenado del grano.

En el análisis de varianza combinado de fechas por líneas, para las variables del rendimiento de grano y sus componentes (Cuadro 4) se observó diferencia significativa ($p < 0,05$) para número de hileras (NHIL) y número de granos por hilera (NGHIL), y altamente significativa ($p < 0,01$) para longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DMZ) y diámetro de marlo o tusa (DM). Las diferencias encontradas en estas variables se debieron principalmente a las diferencias genotípicas entre las líneas, ya que se ha demostrado en numerosos trabajos la alta heredabilidad que presenta estos caracteres. Al respecto, Bejarano *et al.*, (2000) reportaron diferencias genotípicas significativas para todas las variables de rendimiento de grano y sus componentes que fueron evaluadas en cruzamientos simples de maíz provenientes de líneas con tres niveles diferentes de endocria. Rafique *et al.*, (2004) encontraron bajo efecto ambiental para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca y número de hileras, evidenciado por la alta heredabilidad

Cuadro 3. Valores promedios por fecha de siembra de las características morfológicas y fenológicas altura de la planta (APL), altura de la mazorca (AMZ), número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración masculina (DIFM), número de días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de floración femenina (DIFF), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de floración masculina (D50FM), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 50% de floración femenina (D50FF), número de días transcurridos desde la siembra hasta el 100% de floración masculina (D100FM) y número de días transcurridos desde la siembra hasta el 100% de floración femenina (D100FF) evaluados en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fecha de siembra	APL (cm)	AMZ (cm)	Días a floración masculina y femenina						Duración a Floración (días)	
			DIFM	DIFF	D50FM	D50FF	D100FM	D100FF	♂	♀
07-nov-05	1,76 a	0,90 a	59 c	60 c	62 c	63 c	65 d	67	6	7
05-dic-05	1,41 cd	0,63 c	63 a	65 b	66 b	69 a	71 b	74	8	9
21-dic-05	1,35 d	0,58 c	62 a	64 b	66 b	68 b	71 b	74	9	10
19-ene-06	1,59 b	0,58 c	63 a	65 c	67 a	70 a	72 a	76	9	11
03-jul-06	1,47 c	0,71 b	57 d	59 c	62 c	62 c	69 c	70	12	11
LSD (0,05)	0,069	0,055	0,80	0,91	0,85	0,95	1,19	ns	-	-

Letras distintas indican que hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error. ns: no significativo en el análisis de varianza

(mayor de 80%) encontrada para estos caracteres en 14 líneas parentales y 49 híbridos de maíz amarillo; dicha heredabilidad fue variable, dependiendo del genotipo. Da Costa y de Miranda Filho (2008), también reportaron un bajo efecto ambiental para

estas tres variables y para número de granos por hilera en la población de maíz tropical ESALQ-PB-1.

La mayor LMZ se observó en la línea 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# (15,10 cm),

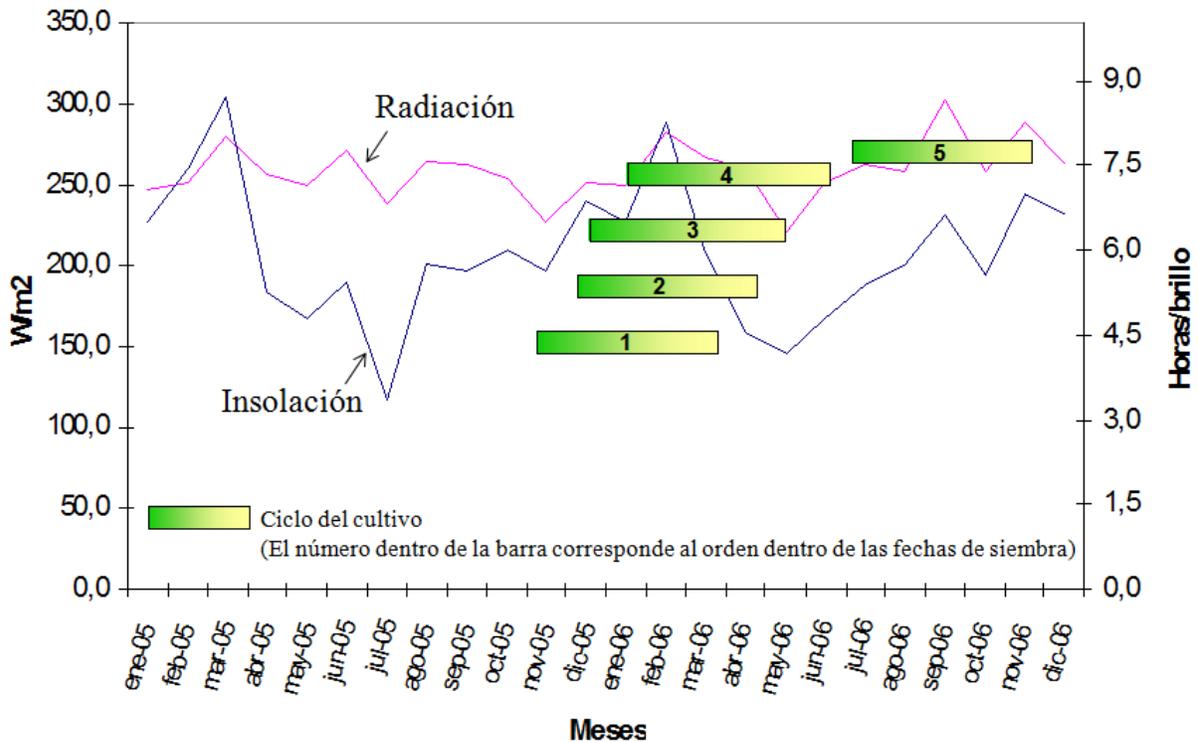


Figura 1. Radiación e insolación registrada en el Campo Experimental CENIAP durante los años 2005-2006 y ciclo del cultivo maíz, promedio de las cinco líneas evaluadas en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua.

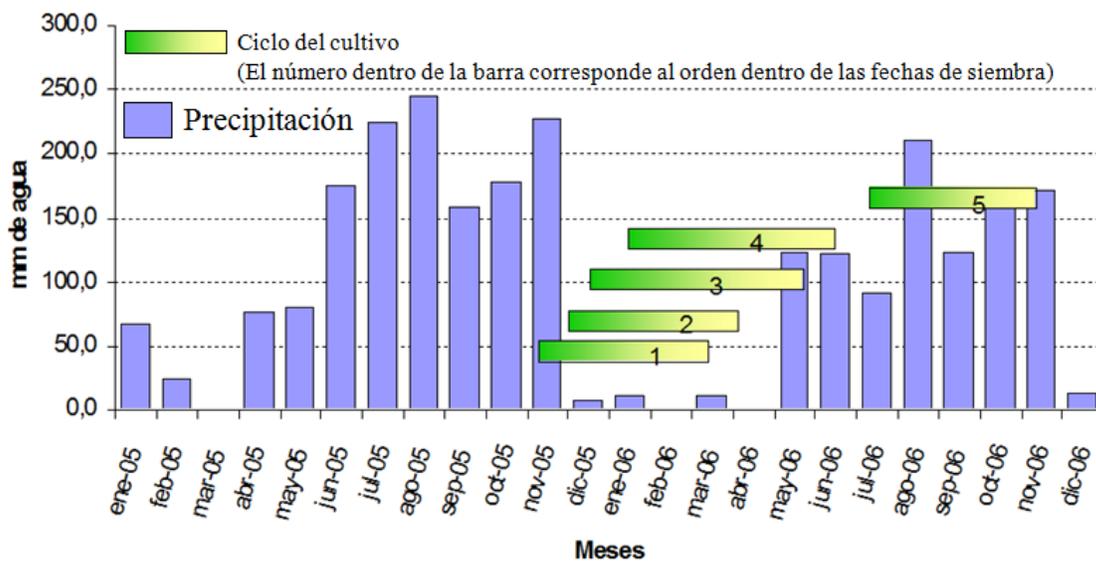


Figura 2. Precipitación promedio anual registrada en el Campo Experimental CENIAP durante los años 2005-2006 y ciclo del cultivo maíz, promedio de las cinco líneas evaluadas en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua.

estadísticamente diferente de los valores obtenidos en las líneas CML-451 (14,43 cm) y CML-287 (13,98 cm), mientras que con las otras líneas (80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# y CL-02450) los valores registrados fueron estadísticamente similares (Cuadro 5). Para la variable DMZ, el mayor valor se presentó en las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1#, estadísticamente similares entre ellas y diferentes de las otras tres líneas. El menor DMZ se observó en la línea CML-287. Por otro lado, el NHIL varió entre 12 y 14 hileras por mazorca, los cuales fueron estadísticamente diferentes, con el menor valor observado en las líneas CL-02450 y CML-287 (Cuadro 5. Estos resultados reflejan la superioridad de las dos líneas que fueron desarrolladas bajo las mismas condiciones agroecológicas de evaluación. Malacarne y San

Vicente (2003) enfatizan que para conocer la utilidad de las líneas élites desarrolladas por el CIMMYT en programas de hibridación en Venezuela es necesario determinar el comportamiento de las mismas en cruzamientos con líneas élites locales. Alfaro *et al.*, (2009) evaluaron híbridos experimentales formados por cruzamientos entre estas cinco líneas y encontraron el mejor comportamiento en el híbrido donde la línea 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# intervino como madre y la línea CML-287 como padre.

Para la variable NGHIL se conformaron tres grupos diferentes estadísticamente: CML-451 con el menor NGHIL, 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# con el mayor NGHIL y las dos líneas restantes con valores

Cuadro 4. Análisis de varianza combinado de los caracteres rendimiento de grano (REND) en kg ha⁻¹ y sus componentes número de mazorcas/parcela (NMZ), peso de mazorcas (g)/parcela (PMZ), longitud de la mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DMZ), número de hileras por mazorca (NHILMZ), número de granos por hilera en la mazorca (NGHIL), diámetro del marlo o tusa (DM) y peso de grano corregido al 12% de humedad (PGC) evaluados en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fuente de Variación	GL	Cuadrados medios								
		NMZ	PMZ	LMZ	DMZ	NHIL	NGHIL	DM	PGC	REND
Modelo	34	658,29	11195,7	2,16	0,71	3,81	86,08	0,14	8,45	3998743,55
Fecha	4	2624,10**	484,883,3**	5,01**	2,93**	0,78ns	50,56**	0,07*	22,01**	10414505,97**
Repetición	2	208,17	1226633,3	1,06	0,03	0,03	10,63	0,02	0,58	262349,77
F x R	8	410,59	1780258,3	0,73	0,09	0,35	10,1	0,02	0,96	455238,62
Líneas	4	1082,80**	48655216,7**	2,73**	2,52**	28,2**	581,66**	0,78**	39,95**	18903594,02**
F x L	16	240,82ns	2712341,7ns	2,17**	0,1**	0,68*	18,49*	0,08**	1,91ns	907392,02ns
Error	40	158,57	2163241,7	0,67	0,04	0,3	8,51	0,03	1,5	710520,36
Total	74									
C. V. (%)		19,64	25,75	5,6	4,18	4,05	10,18	5,46	26,95	27,03

GL: Grados de libertad

*, ** altamente significativo y significativo al 1% y 5% de probabilidad de error, respectivamente ns: no significativo

C. V. : Coeficiente de variación

Cuadro 5. Valores promedios de los componentes del rendimiento de grano, longitud de la mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DMZ), número de hileras por mazorca (NHILMZ), número de granos por hilera en la mazorca (NGHIL) y diámetro del marlo o tusa (DM) de cinco líneas de maíz evaluadas en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Líneas	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHIL	NGHIL	DM (cm)
CML 451	14,43 bc	4,34 bc	14a	22c	2,72c
CL 02450	14,65ab	4,40b	12b	27b	2,89b
CML 287	13,98c	4,24c	12b	25b	2,63c
80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-#	14,05ab	5,01a	14a	36a	3,09a
92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1#	15,10a	5,11a	14a	34a	3,16a
LSD (0,05)	0,603	0,143	0,41	2,15	0,117

Letras distintas indican que hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error.

intermedios. Esta tendencia fue similar para DM, excepto que los menores valores fueron para la línea CML-451 y CML-287, el valor intermedio lo tuvo la línea CL-02450 (Cuadro 5).

Cuando las variables anteriores fueron analizadas por fechas de siembra, los valores más bajos se registraron en la quinta fecha de siembra (03-jul-06) para todas las variables, excepto para DM (Cuadro 6). Las variables menos afectadas por la fecha de siembra fueron NHIL y NGHIL, seguidas por DM (Cuadro 6), lo que confirma las diferencias genotípicas indicadas entre estas líneas para estas variables. El NHIL y NGHIL han sido consideradas de gran utilidad para mejorar el rendimiento de grano de híbridos de maíz (Alvi *et al.*, 2003; Rafique *et al.*, 2004), por lo que su evaluación en líneas parentales es importante para la formación de híbridos y producción de semilla. Hernández (2007) considera que al igual que los híbridos experimentales, las líneas parentales también deben evaluarse en los mismos ambientes para determinar su estabilidad o comportamiento particular a un ambiente

determinado, lo cual daría cierta garantía en la predicción del comportamiento de los híbridos que se formen con esas líneas.

En el Cuadro 7 se aprecia que para la variable NMZ hubo diferencia significativa entre las líneas en una sola fecha de siembra (03-jul-06); mientras que para PMZ ocurrió lo contrario (cuadro 8), se observó diferencias significativas entre las líneas en todas las fechas exceptuando el (05-dic-05), lo cual significa que esta última variable tuvo mayor contribución en la diferenciación del comportamiento agronómico entre las líneas evaluadas.

Considerando los resultados anteriores, en el cuadro 9 se presenta los valores promedios de PMZ de cada línea para las distintas fechas de siembra. En el mismo se observa que para la primera fecha los valores más altos y estadísticamente similares lo presentaron las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-## y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-##*4-1#, las otras tres líneas tuvieron un PMZ estadísticamente similar entre ellas, aunque la línea CML-451 no difirió

Cuadro 6. Valores promedios de los componentes del rendimiento de grano, longitud de la mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DMZ), número de hileras por mazorca (NHILMZ), número de granos por hilera en la mazorca (NGHIL) y diámetro del marlo o tusa (DM) de cinco líneas de maíz evaluadas en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fecha	LMZ (cm)	DMZ (cm)	NHILMZ	NGHIL	DM (cm)
07-nov-05	14,36b	4,45b	14a	30a	2,95ab
05-dic-05	15,07a	5,39a	14a	29a	2,98a
21-dic-05	14,82ab	4,49b	14a	29a	2,89ab
19-ene-06	15,06a	4,49b	14a	30a	2,83b
03-jul-06	13,71c	4,27c	12b	26b	2,84b
LSD (0.05)	0,603	0,143	0,41	2,15	0,117

Letras distintas indican que hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error

Cuadro 7. Análisis de varianza individual para el número de mazorcas/parcela evaluado en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		07-nov-05	05-dic-05	21-dic-05	19-ene-06	03-jul-06
Modelo	6	292,53	523,24	353,31	176,69	635,11
Lineas	4	424,00ns	139,83ns	516,07ns	199,60ns	766,57*
Repetición	2	29,6	1290,07	27,8	130,87	372,2
Error	8	121,6	148,23	261,22	89,7	172,12
Total	14					
C.V. (%)		14,14	18,93	24,71	22,27	18,64

GL: Grados de libertad

*, ** altamente significativo y significativo al 1% y 5% de probabilidad de error, respectivamente ns: no significativo

C. V. : Coeficiente de variación

estadísticamente de la línea 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# para esta variable. Esta tendencia se mantuvo para la tercera fecha de siembra; aunque en este caso las líneas CML-287 y 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# se vieron más afectadas, con una disminución en el PMZ (1534 y 1850 g) respectivamente, en relación al obtenido en la primera fecha de siembra.

En la cuarta fecha de siembra (19-ene-06), el comportamiento de las líneas tendió a ser más uniforme, donde solo la línea 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# tuvo un PMZ estadísticamente superior a las demás; no obstante, los valores registrados en esta fecha fueron más bajos que en las anteriores para todas las líneas. Esta tendencia fue similar para la última fecha de siembra, en este caso la línea 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# se vio afectada positivamente con un incremento en el peso de sus mazorcas, mientras que la línea CML-287 tuvo el menor peso registrado de todas las fechas evaluadas. De acuerdo con estos resultados, la mejor fecha para

la producción de las líneas fue el (07-nov-05), la cual se encuentra entre el período óptimo recomendado para la producción de semilla, conocido como norteverano, en la región central del país (Flores, 2005). Aunque la fecha (03-jul-06) está dentro de los límites de siembra comercial de maíz para grano en el período lluvioso, no es recomendable para la producción de semilla debido a que las condiciones ambientales son desfavorables para la polinización de las líneas y a que las mismas son más susceptibles a las plagas y enfermedades que se presentan en esta época y que afectan la calidad de la semilla. Sin embargo, su evaluación en este período puede ser favorable en la predicción del comportamiento de las combinaciones híbridas que se puedan formar con estas líneas, como lo sugiere Hernández (2007).

En los cuadros 10 y 11 se presenta el ANAVAR y los valores promedios de rendimiento de grano para las líneas y por fechas de siembra. Hubo diferencia significativa entre las líneas para rendimiento de grano en todas las fechas de siembra.

Cuadro 8. Análisis de varianza individual para el peso de mazorcas/parcela evaluado en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		07-nov-05	05-dic-05	21-dic-05	19-ene-06	03-jul-06
Modelo	6	10782500	3858500	10298111	5261000	12252167
Lineas	4	15941000**	2505417ns	15361083*	7329167*	18367917*
Repetición	2	465500	6564667	172167	1124667	20667
Error	8	149300	840292	3483208	1364667	3635042
Total	14					
C. V. (%)		15,81	18,09	27,75	26,45	41,3

GL: Grados de libertad

*, ** altamente significativo y significativo al 1% y 5% de probabilidad de error, respectivamente ns: no significativo

C. V. : Coeficiente de variación

Cuadro 9. Valores promedio para el peso de mazorcas/parcela (g) de cinco líneas de maíz evaluadas en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Línea	Fecha de siembra				
	07-nov-05	05-dic-05	21-dic-05	19-ene-06	03-jul-06
CML 451	7717bc	5867	6600abc	4600b	5400ab
CL 02450	5450c	4250	5567bc	3967b	2017b
CML 287	5417c	4067	3683c	2567b	1983b
80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-#	10250a	6083	8400ab	4083b	7217a
92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1#	9817ab	5867	9383a	6867a	6467a
LSD (0,05)	2301	ns	3514	2200	3590

Letras distintas indican que hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error. ns: no significativo en el análisis de varianza.

En general, los rendimientos más altos se obtuvieron en la primera fecha de siembra (07-nov-05) y los más bajos en la cuarta fecha (19-ene-06). Como fue señalado anteriormente, la primera fecha de siembra coincidió con los picos más altos de radiación solar recibida por el cultivo, lo que pudo ser aprovechado por las plantas para acumular más materia seca.

En las dos primeras fechas de siembra (07-nov-05 y 05-dic-05), el comportamiento de las líneas fue similar en cuanto a la formación de grupos con rendimiento de granos estadísticamente diferente, con un grupo integrado por las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-# y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1# y el otro por las tres líneas restantes, con rendimientos mayores en el primer grupo (5932 y 5727 kg ha⁻¹ para cada línea, respectivamente). Esta tendencia se mantuvo casi igual en las dos últimas fechas de siembra (Cuadro 11). La mayor variación entre líneas para rendimiento de grano se presentó en la tercera fecha de siembra (21-dic-05), pese a que estadísticamente no se detectaron diferencias mayores; sin embargo, desde el punto de vista de la importancia agronómica de la variable rendimiento,

estas diferencias serían de consideración en una siembra para la producción de semilla. De acuerdo con ello, la mejor fecha de siembra para la producción de semilla de estas líneas sería los primeros días del mes de noviembre.

CONCLUSIONES

1. Las líneas fueron más afectadas en la expresión de sus características y potencial de rendimiento cuando fueron sembradas en las fechas (19-ene-06) y (03-jul-06), coincidiendo la primera fecha con el período más seco y la segunda con el período más húmedo.
2. El período más corto de floración de las líneas ocurrió en la primera fecha de siembra (07-nov-05) y el más largo en la última fecha de siembra (03-jul-06), este último coincidió con la época de lluvia y por ende con una mayor nubosidad, mientras que en la primera coincidió con el pico más alto de radiación recibida.

Cuadro 10. Análisis de varianza individual para el rendimiento de grano (kg.ha⁻¹) evaluado en cinco líneas de maíz en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios				
		07-nov-05	05-dic-05	21-dic-05	19-ene-06	03-jul-06
Modelo	6	4893947	1624120	3515283	1799839	3933354
Líneas	4	7253779**	1525177**	5240730*	2624526**	5888950*
Repetición	2	24282	1822008	64390	150462	22160
Error	8	428476	207298	1356267	366094	1194467
Total	14					
C.V. (%)		15,6	16,95	30,39	25,36	43,76

GL: Grados de libertad

*, ** altamente significativo y significativo al 1% y 5% de probabilidad de error, respectivamente ns: no significativo

C. V. : Coeficiente de variación

Cuadro 11. Valores promedio para rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de cinco líneas de maíz evaluadas en cinco fechas de siembra. Maracay, estado Aragua. Años 2005-2006.

Línea	Fecha de siembra				
	07-nov-05	05-dic-05	21-dic-05	19-ene-06	03-jul-06
CML 451	3809b	2414b	3562abc	2352b	2889ab
CL 02450	2728b	2072b	3172bc	1949b	1030b
CML 287	2778b	2046b	2146c	1404b	1036b
80-SUWAN1 FHC 65-4-2-#-#	5932a	3511a	4812ab	2308b	4072a
92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-#*4-1#	5727a	3387a	5468a	3915a	3460a
LSD (0,05)	1233	857	21923	1139	2058

Letras distintas indican que hay diferencia estadística al 5% de probabilidad de error.

3. Las variables menos afectadas por la fecha de siembra fueron el número de hileras, número de granos por hileras y diámetro del marlo o tusa, por lo que su evaluación sería de gran utilidad para caracterizar genotipos y para mejorar el rendimiento de grano en combinaciones híbridas.
4. Las líneas 80-SUWAN1 FHC 65-4-2-## y 92-POB 36 CV HC 144-2-2-B-##4-1# mostraron un comportamiento superior al de las líneas CML-451, CML-287 y CL-02450, en cuanto al porte de la planta y en el rendimiento de grano y sus componentes, lo cual favorece el uso de esas líneas como progenitor femenino en la formación de híbridos.

LITERATURA CITADA

- Alfaro, Y. 2002. Mejoramiento de maíces amarillos. In: Cabrera S. (Ed). Memorias del IX Curso sobre Producción de maíz. Capítulo XII, Mejoramiento Genético. p. 339-347. Acarigua, Estado Portuguesa. Venezuela.
- Alfaro, Y. y V. Segovia. 2009. Formación, evaluación y descripción del híbrido simple de maíz (*Zea mays* L.) amarillo INIA 21. Revista Científica UDO Agrícola 9 (2): 499-508.
- Alfaro, Y. y V. Segovia. 2000. Maíces del Sur de Venezuela Clasificados por Taxonomía Numérica I. Caracteres de la Planta. *Agronomía Trop.* 50 (3): 413-433.
- Alfaro, Y.; V. Segovia, P. Monasterio y R. Silva. 2009. Evaluación del rendimiento, sus componentes y la calidad de grano en híbridos simples de maíz amarillo. *Revista Científica UDO Agrícola* 9 (4): 728-742.
- Alvi, M. B.; M. Rafique, M. S. Tariq, A. Hussain, T. Mahmood and M. Sarwar. 2003. Character association and path coefficient analysis of grain yield and yield components maize (*Zea mays* L.). *Pak. J. Biol. Sci.* 6(2): 136-138.
- Bejarano, A. 2003. Descripción y prueba del híbrido simple de maíz amarillo FONAIAP 1. *Agronomía Trop.* 53 (4): 501-506.
- Bejarano, A.; V. Segovia y C. Marín. 2000. Evaluación de cruzamientos simples de maíz provenientes de líneas con tres niveles diferentes de endocria. *Agronomía Trop.* 50 (3): 461-476.
- Bodega, J. L.; M. A. De Dios, R. Rodríguez y M. M. Pereyra Iraola. 1995. Caracterización agronómica de poblaciones de Alpiste (*Phalaris canariensis* L.). *Revista Facultad de Agronomía Buenos Aires.* 15 (2-3): 161-170
- Bogenschutz, T. G. and W. A. Russell. 1986. An evaluation for genetic variation within maize inbred lines maintained by sib-mating and self-pollination. *Euphytica* 35: 403-412.
- Bolaños, J. and G. O. Edmeades. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. *Field crops Res.* 31: 233-252.
- Bonamico, N.; J. Aiassa, M. Ibañez, M. Di Renzo, D. Díaz y J. Salerno. 2004. Caracterización y clasificación de híbridos simples de maíz con marcadores SSR. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 33 (2): 129-144.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1990. The accession editor for maize germoplasm documentation and networking. México. 42 p.
- Da Costa Andrade, J. A. and J. B. de Miranda Filho. 2008. Quantitative variation in the tropical maize population, ESALQ-PB1. *Sci. Agric.* 65 (2): 174-182.
- De la Cruz L., E.; E. Gutiérrez del Río, A. Palomo G. y S. Rodríguez H. 2003. Aptitud combinatoria y heterosis de líneas de maíz en la comarca Lagunera. *Rev. Fitotec.Mex.* 26 (4): 279-284.
- Flores, Z. 2005. Sistema de semilla certificada en Venezuela. Memorias del primer curso de producción de semillas de maíz para agrotécnicos. Acarigua-Araure, estado Portuguesa.
- Galavić V.; S. Mladnovic D., J. Navalusić and M. Zlokolica. 2006. Characterization methods and fingerprinting of agronomically important crop species. *Genetika* 38 (2): 83-96.
- Garcia, T. y N. Villa Nova. 1995. Epocas de plantio de milho em funcao das deficiencias hidricas no

- solo em Cambara -PR. *Pesq. Agropec. Bras.* 30 (4): 505-514.
- Hernández J., A. J. 2007. Predicción e identificación de híbridos simples de maíz (*Zea mays* L.) mediante marcadores moleculares RAPD y SSR. Tesis Doctoral. UCV; Facultad de Agronomía, Maracay, Venezuela. 137 p.
- INFOSTAT. 2002. InfoStat, Version 1.0. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Bruyas. Argentina. 266p.
- International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR). 1991. Descriptors for maize. International Maize and Wheat Improvement Center. Mexico city. 88 p.
- Kgasago, H. 2006. Effect of planting dates and densities on yield and yield components of short and ultra-short growth period maize (*Zea mays* L.). Thesis of M. Inst. Agrar: Agronomy. University of Pretoria. 108 p.
- Lafitte, H. R. 2001. Fisiología del maíz tropical. *In: el maíz en los trópicos: mejoramiento y producción.* <http://www.fao.org/DOCREP/003/x7650.sos>. (Consultado el 8 de Agosto de 2006)
- López, L., 1991. Cultivos Herbáceos "Cereales". Vol IV. Ediciones Mundi-Prensa. España. 539 p.
- Machin, A. D. y M. R. Pérez. 1999. Evaluación y caracterización de 144 entradas de maíz (*Zea mays* L.) del banco de germoplasma del FONAIAP. Tesis de Grado U. C. V. Maracay. p: 29-70.
- Malacarne, M. F. y F. M. San Vicente G. 2003. Patrones heteróticos de líneas tropicales blancas de maíz. *Agronomía Trop.* 53 (4): 32-40.
- Pecina Martínez, J. A.; M. C. Mendoza Castillo, J. A. López Santillán, F. Castillo González y M. Mendoza Rodríguez. 2009. Respuesta morfológica y fenológica de maíces nativos de Tamaulipas a ambientes contrastantes de México. *Agrociencia* 43 (7): 681-694.
- Poehlman, J. M. and D. A. Sleper. 1995. *Breeding field crops.* 4th ed. Iowa State University Press/Ames. 494 p.
- Rafique, M.; A. Hussain, T. Mahmood, A. Wadood A. and M. Bashir A. 2004. Heritability and interrelationships among grain yield and yield components in maize (*Zea mays* L.). *Int. J. Agri. Biol.* 6: 1113-1114.
- Rood, S. B. and D. J. Major. 1981. Diallel analysis of leaf number, leaf development, rate and plant height of early maturing maize. *Crop Sci.* 21: 867-873.
- San Vicente, F. 2007. Desafíos y avances en el desarrollo de híbridos simples de maíz en Venezuela. XIII curso sobre producción de maíz. ASOPORTUGUESA, Araure, estado Portuguesa.
- Smith, I. S. C. and O. S. Smith. 1989. The description and assessment of distance between inbred lines of maize: I. the use of morphological traits as descriptors. *Maydica.* 34: 141-150.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1982. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach* 2nd ed. McGraw-Hill Inc, New York. N.Y. 633 p.