

CEREAL

MEJORA GENÉTICA

Nuevas variedades de maíz mejoradas por rendimiento y adaptación

A nivel mundial el maíz es el primer cereal en producción de grano con 819 millones de toneladas y una superficie sembrada de 160 millones de hectáreas, aunque en superficie es el tercero más cultivado después del trigo y arroz (FAO, 2012). Actualmente el maíz constituye la base de numerosos alimentos tanto para humanos como para animales domésticos, y de otros productos industriales, como el etanol o los bioplásticos. La mejora genética y el adecuado manejo del cultivo como los más eficientes sistemas de riego, aportes nutricionales, la oportuna elección de la densidad de siembra y la mejora de la maquinaria y los agroquímicos han proporcionado excelentes rendimientos a los actuales híbridos de maíz, haciendo que su cultivo sea mayoritario.



Ejemplo de variabilidad genética del maíz

Javier Peña
Asunción Costar
Ángel Álvarez*

*Departamento de Genética y Producción Vegetal.
Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC),
Zaragoza.*

<http://www.eead.csic.es/>

* aalvarez@eead.csic.es

con excelentes rendimientos. Dentro de estos nuevos materiales, los híbridos interpopulacionales de poblaciones mejoradas están cobrando mucha importancia en ciertas zonas maiceras del mundo por la facilidad de su obtención y manejo, además de abaratar el costo de la semilla que es apta para utilizarse durante varios años consecutivos. Asimismo estos materiales mejorados son buenas fuentes de variabilidad genética para obtener líneas puras élite con las que se obtendrán mejores híbridos y también son variedades aptas para su cultivo directo, debido a sus excelentes rendimientos de grano y sanidad de planta y mazorca.

El grano obtenido del cultivo de los híbridos comerciales no puede usarse como semilla para el año siguiente, ya que siendo una generación F₂, sufre degeneración varietal, en parte por efecto de la consanguinidad y por pérdida del efecto directo de la heterosis. Ello se traduce en una gran heterogeneidad de plantas e importante descenso del rendimiento. Por ello el uso de variedades sintéticas mejoradas hace posible usar la semilla sin necesidad de su reposición cada año y, como se ha apuntado, puede ser una buena alternativa a los actuales sistemas de cultivo de híbridos.

Pero los híbridos de maíz no están solos. De forma emergente algunas poblaciones sintéticas mejoradas constituyen un material de gran interés para agricultores y mejoradores, ya que pueden aportar una buena adaptación al medio ambiente, mayor variabilidad genética y cierta disminución de los costos de cultivo, mostrando al mismo tiempo una buena heterosis entre sí y



Identificación y descripción de plantas en campo

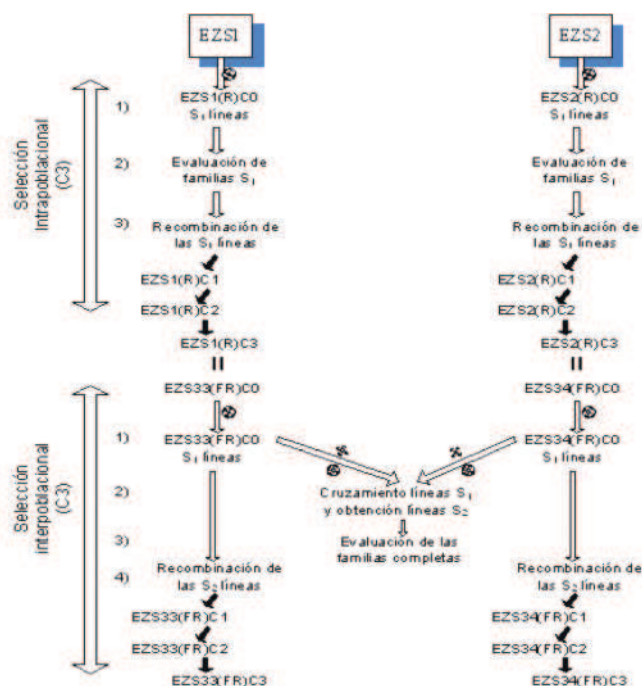
ENSAJO LLEVADO A CABO EN ZARAGOZA

En 1986 comenzó en la Estación Experimental de Aula Dei (EEAD-CSIC) de Zaragoza, un programa de selección a largo plazo con el objetivo de poder proporcionar variedades en forma de híbridos intervarietales o también híbridos simples de líneas puras, obtenidas a partir de esos materiales mejorados (Álvarez *et al.*, 1993). En primer lugar se observaron las relaciones heteróticas existentes entre los materiales españoles y norteamericanos disponibles y se desarrollaron dos poblaciones sintéticas: EZS1, formada por germoplasma español adaptado, de tipo de grano liso, procedentes de variedades de la llamada España seca (desde la ribera navarra hasta Andalucía, pasando por Aragón y la zona centro de la península), y EZS2 que es una población representante del germoplasma de grano dentado del cinturón maicero de Norteamérica; ambas poblaciones presentaban buena heterosis de partida entre sí (Figura 2). Estas dos poblaciones sintéticas se sometieron a tres ciclos de **selección intrapoblacional** mediante el método de familias S₁, con el objetivo de mejorar el

valor *per se* de su rendimiento de grano y sanidad de planta (Figura 1).

Tras su evaluación (Garay *et al.*, 1996a,b), ambas poblaciones mejoradas fueron renombradas: EZS1 como EZS33, y EZS2 como EZS34 y se inició con ellas un programa a largo plazo de **selección recurrente recíproca interpoblacional**, por el cual cada población era mejorada en fun-

FIGURA 1 / Esquema del programa completo de mejora: arriba, selección intrapoblacional (EZS1, EZS2), y debajo, selección interpoblacional (EZS33, EZS34)



ción de su comportamiento heterótico con la otra. En 2008 se completó en ambas poblaciones sintéticas el ciclo C3 de selección recurrente recíproca interpoblacional (Figura 1).

► Evaluación de diferentes parámetros

Se han evaluado los tres ciclos de selección recurrente recíproca interpoblacional de ambas poblaciones en 5 ambientes (2 años y 3 localidades). Los años fueron 2009 y 2010, y las localidades de los ensayos: Montañana y Zuera (Zaragoza) y Torres de Alcanadre (Huesca). Los genotipos evaluados fueron las 8 poblaciones *per se* (EZS33C0, C1, C2, C3 y EZS34C0, C1, C2, C3), los 28 cruzamientos interpopulacionales entre los ciclos de selección, y 4 híbridos comerciales como testigos de referencia en los ensayos. Se estudió la respuesta de los cruzamientos y de las poblaciones *per se* para el carácter rendimiento y las respuestas correlacionadas en otros caracteres agronómicos de interés (Peña Asín, 2012). La ganancia de **rendimiento de grano** en el cruce interpoblacional (EZS34x EZS33) se incrementó de manera lineal y significativa a lo largo de la mejora en un 2.98% por ciclo, es decir

FIGURA 2 / Las dos poblaciones sintéticas: la población dentada EZS34 (izquierda) y la población lisa EZS33 (derecha)





Ensayo de selección de plantas polinizadas. Montañana -2009-

246.1 kg/(ha y ciclo), mientras que en las poblaciones EZS33 y EZS34 las diferencias no fueron significativas. En relación a otros caracteres agronómicos de interés, se han mostrado valores muy positivos y con un elevado margen de mejora si se continúa con estos objetivos en el programa de selección.

La **humedad de grano** en la cosecha, se observó que fue bastante semejante durante todo el proceso. Los valores oscilaron en menos de 1 punto porcentual entre las poblaciones.

El descenso del valor del **encamado de planta** fue significativo, debido principalmente al sintético EZS34 ya que las variedades americanas que lo componen fueron seleccionadas por su resistencia al insecto barrenador del tallo *Ostrinia nubilalis*.

La **floración masculina** mostró ser poco variable por efecto de la selección. La población lisa EZS33 se ha mantenido bastante estable, sin mostrar diferencias significativas entre ciclos, mientras que la población dentada EZS34 ha reducido su floración por efecto de la presión de selección y a la progresiva adaptación de ese material

// LOS HÍBRIDOS INTERPOBLACIONALES DE POBLACIONES MEJORADAS ESTÁN COBRANDO MUCHA IMPORTANCIA EN CIERTAS ZONAS MAICERAS DEL MUNDO POR LA FACILIDAD DE SU OBTENCIÓN Y MANEJO, ADEMÁS DE ABARATAR EL COSTO DE LA SEMILLA //

a nuestros ciclos de maduración.

Por último, el **vigor de plántula** ha manifestado ser un carácter inusual, poco determinante

y con tímidos ascensos debidos a la selección. Probablemente, las condiciones locales de los ensayos en nuestras zonas más secas no hayan permitido ma-

ximizar la expresión de genes de este carácter. Por otra parte cabe señalar que el vigor inicial en el maíz es fundamental en condiciones de altas infestaciones de malas hierbas, que someten al cultivo a una gran competencia por el agua y los nutrientes, y en particular en nuestro caso, esas competencias fueron mínimas.

Haciendo una comparación global de todos los cruzamientos para el carácter rendimiento de grano, la media de los cuatro híbridos testigos de los ensayos fue de 9.634 kg/ha, y dos de ellos (Costanza y Helen) fueron los más productivos del conjunto de ensayos, con valores en torno a los 10.800 kg/ha. Sin embargo el cruzamiento EZS34C3xEZS33C2 obtuvo un valor de 9.910 kg/ha, superior a la media de los híbridos, mientras que el rendimiento del cruzamiento interpoblacional EZS34C3xEZS33C3, en sus ciclos más avanzados, fue de 9.111 kg/ha, algo inferior a la media de los cuatro híbridos testigos, aunque no de modo significativo.

En general la población lisa EZS33, en sus ciclos de selección per se muestra valores de rendimiento superiores en estabilidad a los correspondientes de la población dentada EZS34, y es

TABLA 1 / Medias de rendimiento (kg/ha) en los ciclos de selección de ambas poblaciones y sus cruzamientos interpoblacionales

	EZS33				EZS34			
	C0	C1	C2	C3	C0	C1	C2	C3
EZS33C0	6173							
EZS33C1	6102	6250						
EZS33C2	7142	6749	6048					
EZS33C3	6722	6897	5998	6507				
EZS34C0	8249	8054	7965	9342	6015			
EZS34C1	8604	8731	8148	9250	7353	7058		
EZS34C2	8694	8286	8606	9230	8006	6738	6719	
EZS34C3	8640	8897	9910	9111	6861	6969	6364	5853

muy notable el incremento del rendimiento del cruzamiento interpoblacional (EZS34xEZS33) presentando la típica recta de selección con “picos en forma de sierra”, muy habituales en la evaluación de series de ciclos de selección recurrente a largo plazo (Tabla 1).

CONCLUSIONES

A modo de resumen, se puede concluir que la selección ha sido muy eficaz en ambas poblaciones, y que éstas suponen un material de sumo interés para su uso por parte de los mejoradores en futuros programas de mejora, y también para su cultivo directo por los agricultores en zonas agrícolas determinadas, ya que el cruzamiento entre ellas con determinadas líneas puras pueden alcanzar rendimientos semejantes a al-

// PODER DISPONER DE UNA AMPLIA BASE GENÉTICA MEJORADA ES FUNDAMENTAL PARA HACER FRENTE A NUEVOS DESAFÍOS IMPREVISTOS (ENFERMEDADES O PLAGAS) Y PODER SATISFACER NUEVAS DEMANDAS ALIMENTICIAS DE LA SOCIEDAD //

gunos híbridos comerciales, aportando mayor variabilidad al medio ambiente y mayores beneficios económicos. Además, la obtención de las poblaciones mejoradas EZS33C3 y EZS34C3 y su cruzamiento interpoblacional, EZS34C3xEZS33C3, pueden contribuir a un aumento de los recursos disponibles y ayuda a incrementar la base genética del maíz actualmente cultivado en grandes zonas de cultivo de maíces tardíos de España. Poder disponer de una amplia base genética mejorada es fundamen-

tal para hacer frente a nuevos desafíos imprevistos (enfermedades o plagas) y poder satisfacer nuevas demandas alimenticias de la sociedad.

Los resultados obtenidos en este trabajo corroboran otros resultados obtenidos con otros germoplasmas mejorados, y se soportan en la hipótesis de que los híbridos interpoblacionales de hecho pueden ser comparables con híbridos comerciales cultivados. Realizando algún ciclo de mejora adicional, su rendimiento podría alcanzar al de

los híbridos comerciales más cultivados en nuestras comarcas maiceras, en determinadas zonas con suelos de no excesiva calidad o con caudales limitados de agua de riego.

Finalmente, estos datos fueron analizados con el objetivo de ofertar nuevos compuestos alternativos del cultivo de maíz que sean más polivalentes, más rentables y más sostenibles para los agricultores y el medio ambiente, ya que tienen una menor necesidad de inputs de producción, como semillas, abono y agua de riego. Se espera que a partir de los resultados de este proyecto las poblaciones sintéticas de maíz de amplia base genética gocen de un mayor respaldo público mejorando su valoración y utilización por parte de los agricultores aragoneses del valle medio del Ebro.