

PROPUESTA PARA INTEGRAR UN PATRÓN HETERÓTICO DE MAÍZ DE GRANO AMARILLO PARA LA ZONA DE TRANSICIÓN DE MÉXICO. II. EVALUACIÓN DE MESTIZOS Y CRUZAS

A PROPOSAL FOR DEVELOPING A YELLOW MAIZE HETEROTIC PATTERN FOR THE MEXICAN TRANSITION ZONE. II. TOPCROSSES AND CROSSES ASSESSMENT

Alejandro Ledesma-Miramontes¹, José L. Ramírez-Díaz^{1*}, Víctor A. Vidal-Martínez², Alfonso Peña-Ramos³, José A. Ruiz-Corral¹, Yolanda Salinas-Moreno¹ y Ricardo E. Preciado-Ortiz⁴

¹Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 8 Carr. Libre Tepatitlán-Lagos de Moreno. 47600, Tepatitlán, Jal., México. ²Campo Experimental Santiago Ixcuintla, INIFAP. Km 6 Entronque Carr. Internacional México-Nogales. 63600, Santiago Ixcuintla, Nayarit. ³Campo Experimental Pabellón, INIFAP. Km 32.5 Carr. Ags.-Zac. 20600, Pabellón, Ags. ⁴Campo Experimental Bajío, INIFAP. Km 32.5 Carr. Celaya-San Miguel de Allende. 38110, Celaya, Gto.

*Autor para correspondencia (ramirez.joseluis@inifap.gob.mx)

RESUMEN

En México, la reconversión del maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco a amarillo es un programa estratégico para la producción de granos en el país. En la zona agrícola de transición de México (ZTM) ubicada entre 1900 y 2200 m de altitud, existen condiciones ambientales apropiadas para la producción de maíz; sin embargo, la oferta de variedades mejoradas de maíz de grano amarillo es escasa. Para incrementar tal oferta se identificó un patrón heterótico de maíz de grano amarillo con una población subtropical y otra de valles altos. Con el propósito de evaluar el valor genético del patrón heterótico LPC1A RC₁ C₀ F₂ x INIFAP-Amarillo Dentado-3 para generar híbridos comerciales de maíz de grano amarillo para la ZTM, se hicieron mestizos a partir de líneas S₂ derivadas de la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 en los que la población LPC1A RC₁ C₀ F₂ se empleó como probador. Los mestizos se evaluaron en cuatro localidades, tres ubicadas en la ZTM y otra en la zona subtropical. Las líneas sobresalientes por aptitud combinatoria general se cruzaron con dos probadores de cruza simple subtropicales, en los que un progenitor de cada cruza se derivó de la población LPC1A RC₁ C₀ F₂. Las cruza trilineales se evaluaron en tres localidades ubicadas en ZTM. Se registraron datos agronómicos de planta y mazorca y se determinó la aptitud combinatoria general y específica. Se concluyó que el patrón heterótico de maíz de grano amarillo, INIFAP-Amarillo Dentado-3 x LPC1A RC₁ C₀ F₂, fue efectivo para producir híbridos de maíz para la ZTM, pues algunos de los mestizos e híbridos generados fueron hasta 7 d más precoces y tuvieron rendimiento de grano estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) o hasta 17 % mayor que los testigos comerciales.

Palabras clave: *Zea mays*, aptitud combinatoria, diversidad genética, heterosis.

SUMMARY

In México, reconversion from white to yellow grain maize is a strategic grain production program for the country. The transition zone of México (ZTM), located between 1900 to 2200 m of altitude, is environmentally appropriate for maize production. However, improved, yellow grain maize varieties production is limited. As a strategy for increasing the offer, a heterotic yellow grain maize pattern was identified from a subtropical population (LPC1A RC₁ C₀ F₂), and a tropical high valley's population (INIFAP-Amarillo Dentado-3). This research evaluated the heterotic pattern of the LPC1A RC₁ C₀ F₂ x INIFAP-Amarillo Dentado-3 hybrid, for commercial development of yellow grain maize

hybrids for ZTM. We developed test-crosses from S₂ lines derived from the INIFAP-Amarillo Dentado-3 population, where population LPC1A RC₁ C₀ F₂ was used as a tester. Testcrosses were evaluated in four locations, three of them located in ZTM, and one more in a subtropical location. The outstanding lines for general combining ability were crossed to two subtropical single crosses, where one progenitor of each cross was derived from the LPC1A RC₁ C₀ F₂ population. Three-way crosses were evaluated in three locations of ZTM. Agronomic data for plant and ear were recorded and used to estimate general and specific combining ability. It was concluded that the yellow grain maize heterotic in pattern LPC1A RC₁ C₀ F₂ x INIFAP-Amarillo Dentado-3 is an alternative for developing maize hybrids for ZTM; some of the test-crosses and hybrids in this research were up to 7 d earlier, and grain yield was statistically equal ($P \leq 0.05$) or up to 17 % greater than commercial controls.

Index words: *Zea mays*, combining ability, genetic diversity, heterosis.

INTRODUCCIÓN

En México, la reconversión del maíz (*Zea mays* L.) de grano blanco a amarillo es un programa estratégico para la producción de granos en el país (SAGARPA, 2013). Esta reconversión se inició en el año 2000, pero su avance ha sido lento pues las variedades comerciales de grano amarillo disponibles en el mercado en esa época producían entre 6 y 35 % menos que las de grano blanco (Ramírez *et al.*, 2004; 2013), ya que los programas genotécnicos se habían concentrado en el desarrollo de híbridos de grano blanco. Ahora existe mayor oferta de variedades mejoradas de maíz de grano amarillo, y se han reducido las diferencias en rendimiento de grano con respecto a los híbridos de grano blanco. Sin embargo, aún falta incrementar la estabilidad del rendimiento a través de años y localidades, la tolerancia al acame y a pudriciones de tallo y mazorca.

La heterosis o vigor híbrido es un fenómeno que se explota en los híbridos comerciales de maíz y está asociada positivamente con la diversidad genética de las líneas parentales (Melchinger, 1999). En México la heterosis se ha

utilizado al combinar germoplasma de diferentes regiones ecológicas; tal es el caso de la Zona de Transición de México (ZTM), ubicada en regiones entre 1900 y 2200 m de altitud, cuyas características ambientales restringen el desarrollo del germoplasma tanto subtropical como de valles altos. Sin embargo, con la combinación de ambos tipos de germoplasma se formaron los híbridos comerciales de grano blanco H-133, H-135 (Espinosa y Carballo, 1987), y H-153 (Espinosa *et al.*, 2002) con alto potencial de rendimiento.

La estrategia en el Programa de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para producir híbridos para la ZTM, ha sido mediante la combinación de líneas o cruza simples subtropicales y de valles altos, lo que se considera un tanto restrictivo debido a que no existe un patrón heterotípico interregional que mantenga un flujo continuo de nuevos progenitores (Ramírez *et al.*, 2013). Un programa de mejoramiento genético de maíz basado en patrones heterotípicos es fundamental debido a que da orden a la formación de híbridos, permite orientar la introducción de germoplasma, sistematizar el trabajo y reducir costos de evaluación de las progenies seleccionadas. Asimismo, existe la opción de hacer combinaciones entre patrones heterotípicos existentes y con ello ampliar las alternativas de formar híbridos (Ramírez *et al.*, 2007).

Para fortalecer la estrategia de formación de variedades mejoradas de maíz de grano amarillo para la ZTM, se generó un patrón heterotípico de maíz de grano amarillo con una población subtropical y otra de valles altos (Ramírez *et al.*, 2013), en las cuales se seleccionaron progenies y se desarrollaron híbridos que se evaluaron en la ZTM. El objetivo de esta investigación fue evaluar el valor genético del patrón heterotípico LPC1A RC₁ C₀ F₂ x INIFAP-Amarillo Dentado-3, para formar híbridos comerciales de maíz de grano amarillo para la ZTM.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético que se utilizó fueron las poblaciones LPC1A RC₀ F₂ e INIFAP-Amarillo Dentado-3; la primera es de origen tropical-subtropical (Ramírez *et al.*, 2007), y la segunda se constituyó con germoplasma de valles altos y de la raza Zamorano Amarillo; ambas poblaciones conforman el patrón heterotípico para la ZTM (Ramírez *et al.*, 2013).

Formación y evaluación de mestizos (línea x probador)

En el ciclo agrícola de Primavera-Verano (PV) 2004 y en condiciones de temporal (secano), se derivaron 198 líneas S₁ de la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 en la localidad de Tepatitlán, Jalisco, ubicada a 1900 m de altitud, y

luego se avanzaron a S₂ en el ciclo PV 2005. A la cosecha se seleccionaron 145 líneas por su tolerancia a pudriciones de mazorca y al acame de raíz y tallo, las que se sembraron en condiciones de riego en el ciclo agrícola de Otoño-Invierno (OI) 2005-2006, en un lote aislado en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla ubicado en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. En los mestizos se utilizó como probador a la población subtropical LPC1A RC₁ C₀ F₂. En la etapa de floración, las líneas se desespigaron antes de que las espigas liberaran el polen. A la cosecha, se seleccionaron sólo 44 mestizos por su tolerancia al acame y a pudriciones de la mazorca.

Los mestizos se evaluaron en el ciclo agrícola PV 2006 en tres localidades de la zona de transición (Tepatitlán y Arandas, Jalisco, y Morelia, Michoacán) y en una localidad subtropical (Celaya, Guanajuato). En Tepatitlán y Arandas se sembró en condiciones de temporal, y en Morelia y Celaya con punta de riego. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con dos repeticiones, tamaño de parcela de un surco de 4.0 m de longitud y 0.80 m de ancho, y densidad de población de 62,500 plantas/ha. El manejo agronómico de los experimentos se hizo con base en el paquete tecnológico para maíz generado por el INIFAP en las localidades de prueba. Se tomaron datos de rendimiento de grano (kg ha⁻¹), número de días a floración masculina y femenina, porcentaje de acame de raíz y de tallo, altura de planta y de mazorca (cm), y se calculó la aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas en cada una de estas variables, conforme lo indicado por Sprague y Tatum (1942).

Formación y evaluación de híbridos trilineales

Con base en la prueba de mestizos, se seleccionaron ocho líneas S₂ con buena ACG para rendimiento de grano, precocidad y tolerancia al acame, que se sembraron en los ciclos agrícolas PV 2007 y 2008 en condiciones de temporal, en Tepatitlán, Jal. para obtener las generaciones S₄ y S₅, respectivamente. Se hizo selección entre y dentro de líneas por tolerancia al acame de raíz y tallo y a pudriciones de mazorca, para seleccionar finalmente 31 líneas, 14 líneas S₄ y 15 S₅.

Para obtener las cruza trilineales se aplicó el esquema de combinación propuesto por Ramírez *et al.* (2013), donde las líneas S₄ seleccionadas de la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 representan al germoplasma de valles altos, y las cruza simples (LPC1A RC₁ C₀ F₁-81-1S x LB-18A RC₁ C₀ F₁-67-1-4A+) y (LPC1A RC₁ C₀ F₁-85-1A-1 x LB-18A RC₁ C₀ F₁-37-2-1A+) al subtropical. Estas cruza probadoras pertenecen al patrón heterotípico subtropical LPC1A RC₁ C₀ F₂ x LB-18A RC₁ C₀ F₂ (Ramírez *et al.*, 2007), y se seleccionaron a través de ambientes por su alto potencial de rendimiento de grano y tolerancia al acame (estos datos se

pueden consultar con el autor). La relación entre las líneas S_4 y las cruza simples seleccionadas radica en que la población LPC1A RC₁ C₀ F₂ se utilizó como probador en la formación de mestizos. En la Figura 1 se presenta el esquema de cruzamientos.

Las cruza trilineales se hicieron mediante polinización controlada en el ciclo OI 2008-2009 en condiciones de riego, en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla; con base en el Diseño II de Carolina del Norte (Comstock y Robinson, 1948), donde las líneas S_4 y S_5 se utilizaron como machos y las cruza simples como hembra. En el ciclo agrícola PV 2009 se evaluaron en un ensayo uniforme 61 cruza trilineales (29 líneas comunes a los dos probadores y tres no) y tres testigos, en las localidades de Tepatitlán, Jal., Morelia, Mich., y Pabellón, Ags. En Tepatitlán se sembró en condiciones de temporal, y en Morelia y Pabellón en punta de riego. Se usó el diseño experimental látice simple 8 x 8 con dos repeticiones, tamaño de parcela de un surco de 4.0 m de longitud con 0.80 m de ancho, y densidad de población de 75,000 plantas/ha. El manejo agronómico de los experi-

mentos correspondió con el paquete tecnológico de maíz generado por el INIFAP en cada una de las localidades de prueba. Se registraron las mismas variables que en la prueba de mestizos.

Análisis estadístico

Se hizo un análisis estadístico combinado en todas las variables de estudio. En los mestizos se utilizó el modelo mixto que consideró a éstos como una muestra aleatoria de líneas de la población Amarillo Dentado-3 para probar la hipótesis $H_0: \sigma_m^2 = 0$ vs $H_A: \sigma_m^2 \neq 0$ (Snedecor y Cochran, 1974), donde: σ_m^2 = varianza de mestizos. Nótese que no se cumple totalmente el supuesto de aleatoriedad debido a que hubo selección; pero se consideró que el sesgo sería mínimo debido a que la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 es de amplia base genética, ya que se formó con 52 cruza simples amarillas de ciclo precoz de valles altos recombinadas libremente y en coexistencia con el Criollo Amarillo Zamorano (Ramírez *et al.*, 2013).

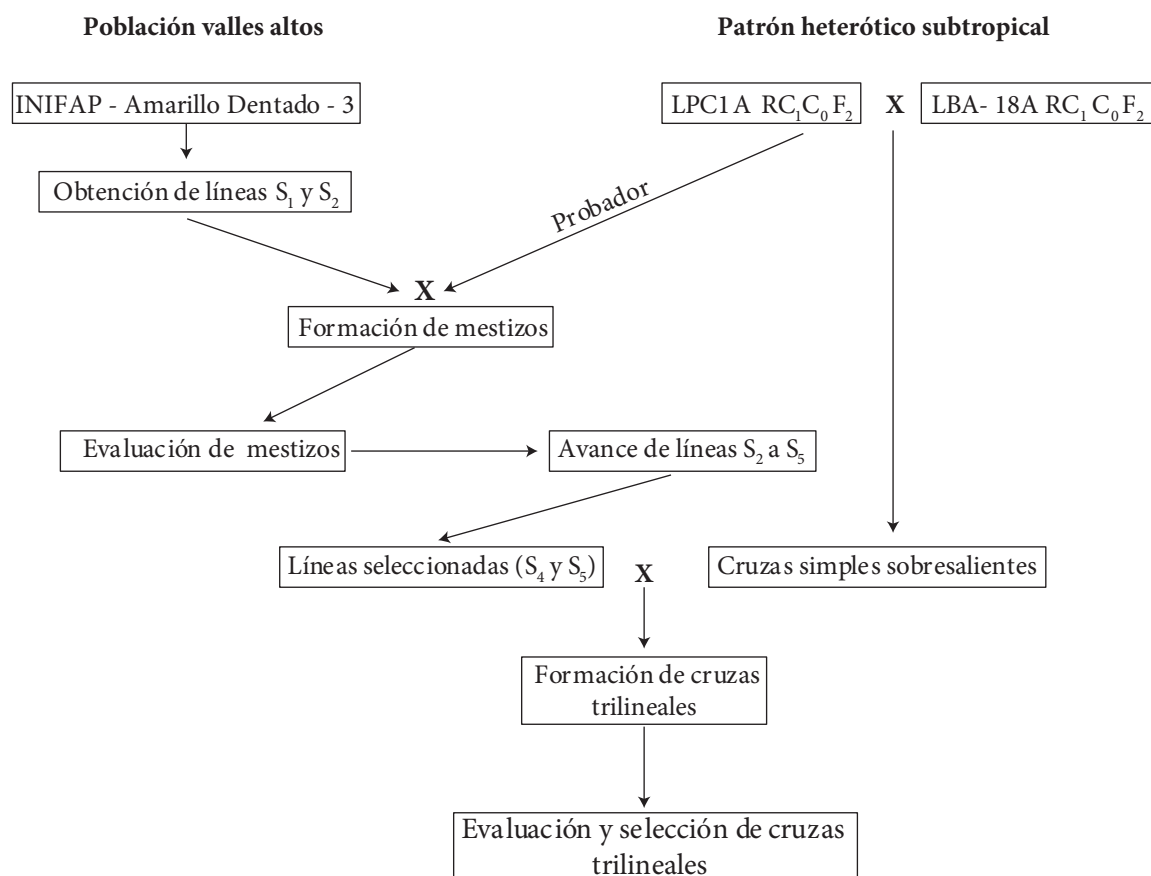


Figura 1. Formación de cruza trilineales de maíz de grano amarillo para la Zona de Transición de México en las que se combina germoplasma de valles altos con germoplasma subtropical.

También se hizo el análisis con el modelo de efectos fijos para comparar la media de los mestizos vs. los testigos. En el modelo mixto, las hipótesis de variedades y ambientes se probaron con base en el cuadrado medio de variedad x ambiente como término de error, y en las pruebas de rep (amb) y variedad x ambiente se utilizó el cuadrado medio del error. En el modelo de efectos fijos todas las pruebas de hipótesis se hicieron con el cuadrado medio del error. En ambos tipos de análisis el rendimiento de grano se corrigió por covarianza usando como covariable el número de plantas.

En las cruzas trilineales se utilizó el modelo fijo; en un análisis se incluyeron las cruzas experimentales y los testigos para comparar las cruzas vs. testigos; en otro análisis se incluyeron sólo 27 cruzas cuyas líneas fueron comunes en los dos probadores en los tres ambientes. La suma de cuadrados de cruzas se dividió en los factores ambientes, machos (líneas), hembras (cruzas), y sus interacciones respectivas. Los datos se analizaron como bloques completos al azar. Además, se calcularon los efectos de aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) (Sprague y Tatum, 1942) de las líneas. Para comparar las medias de mestizos y cruzas se utilizó la diferencia mínima significativa (DMS), a 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de mestizos

En el análisis combinado hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en ambientes y variedades en todas las variables, excepto en el porcentaje de acame de raíz en variedades. En la interacción variedad x ambiente, las diferencias sólo fueron significativas ($P \leq 0.01$) en rendimiento de grano, días a floración masculina y femenina, y altura de mazorca ($P \leq 0.05$) (Cuadro 1). Estos resultados demuestran que exis-

te variabilidad genética en la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 y que habrá buena respuesta a la selección en las variables analizadas; y en menor grado, para mejorar el acame de raíz debido a que no hubo significancia. La mala calidad de raíz en el germoplasma de valles altos ya había sido informada por Eagles y Lothrop (1994).

En Celaya y Arandas los mestizos tuvieron el rendimiento de grano más alto y sus promedios fueron estadísticamente iguales; en Arandas y Tepatitlán los promedios también fueron estadísticamente iguales. En Morelia el rendimiento de grano fue más bajo (Cuadro 2) debido a que en la etapa de madurez de grano lechoso ocurrió una tormenta con vientos fuertes que acamó las plantas.

Con base en los días a floración, los mestizos se comportaron de ciclo intermedio-precoc en Celaya y Morelia, y en Tepatitlán y Arandas de ciclo intermedio; esto significa que la población INIFAP-Amarillo Dentado podría utilizarse en El Bajío como progenitor para formar híbridos de grano amarillo de ciclo precoc en el sistema de producción de temporal, o en el de riego para reducir el consumo de agua. En Tepatitlán y Arandas el ciclo de madurez se ajusta a la estación de crecimiento de la zona de transición con buen temporal (mayor que 700 mm), que es de 135 d (Flores *et al.*, 2009). El porcentaje de acame de raíz fue más alto en Morelia y Celaya, mientras que en Tepatitlán y Arandas predominó el acame de tallo (Cuadro 2); para ambos tipos de acame, la resistencia genética deberá incrementarse por selección.

En los mestizos la variación fue muy amplia en los caracteres evaluados: el rendimiento de grano osciló de 4495 a 8074 kg ha⁻¹; los días a floración de 67 a 76 d; el acame de raíz de 1 a 15 % y el de tallo de 2 a 19 %; la altura de planta fluctuó de 234 a 286 cm, y la de mazorca de 100 a 142 cm (datos que pueden solicitarse al autor). Esta información

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza de características agronómicas de mestizos derivados de la población INIFAP-Amarillo Dentado-3. Promedio de cuatro ambientes.

Fuentes de variación	GL	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
Amb	3	68,453,260**	6043**	4871**	2583**	256**	43,921**	34,961**
Rep(Amb)	4	944,623 ns	17**	15**	88 ns	186**	663**	81 ns
Var	43	8,758,614**	43**	44**	64 ns	150**	1208**	796**
Var*Amb	129	2,032,124**	7**	11**	47 ns	57 ns	135 ns	127*
Error	172	916,028	2	3	59	57	120	99
CV (%)		15	2	2	151	104	4	8
R2		0.84	0.98	1.0	0.62	0.61	0.91	0.90

*** Valor significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente; ns = valor no significativo; GL = grados de libertad, REND = rendimiento de grano; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz, AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca.

indica que en la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 se combina la precocidad con alto rendimiento de grano; además tiene buen porte de planta y un buen margen para mejorar el acame de raíz y tallo, características que le dan un valor genético importante como población para formar híbridos de maíz de grano amarillo de ciclo de madurez intermedio precoz para la zona de transición de México.

La ACG de los 10 mestizos con más rendimiento fue significativa ($P \leq 0.05$); hubo pocos valores significativos en los días a floración masculina y femenina, y en porcentaje de acame de raíz y tallo, pero frecuencia alta de valores positivos y significativos ($P \leq 0.05$) en altura de planta y mazorca. Esto indica que si se recombinaran las 10 líneas

sobresalientes de las cruas, en la nueva población se esperarían incremento en el rendimiento de grano, pocos cambios en precocidad y tolerancia al acame, pero aumentos en la altura de planta y mazorca; en cambio, si se recombinaran las líneas 386, 522, 474, 482, 485, 450 y 443, la media de rendimiento de grano sería similar, la misma precocidad, menor porcentaje de acame de raíz y tallo, y pocos cambios en la altura de planta y mazorca (Cuadro 3). El mejoramiento de las poblaciones INIFAP-Amarillo Dentado-3 y LPC1A RC₁ C₀ F₂ por selección recurrente recíproca (Ramírez *et al.*, 2013) permitirá el mejoramiento *per se* de las poblaciones y su capacidad de combinación para obtener mejores híbridos de maíz de grano amarillo para la ZTM.

Cuadro 2. Promedios de rendimiento de grano y características agronómicas de mestizos derivados de la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 en las localidades.

Ambiente	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
Celaya	6913 a	62 d	63 d	8.4 b	5.8 b	274 a	151 a
Arandas	6708 ab	78 a	78 a	0.1 c	6.9 b	271 b	117 b
Tepatitlán	6534 b	77 b	76 b	0.9 c	9.7 a	268 b	110 c
Morelia	4982 c	65 c	66 c	11.0 a	6.6 b	227 c	109 c

Medias con letras distintas dentro de cada hilera son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$); REND = rendimiento de grano (kg ha^{-1}); FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca.

Cuadro 3. Rendimiento de grano, características agronómicas y aptitud combinatoria general de 10 mestizos sobresalientes por su rendimiento de grano y los dos con menor rendimiento.

Genealogía	REND	ACG	FM	ACG	FF	ACG	AR	ACG	AT	ACG	AP	ACG	AM	ACG
386 x 367	8074	1790*	72	1.0	71	0.0	3	-2	4	-3	241	-19*	116	-6
426 x 367	7887	1603*	71	0.0	72	1.0	8	3	10	3	281	21*	142	20*
522 x 367	7472	1188*	72	1.0	72	1.0	2	-3	16	9*	277	17*	134	12*
477 x 367	7324	1039*	71	0.0	73	2.0*	4	-1	3	-4	276	16*	130	8*
474 x 367	7269	985*	69	-2.0*	69	-2.0*	7	2	5	-2	251	-9*	119	-3
482 x 367	7243	959*	71	0.0	71	0.0	3	-2	9	2	270	10*	135	13*
485 x 367	7177	893*	72	1.0	72	1.0	2	-3	2	-5	259	-1	120	-2
450 x 367	7020	736*	73	2.0	73	2.0*	7	2	2	-5	259	-1	111	-11*
443 x 367	7004	720*	72	1.0	72	1.0	4	-1	7	0	268	8*	129	7*
503 x 367	6942	658*	68	-3.0*	68	-3.0*	3	-2	19	12*	279	19*	134	12*
464 x 367	4575	-1709	75	4.0*	74	3.0*	1	-4	5	-2	253	-7	124	2
467 x 367	4495	-1789	71	0.0	72	1.0	5	0	5	-2	254	-6	115	-7*
Media de la población	6284		71		71		5		7		260		122	
Media de 10 mest. sobres.	7341		71		71		4		8		266		127	
Media de 6 mest. sobres.	7348		71		71		4		5		261		125	

*Valor significativo ($P \leq 0.05$). REND = rendimiento de grano (kg ha^{-1}); FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca; ACG = aptitud combinatoria general.

El rendimiento de los mestizos 386 x 367 y 426 x 367 fue estadísticamente igual que el mejor testigo (H-318); el mestizo 386 x 367 fue estadísticamente superior al híbrido DK-1060; y el resto de mestizos rindieron estadísticamente igual a este testigo. Sin embargo, por su origen subtropical los testigos fueron de 7 a 10 d más tardíos que los mestizos, lo que sería una desventaja en las siembras de temporal de la ZTM donde el riesgo de que ocurra una helada temprana o sequía terminal es alto.

El promedio de rendimiento de grano de los 10 mestizos sobresalientes fue 26 % mayor que el de la población original, y la heterosis del mestizo 386 x 367 con respecto al probador LPC1A RC₁ C₀ F₂ fue 130 %. Este valor tan alto se debe al rendimiento de grano bajo del probador pues es la retrocruza uno de la línea LPC-1 (Ramírez *et al.*, 2013), tiene germoplasma tropical-subtropical, y fue evaluado en ambientes de transición (Cuadro 4).

Evaluación de cruzas trilineales experimentales amarillas para la ZTM

En el análisis combinado de las cruzas trilineales hubo diferencias estadísticas ($P \leq 0.01$) en todas las variables en ambientes, variedades y variedad x ambiente; excepto en rendimiento de grano y altura de planta en la interacción variedad x ambiente (datos que pueden solicitarse al autor).

En Morelia se obtuvo el rendimiento de grano más alto de las cruzas y fue estadísticamente diferente ($P \leq 0.05$) a Tepatitlán y Pabellón. El rendimiento alto de las cruzas en Morelia se debió a que en el ciclo agrícola PV 2009 no hubo eventos climáticos adversos como los ocurridos en la evaluación de mestizos. La similitud en rendimiento de grano entre las localidades de Tepatitlán y Pabellón indica que la selección en temporal en Tepatitlán es adecuada para las condiciones de punta de riego de la región norte centro de

Cuadro 4. Análisis conjunto del rendimiento de grano y características agronómicas de mestizos derivados de la población INIFAP-Amarillo Dentado-3 con la población LPC1A RC₁ C₀ F₂ como probador. Promedio de cuatro ambientes. 2006.

Genealogía	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
386 x 367	8117	72	71	3	4	241	116
426 x 367	7961	71	72	8	10	281	142
522 x 367	7533	72	72	2	16	277	134
477 x 367	7410	71	73	4	3	276	130
474 x 367	7329	69	69	7	5	251	119
482 x 367	7254	72	72	2	2	259	120
485 x 367	7247	71	71	3	9	270	135
450 x 367	7083	73	73	7	2	259	111
443 x 367	7081	72	72	4	7	268	129
503 x 367	6985	68	68	3	19	279	134
464 x 367	4400	75	74	1	5	253	124
467 x 367	4327	71	72	5	5	254	115
Media de mestizos	6314	71	71	5	7	260	122
H-318	8837	79	79	4	1	269	132
INIFAP-Amarillo Dentado-2	5877	66	67	15	10	268	128
INIFAP-Amarillo Dentado-3	5828	69	70	7	15	253	112
LPC1A RC ₁ C ₀ F ₂ (probador)	3524	76	78	3	9	226	109
DK-1060 (amarillo)	7091	78	77	3	9	268	130
Z-810 (amarillo)	6874	79	78	7	7	275	142
Testigo regional	6585	69	72	5	14	291	143
CV (%)	15	2	3	142	106	5	9
DMS _{0.05} (kg/ha)	908	1.4	1.9	7.2	7.5	12	10.5

REND = rendimiento de grano (kg ha⁻¹) corregido por número de plantas; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm).

Cuadro 5. Rendimiento de grano y características agronómicas de cruas trilineales experimentales de grano amarillo para la ZTM; promedio por localidad.

Ambiente	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
Morelia	9824 a	66 c	68 c	4.1 b	1.9 c	290 b	159 a
Tepatitlán	8846 b	73 a	75 a	0.0 c	26.2 a	303 s	137 b
Pabellón	8825 b	70 b	72 b	32.9 a	5.0 b	264 c	133 c
CV (%)	12	2	2	114	80	5	9

Medias con letras distintas dentro de cada hilera son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). REND = rendimiento de grano (kg ha^{-1}) corregido por número de plantas; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm).

México donde se ubica Pabellón, Ags. Los porcentajes altos de acame de raíz en Pabellón y de tallo en Tepatitlán se atribuyen a la presencia de vientos fuertes en el inicio y final de la etapa de llenado de grano (Cuadro 5).

Se identificaron cruas trilineales experimentales con rendimiento de grano superior o estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) a los testigos comerciales subtropicales H-318 de grano blanco, H-378A (amarillo) y al promedio de testigos regionales, con la ventaja de ser entre 2 y 7 d más precoces debido a la ventaja de combinar germoplasma de valles altos (INIFAP-Amarillo-Dentado-3) con el subtropical, donde participan líneas de la población LPC1A RC₁ C₀ F₂. Estos resultados corroboran los de la prueba de mestizos y confirman la competitividad del patrón heterótico integrado para formar híbridos de grano amarillo para la ZTM. Los híbridos Probador-1 x 3817-66-1, Probador-1 x 3817.41- $\otimes$ 'S, Probador-2 x 3817.26-1 y Probador-1 x 3817.16-1 podrían ser candidatos a híbridos comerciales porque tienen rendimiento y porcentajes de acame similares a los testigos (Cuadro 6).

Aptitud combinatoria general y específica

En el análisis de varianza hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) en ambientes, machos y hembras; excepto en altura de planta en machos; y en rendimiento de grano, acame de raíz y altura de planta en hembras. En la interacciones machos x hembras hubo efectos significativos en rendimiento de grano y en floración masculina y femenina; en machos x ambiente, en floración masculina, porcentaje de acame de raíz y tallo; en hembras x ambiente, en floración masculina y altura de planta; y en machos x hembras x ambiente, sólo en floración femenina (Cuadro 7).

Las líneas 3817.16-1, 3817.23- $\otimes$ 'S, 3817.24- $\otimes$ 'S, 3817.41- $\otimes$ 'S y 3817.66-1 tuvieron ACG positiva y significativa ($P \leq 0.05$) para rendimiento de grano; sin embargo, desde el punto de vista agronómico las líneas 3817.23- $\otimes$ 'S,

3817.24- $\otimes$ 'S no serían buenos progenitoras pues tienen valores de ACG positivos y significativos para el porcentaje de acame de raíz y tallo, y para altura de planta y mazorca.

En las hembras (probadores) no hubo diferencia significativa en ACG en rendimiento de grano, sólo en floración masculina y femenina y altura de mazorca; donde el Probador-1 es el más adecuado para formar híbridos precoces y con menor altura de mazorca (Cuadro 8); y sólo las cruas donde se combina el Probador-1 con las líneas 3817.17- $\otimes$ 'S, 3817.21-1, 3817.24- $\otimes$ 'S y 3817.37- $\otimes$ 'S, tuvieron ACE positiva y significativa ($P \leq 0.05$) en rendimiento de grano y ventajas competitivas en el porcentaje de acame de raíz con respecto al Probador-2. Por tanto se considera al Probador-1 como el más apropiado para formar híbridos trilineales para la ZTM (Cuadro 9).

En resumen, los mestizos e híbridos generados con el patrón heterótico, INIFAP-Amarillo Dentado-3 x LPC1A RC₁ C₀ F₂, fueron competitivos en rendimiento de grano y tuvieron ciclo de madurez más corto que los testigos comerciales en uso; pero algunos de ellos son más susceptibles al acame. Estas deficiencias pueden superarse en los nuevos progenitores mediante la mejora de las poblaciones por selección recurrente recíproca, que es la ventaja que presenta la propuesta de Ramírez *et al.* (2013) respecto al esquema tradicional en el que se combinan líneas o probadores sin tener un patrón heterótico de referencia.

Para un mejor aprovechamiento de este patrón heterótico, en el futuro será necesario incluir localidades de los estados de Hidalgo, Estado de México, Puebla y de la región norte centro de México, que es donde se concentra la ZTM. La combinación de germoplasma entre regiones ecológicas distintas tiene sus ventajas y ha sido documentado ampliamente (Oyervides *et al.*, 1985; Ron y Hallauer, 1997), pero requiere que los programas de mejoramiento genético de maíz cuenten con patrones heteróticos que permitan vincular las regiones ecológicas a través de las poblaciones.

Cuadro 6. Rendimiento de grano y características agronómicas de cruzas trilineales amarillas para la ZTM. Promedio de tres ambientes. 2009.

GENEALOGIA	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
Probador-1 x 3817.24-⊗'S	11,242	70	72	19	15	304	153
Probador-1 x 3817.25-1	10,599	69	71	17	29	307	158
Probador-1 x 3817.16-1	10,492	70	73	14	11	313	143
Probador-1 x 3817.11-1	10,233	70	72	11	25	293	150
Probador-1 x 3817.21-1	9857	70	72	30	10	299	151
Probador-1 x 3817.66-1	9755	70	72	6	13	281	151
Probador-1 x 3817.41-⊗'S	9740	69	71	1	7	281	139
Probador-1 x 3817.39-1	9680	67	69	28	5	267	129
Probador-1 x 3817.37-⊗'S	9615	69	71	7	14	279	147
Probador-1 x 3817.17-⊗'S	9523	71	73	36	28	316	158
Probador-2 x 3817.23-⊗'S	10,586	70	73	15	16	323	153
Probador-2 x 3817.16-1	10,583	70	72	19	6	317	144
Probador-2 x 3817.12-⊗'S	9850	71	73	20	19	322	163
Probador-2 x 3817.24-⊗'S	9796	71	73	33	15	309	153
Probador-2 x 3817.26-1	9606	68	71	4	3	294	151
Probador-2 x 3817.28-⊗'S	9392	69	70	7	5	277	145
Probador-2 x 3817.21-1	9300	72	74	49	11	321	161
Probador-2 x 3817.32-⊗'S	9133	69	71	5	9	278	146
Probador-2 x 3817.30-1	8872	68	70	19	19	284	136
Probador-2 x 3817.17-⊗'S	8495	72	75	39	16	317	155
H-378A	9601	74	77	5	4	302	152
H-318	9584	74	76	13	7	266	126
Testigo regional	8928	72	75	0	17	295	152
CV (%)	12	2	2	115	80	50	9
DMS ($P \leq 0.05$)	1274	1.4	2	16.6	10.0	16	15

Probador-1= LPC1A RC₁ C₀ F₁-81-1S x LB-18A RC₁ C₀ F₁-67-1-4A+. Probador-2 = LPC1A RC₁ C₀ F₁-85-1A-1 x LB-18A RC₁ C₀ F₁-37-2-1A+. REND = rendimiento de grano en materia seca (kg ha⁻¹); FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm). Línea indicada con Å'S es una línea S₄ y con guion S₅.

Cuadro 7. Cuadrados medios de progenitores hembra y macho que participan en las cruzas trilineales maíz de grano amarillo para la ZTM. Promedio de tres ambientes. 2009.

Fuente de variación	GL	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
Ambiente	2	35,956,087**	1441**	1320**	3375**	932**	43,822**	24,844**
Rep(Amb)	3	1,606,224 ns	0.7 ns	1 ns	0.6**	107**	1019.3**	413 ns
Machos	26	6,485,237**	26.3**	27.1**	104**	33.8**	3063 ns	1129**
Hembras	1	2,392,349 ns	67.6**	68.5**	4.9 ns	67.6**	6778 ns	1750**
Machos x Hembras	26	2,624,852 *	5**	5**	20.6 ns	5.5 ns	261 ns	229 ns
Machos x Ambiente	52	1,747,981 ns	2.4**	1.9 ns	76.7**	15.7**	264 ns	136 ns
Hembras x Ambiente	2	3,577,872 ns	4.8 *	3.2 ns	6.1 ns	38**	1079.6**	341 ns
Machos x Hembras x Ambiente	52	1,856,905 ns	2.2 *	2.4 ns	22.6 ns	2.6 ns	224 ns	117 ns
Error		1,481,883	1.5	2	17.3	4.5	208	158
CV (%)		13	2	2	110	80	5	9

REND = rendimiento de grano; FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta; AM = altura de mazorca.

CONCLUSIONES

La propuesta e integración del patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la ZTM, formado por la población de valles altos INIFAP-Amarillo Dentado-3 y la población subtropical LPC1A RC₁ C₀ F₂, fue efectiva para generar nuevos híbridos de maíz para la ZTM, debido a que algunos de los mestizos e híbridos generados en el patrón heterótico fueron de 2 a 7 d más precoces y tuvieron rendimiento de grano estadísticamente igual ($P \leq 0.05$) o hasta 17 % mayor que los testigos comerciales. El patrón heterótico aún debe mejorarse para resistencia al acame de raíz y tallo.

BIBLIOGRAFÍA

- Comstock R. E. and H. F. Robinson (1948) The components of genetic variance in populations of biparental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4:254-266.
- Eagles H. A. and J. E. Lothrop (1994) Highland maize from central Mexico, its origin, characteristics, and use in breeding programs. *Crop Science* 34:11-19.
- Espinosa C. A. y A. Carballo C. (1987) H-135. Nuevo maíz híbrido de riego para la zona de transición El Bajío-Valles Altos. Folleto Técnico Núm. 1. Campo Agrícola Experimental Valle de México. 24 p.
- Espinosa C. A., M. Tadeo R., J. Lothrop y D. Beck (2002) H-155. Maíz híbrido para riego en la zona de transición El Bajío-Valles Altos. *Agricultura Técnica en México* 28:179-181.
- Flores L. H. E., J. Ireta M., J. F. Pérez D., J. A. Ruiz C. y P. Díaz M. (2009) Identificación de Buenas Prácticas Agrícolas de Campo para Reducir la Degradación del Suelo e Incrementar la Calidad del Agua. Libro Científico Núm. 1. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. CIRPAC-INIFAP. Tepatitlán de Morelos, Jal. México. pp:48-49.
- Melchinger A. E. (1999) Genetic diversity and heterosis. In: Genetics and Exploitation of Heterosis. J. G. Coors, S. Pandey (eds). ASA-CSSA-CIMMYT. Madison, WI. pp:99-118.
- Oyervides-García M., A. R. Hallauer and H. Cortez M. (1985) Evaluation of improved maize populations in Mexico and the U.S. *Corn Belt. Crop Science* 25:115-120.
- Ramírez D. J. L., M. Chuela B., L. Soltero D., J. Franco M., A. Morfin V., V. A. Vidal M., H. L. Vallejo D., F. Caballero H., H. Delgado M., R. Valdivia B. y J. Ron P. (2004) Patrón heterótico de maíz amarillo para la región Centro-Occidente de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:13-17.
- Ramírez D. J. L., M. Chuela B., V. A. Vidal M., J. Ron P. y F. Caballero H. (2007) Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:453-461.
- Ramírez D. J. L., V. A. Vidal M., A. Ledesma M., M. Chuela B., A. Peña R., J. A. Ruiz C. y J. Ron P. (2013) Propuesta para integrar un patrón heterótico de maíz de grano amarillo para la zona de transición de México. I. Método y formación de poblaciones. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:189-199.
- Ron P. J. and A. R. Hallauer (1997) Utilization of exotic maize germplasm. *Plant Breeding. Reviews* 14:165-187.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2013) Boletín Informativo 140/13. Enlace de Comunicación Social. Delegación Federal en Quintana Roo. Chetumal, Quintana, Roo. www.sagarpa.gob.mx. (Noviembre 2013).
- Snedecor G. W. y W. G. Cochran (1974) Métodos Estadísticos. 2da. Reimpresión. Editorial C.E.C.S.A. México, D.F. pp:346-350.
- Sprague, G. F. and L. A. Tatum (1942) A general vs. specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of American Society of Agronomy* 34:923-932.

Cuadro 8. Efectos de aptitud combinatoria general de rendimiento de grano y características agronómicas de machos (líneas) y hembras (probadores) de maíz amarillo. Promedio de tres localidades. 2009.

GENEALOGÍA	REND	FM	FF	AR	AT	AP	AM
3817.5-⊗'S	-725 **	1.44 **	1.5 **	-3.2 ns	2.1 **	-14.7 **	-4.0 ns
3817.6-1	-1000 **	1.44 **	1.1 **	-2.6 ns	-0.5 ns	-19 **	-11.4 **
3817.7-1	-224 ns	0.94 **	0.5 ns	-2.1 ns	-1.6 *	-21 **	-12.9 **
3817.12-⊗'S	326 ns	1.44 **	1.2 **	3.7 *	3.4 **	24 **	13.4 **
3817.16-1	1442 **	0.28 ns	0.6 *	1 ns	-0.6 ns	29.1 **	-0.1 ns
3817.17-⊗'S	-50 ns	2.03 **	2.1 **	7.2 **	3 **	30.8 **	13.0 **
3817.21-1	355 ns	1.44 **	1.5 **	7 **	-0.1 ns	24.1 **	12.8 **
3817.23-⊗'S	540 *	0.44 ns	0.7 **	3 ns	2.2 **	24.5 **	6.3 **
3817.24-⊗'S	1387 **	0.69 *	0.9 **	3.6 *	1.1 ns	20.5 **	9.7 **
3817.26-1	-167 ns	-1.72 **	-1.2 **	-2.8 ns	-1.1 ns	-2 ns	-0.6 ns
3817.28-⊗'S	-69 ns	-1.72 **	-2.1 **	-1.4 ns	-0.6 ns	-17 **	-10.3 **
3817.30-1	-219 ns	-2.97 **	-3 **	-0.9 ns	1.7 *	-9 **	-8.8 **
3817.32-⊗'S	-67 ns	-1.22 **	-1.2 **	-0.9 ns	0.1 ns	-10 **	-1.9 ns
3817.33-⊗'S	-737 **	-1.47 **	-1.8 **	-0.5 ns	2.4 **	-14.5 **	-2.4 ns
3817.34-⊗'S	363 ns	-2.22 **	-1.7 **	-2.9 ns	1.3 ns	-2.6 ns	-2.7 ns
3817.37-O'S	-208 ns	0.61 *	0.4 ns	-0.9 ns	0 ns	-2.9 ns	-0.8 ns
3817.39-1	337 ns	-1.89 **	-2 **	0.8 ns	-1.6 *	-12.7 **	-10.8 **
3817.41-⊗'S	745 **	-0.72 *	-0.8 **	-2.6 ns	-1.4 ns	-0.4 ns	0.9 ns
3817.44-1	-1002 **	0.03 ns	-0.1 ns	3.1 ns	1.7 *	-6.8 *	8.8 **
3817.45-1	40 ns	0.94 **	0.8 **	-2.4 ns	-0.6 ns	-1 ns	5.9 **
3817.46-1	-733 **	-1.22 **	-1.2 **	1.1 ns	-1.2 ns	-7.9 *	11.7 **
3817.52-1	201 ns	-1.72 **	-2.2 **	-2.3 ns	-2.5 **	-4 ns	-21.6 **
3817.58-⊗'S	171 ns	1.53 **	1.1 **	1.5 ns	-1.5 ns	12.8 **	13.7 **
3817.60-1	-186 ns	1.69 **	2 **	0.1 ns	-2.1 **	5.4 ns	-1.0 ns
3817.61-1	453 ns	-0.06 ns	0.5 ns	-2.1 ns	-1.9 *	-6.2 ns	1.5 ns
3817.64-⊗'S	-1927 **	2.11 **	2.3 **	-2.6 ns	-1.3 ns	-20.7 **	-14.7 **
3817.66-1	954 **	-0.14 ns	0 ns	-1.6 ns	-0.3 ns	1.2 ns	6.6 **
Probador 1	-86 ns	-0.5 **	-0.5 **	-0.1 ns	0.5 ns	-4.6 **	-2.3 **
Probador 2	86 ns	0.5 **	0.5 **	0.1 ns	-0.5 ns	4.6 **	2.3 **
Desv. Est. Machos	265	0.3	0.3	1.8	0.8	3.3	2.3
Desv. Est. Hembras	74	0.1	0.1	0.1	0.2	1.3	0.7
CV (%)	13	2	2	110	80	5	9

Probador-1 = LPC1A RC₁ C₀ F₁-81-1S x LB-18A RC₁ C₀ F₁-67-1-4A+. Probador-2 = LPC1A RC₁ C₀ F₁-85-1A-1 x LB-18A RC₁ C₀ F₁-37-2-1A+. REND = rendimiento de grano (kg ha⁻¹); FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm). Línea indicada con 'S' es una línea S₄ y con guion S₅.

Cuadro 9. Efectos de aptitud combinatoria específica de caracteres agronómicos de cruzas de maíz de grano amarillo entre líneas de valles altos (machos) y dos probadores subtropicales (hembras). Promedio de tres ambientes. 2009.

Línea/Probador	REND		FM		FF		AR		AT		AP		AM	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
3817.5- $\otimes$ 'S	-774	774**	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	2	-2**	0	0 ns	-3	3 ns
3817.6-1	347	-347 ns	0	0 ns	0	0 ns	-1	1 ns	-1	1**	3	-3 ns	1	-1 ns
3817.7-1	354	-354 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	-1	1*	8	-8**	2	-2 ns
3817.12- $\otimes$ 'S	-215	215 ns	0	0 ns	0	0 ns	2	-2*	1	-1**	-8	8**	-4	4*
3817.16-1	168	-168 ns	1	-1*	1	-1**	-1	1 ns	0	0 ns	2	-2 ns	2	-2 ns
3817.17- $\otimes$ 'S	618	-618*	0	0 ns	0	0 ns	-1	1 ns	1	-1**	4	-4 ns	4	-4 ns
3817.21-1	584	-584*	-1	1 ns	0	0 ns	-2	2 ns	0	0 ns	-7	7*	-3	3 ns
3817.23- $\otimes$ 'S	-773	773**	0	0 ns	0	0 ns	3	-3**	1	-1 ns	-8	8**	-1	1 ns
3817.24- $\otimes$ 'S	974	-974**	0	0 ns	0	0 ns	-2	2 ns	-1	1 ns	2	-2 ns	2	-2 ns
3817.26-1	-427	427 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	-6	6 ns	-6	6**
3817.28- $\otimes$ 'S	-115	115 ns	0	0 ns	0	0 ns	1	-1 ns	0	0 ns	-4	4 ns	-9	9**
3817.30-1	72	-72 ns	-1	1*	-1	1 ns	-3	3**	-1	1**	-3	3 ns	1	-1 ns
3817.32- $\otimes$ 'S	292	-292 ns	0	0 ns	0	0 ns	1	-1 ns	0	0 ns	2	-2 ns	-2	2 ns
3817.33- $\otimes$ 'S	439	-439 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns	0	0 ns
3817.34- $\otimes$ 'S	-170	170 ns	0	0 ns	-1	1**	0	0 ns	-1	1 ns	-6	6 ns	-3	3 ns
3817.37- $\otimes$ 'S	831	-831**	-1	1**	-1	1**	-1	1 ns	0	0 ns	0	0 ns	7	-7**
3817.39-1	205	-205 ns	0	0 ns	0	0 ns	3	-3**	0	0 ns	-1	1 ns	-1	1 ns
3817.41- $\otimes$ 'S	77	-77 ns	1	-1**	1	-1**	-1	1 ns	0	0 ns	0	0 ns	-3	3 ns
3817.44-1	234	-234 ns	0	0 ns	0	0 ns	-1	1 ns	0	0 ns	0	0 ns	2	-2 ns
3817.45-1	-416	416 ns	-2	2**	-2	2**	1	-1 ns	0	0 ns	9	-9**	9	-9**
3817.46-1	-318	318 ns	-1	1**	-1	1*	0	0 ns	0	0 ns	1	-1 ns	-4	4*
3817.52-1	-493	493 ns	0	0 ns	1	-1**	0	0 ns	0	0 ns	5	-5 ns	1	-1 ns
3817.58- $\otimes$ 'S	-50	50 ns	1	-1 ns	1	-1 ns	0	0 ns	-1	1*	-2	2 ns	2	-2 ns
3817.60-1	-653	653*	0	0 ns	0	0 ns	1	-1 ns	0	0 ns	1	-1 ns	-1	1 ns
3817.61-1	-426	426 ns	1	-1**	1	-1*	1	-1 ns	0	0 ns	10	-10**	9	-9**
3817.64- $\otimes$ 'S	-137	137 ns	0	0 ns	1	-1*	-1	1 ns	0	0 ns	-1	1 ns	-6	6**
3817.66-1	-227	227 ns	1	-1*	1	-1**	0	0 ns	0	0 ns	-2	2 ns	3	-3 ns
Desv. Estándar	273		0.3		0.3		1		0.3		3		2.2	

Probador-1= LPC1A RC₁ C₀ F₁-81-1S x LB-18A RC₁ C₀ F₁-67-1-4A+. Probador-2= LPC1A RC₁ C₀ F₁-85-1A-1 x LB-18A RC₁ C₀ F₁-37-2-1A+. REND = rendimiento de grano (kg ha⁻¹); FM = número de días a floración masculina; FF = número de días a floración femenina; AR = porcentaje de acame de raíz; AT = porcentaje de acame de tallo; AP = altura de planta (cm); AM = altura de mazorca (cm). Línea indicada con $\otimes$ 'S es una línea S₄ y con guion S₅.