

APTITUD COMBINATORIA EN EL DESARROLLO DE HIBRIDOS TROPICALES DE MAIZ

S. K. Vasal¹, N. Vergara², J. Arreola¹ y S. McLean³

INTRODUCCION

En cualquier programa de hibridación con objetivos bien definidos deberán seleccionarse fuentes de germoplasma orientado al desarrollo de híbridos, estas fuentes deberán tener aspectos importantes tales como: buen potencial de rendimiento y características agronómicas deseables; tolerancia a endocría, buena habilidad combinatoria, alto comportamiento en cruzamiento con otras poblaciones de grupo heterótico opuesto y buena capacidad para generar progenitores endocriados y no endocriados (1). Es muy importante desarrollar una base de germoplasma específica que sirva como fundación de un programa de híbridos que permita crear nuevas fuentes de germoplasma en base a líneas con buen comportamiento per-se y buena aptitud combinatoria general; se deberán también establecer estrategias para desarrollar nuevos híbridos convencionales y no convencionales en una manera más sencilla y eficiente y si es posible en un tiempo más corto (2). También es necesario tener varios tipos de probadores bien definidos para poder separar nuevos materiales y líneas en diferentes grupos heteróticos para la introgresión de estas nuevas fuentes de germoplasma y buena manipulación en formación de híbridos más eficientes.

En esta presentación se discutirán estrategias que involucran varios aspectos relacionados a hibridación del mejoramiento de poblaciones con el desarrollo de híbridos. También se discutirán algunos aspectos nuevos que se introdujeron en el programa tropical de CIMMYT.

1. Información sobre Habilidad Combinatoria

Es muy importante tener amplia información sobre la aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) de las fuentes de germoplasma que se tengan dentro de un programa y también de las que existan en otros programas diferentes o instituciones nacionales e internacionales. En programas donde existan recursos, deberán evaluar nuevas bases de bancos de germoplasmas e identificar nuevos grupos heteróticos que proporcionen un alto nivel de

comportamiento en cruzamiento, en el Cuadro 1 se indican diferentes grupos heteróticos que existen en el mundo y en el Cuadro 2 se muestran los patrones heteróticos de varios germoplasmas de CIMMYT para utilizarlos en un programa de hibridación.

2. Fuentes de Germoplasma Específicos para Hibridación

Se pueden utilizar germoplasmas que se están mejorando y usando en la formación de variedades de polinización libre, pero cuando existen muchos materiales es importante identificar un número mínimo de grupos heteróticos para extraer líneas e híbridos en forma más eficiente. Hay algunos aspectos que deben poseer estas fuentes de germoplasma que son útiles en la hibridación, tales como tolerancia a endocría, buena habilidad combinatoria, alto comportamiento en cruzamiento con materiales de grupo heterótico opuesto y características agronómicas deseables, particularmente en altura de planta cuando se quiera producir híbridos con más de dos componentes. Para mejorar la tolerancia a endocría, es necesario introducir una fase de endocría como S1 ó S2 en el mejoramiento de poblaciones o en una etapa del mejoramiento intrafamiliar, también es posible mejorar esta característica en los esquemas de mejoramiento interpoblacional, que involucren una o dos etapas de endocría.

APTITUD COMBINATORIA GENERAL DE POBLACIONES (ACG)

En cualquier tipo de mejoramiento de poblaciones que utilicemos se requiere hacer modificaciones apropiadas para generar y utilizar esta información en las familias seleccionadas. Generalmente muchos esquemas de mejoramiento intrapoblacional no permiten generar información sobre ACG de las familias, pero existe la posibilidad de introducir nuevas etapas de cruzamiento entre las familias bajo un sistema de cruza dialélicas, dialelo parcial o en un diseño II que permitan generar nuevas progenies en forma más sistemática con una conducción en campo más eficiente y con menos posibilidad de errores. Todos los esquemas nuevos de mejoramiento poblacional que se están utilizando en el programa tropical del CIMMYT tienen una forma específica de generar nuevas progenies, las cuales permiten generar esta nueva información en la selección de las familias año por año.

1 Coordinador de Germoplasma Tropical.

2 Ingeniero Agrónomo

3 Postdoctorado

Programa de Maíz, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Es muy importante introducir nuevas estrategias en forma sistemática o pseudosistemática dentro del desarrollo y mejoramiento de las fuentes de germoplasma que se estén utilizando, para crear divergencia genética y mejorar su comportamiento en cruzamiento; existen diferentes maneras de trabajar en varios esquemas de selección:

- 1 Usar esquemas de mejoramiento interpoblacional como selección recíproca recurrente (SRR) o selección recíproca recurrente con hermanos completos (SRR-HC). Generalmente la descripción de estos esquemas en los libros de mejoramiento no son muy apropiados para aplicarlos en las fuentes de germoplasma tropical y subtropical, además tienen ciertas desventajas que no permiten mejorar estos germoplasmas para lograr objetivos más apropiados a hibridación, por lo tanto, es necesario hacer ciertas modificaciones, las cuales permitan manejar un gran número de líneas en nivel de S1 para evaluación y únicamente evaluación de líneas S1 en mestizos que tengan buen comportamiento. El programa de mejoramiento tropical del CIMMYT está utilizando un esquema de selección recíproca recurrente modificado (SRRM) para así lograr un gran rango de objetivos orientados al desarrollo de híbridos.
- 2 Se pueden mejorar las fuentes de germoplasma en la selección recurrente para ACE. Dentro de este esquema también es importante introducir etapas de evaluación de líneas S1 antes o cuando se estén cruzando con los probadores. Aquí se puede utilizar como probador una línea o una cruce simple proveniente de dos líneas del mismo germoplasma.
- 3 Las fuentes de germoplasma heteróticas se pueden divergir genéticamente durante el proceso de desarrollo de líneas, después de alguna generación de endocria podemos cruzar con probadores de grupo heterótico opuesto en cada una de dos poblaciones para que en base al comportamiento per-se de las líneas y a su habilidad combinatoria permita seleccionar mejores líneas dentro de cada grupo para hacer una recombinación y mejorar el germoplasma. Este esquema no es fijo, pero es casi igual al esquema SRR.

ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR NUEVAS BASES DE GERMOPLASMA

Dentro de un programa de hibridación, siempre existe un proceso de desarrollo de líneas, el cual no es únicamente para formar híbridos, sino que también para crear nuevas fuentes de germoplasma que tengan una mayor utilidad. Se requiere de tiempo para formar nuevas bases de germoplasma de líneas que tengan alto nivel de compor-

tamiento per-se y buena habilidad combinatoria. Cuando no exista este tipo de germoplasma, se debe considerar usar estos progenitores endocriados para crear nuevas fuentes de germoplasma en base de líneas, además también hay posibilidad de usar estas líneas para separar patrones heteróticos y formar nuevos grupos o reconstituir el mismo grupo con una base amplia de germoplasma.

En el programa de híbridos del CIMMYT, siempre se pensó en la fundación de una base de germoplasma a nivel de líneas, después de 4 ó 5 años de intenso trabajo contamos con una base de líneas de diversos materiales, las cuales tienen tolerancia aceptable a endocria, buena ACG y además varios aspectos importantes que le son útiles para utilizarlas como macho o hembra. Esta base de germoplasma se usó para formar 4 nuevas poblaciones tropicales denominadas: IBP-1 (Blanco Dentado), IBP-2 (Blanco Cristalino), IBP-3 (Amarillo Dentado), IBP-4 (Amarillo Cristalino); además, se formaron 2 nuevos grupos heteróticos tropicales blanco dentado y cristalino (THG-A, THG-B). También se tiene oportunidad de crear nuevas fuentes de germoplasma con características contrastantes.

ESTRATEGIAS EN EL DESARROLLO DE PROGENITORES

Dependiendo del tipo de híbridos que se deseen formar, primero se deben desarrollar progenitores endocriados o no endocriados o ambos. En la formación de híbridos convencionales siempre utilizamos líneas endocriadas en grado intermedio o avanzado como progenitores; del mismo modo en la formación de híbridos no convencionales involucran no menos de un progenitor que debe ser no endocriado. Sin embargo, existe la posibilidad de involucrar dos progenitores no endocriados o uno endocriado y otro no endocriado (híbridos tipo mestizo).

En el programa tropical hay muchos esfuerzos dedicados al desarrollo de líneas, pero realmente hasta ahora existen muy pocas líneas que tengan utilidad en hibridación; muchos híbridos comerciales involucran líneas con un nivel de endocria a veces con no más de dos generaciones, por la sencilla razón de que las líneas más avanzadas carecen de rendimiento aceptable en la producción de semillas de híbridos. Debemos reconocer que el proceso de endocria es un proceso destructivo, en cada generación se elimina una cierta proporción de genotipos; cuando se llega a un nivel de endocria S4 o más, quedan muy pocas líneas que se pueden mantener y utilizar en un programa de hibridación, esto quiere decir que la probabilidad de obtener líneas en muchos materiales es muy baja y el método estándar para el desarrollo de líneas no es muy apropiado porque requiere de mucho tiempo para remuestrear el mismo material. Por lo tanto, es importante

pensar en una nueva estrategia en el desarrollo y mejoramiento de las fuentes de germoplasma que sirvan para incrementar la probabilidad de extracción de líneas en un nivel más alto a plazo corto para formar nuevos híbridos.

Actualmente, muchos programas nacionales no hacen reciclaje de líneas debido al poco esfuerzo aplicado.

El reciclaje de líneas se puede realizar en varias maneras, pero siempre reciclamos dentro del mismo grupo heterótico, en este proceso es necesario crear fuentes de líneas F2 en base a cruza simples e iniciar nuevamente una etapa de endocría para generar nuevas líneas, a veces se pueden usar también poblaciones retrocruzadas dentro del mismo grupo para el desarrollo de nuevas líneas.

Es importante mencionar que durante la etapa de desarrollo de líneas, según la tolerancia a endocría de las poblaciones, se deberá iniciar un reciclaje de líneas a un nivel más temprano o cuando tengamos muchas líneas.

CREACION DE PROGENITORES NO ENDOCRIADOS

Durante el desarrollo de híbridos no convencionales es importante crear progenitores no endocriados que sirvan en la formación de híbridos y evitar la tendencia a utilizar materiales de tipo polinización libre. La uniformidad y la atracción de estos híbridos dependerá de la variación de los progenitores, esto quiere decir que en caso de que queramos uniformidad buena en este tipo de híbridos, se deberán crear progenitores utilizando familias de hermanos completos (HC), medio hermanos (MH), líneas con endocría temprana y líneas élite; pero lo más importante es crear progenitores con una base estrecha de germoplasma que permita uniformidad.

IDENTIFICACION Y DESARROLLO DE PROBADORES

Este aspecto tiene amplios usos dentro del programa de mejoramiento de poblaciones y de desarrollo de híbridos. Además tienen utilidad en las diferentes etapas de desarrollo de líneas. El desarrollo de probadores es un proceso de evolución, al principio se pueden utilizar poblaciones, luego variedades experimentales, sintéticos y después cuando existan progenitores más sofisticados, se necesita tener probadores a nivel de híbridos y de líneas. Estos probadores se pueden crear e identificar durante el proceso de mejoramiento de poblaciones o durante el proceso de desarrollo y evaluación de líneas. Hasta ahora, en el programa tropical de CIMMYT contamos con casi 19 líneas identificadas como probadores y además, tenemos algunas cruza simples, así como algunos sintéticos, los cuales se pueden usar como probadores.

TIPO DE HIBRIDOS

Existe una etapa estándar en la formación de híbridos que requiere de 7 a 8 años para identificar un híbrido triple o doble, también hay dos fases de evaluación antes de identificar los mejores híbridos. Muchos programas realizan cruza dialélicas entre líneas para generar cruza simples y utilizar estos datos en la predicción de híbridos triples y dobles. Debemos considerar nuevas estrategias para identificar y formar híbridos en alguna etapa de evaluación, así como también la formación de híbridos entre líneas de diferente grupo heterótico. Hay algunos ejemplos de programas nacionales que formaron híbridos simples y triples usando líneas de la misma población, como es el caso de Tailandia. Según resultados obtenidos en CIMMYT, los híbridos entre líneas de diferentes poblaciones tienen una ventaja en comparación con híbridos entre líneas de la misma población. La formación de dialelos no es un proceso eficiente para la identificación de nuevos híbridos, sino que se identificarán cruza simples buenas que sirvan como progenitores en la formación de nuevos híbridos triples; de esta manera las líneas nuevas se pueden aparear con una cruza simple como probador para identificar nuevos híbridos triples en una sola fase de evaluación; el diseño II es más eficiente y permite la evaluación de un mayor número de líneas.

En resumen, en cualquier programa de hibridación si existe un nivel de sofisticación más alto, deberán formarse híbridos simples, pero éstos tendrán líneas como hembras con un alto nivel de rendimiento y con tamaño de grano aceptable. Para estos híbridos simples se necesita identificar líneas como probadores que sirvan como un progenitor fijo en la formación de nuevos híbridos. La metodología de formación de híbridos simples es mucho más fácil y también ayuda a generar nuevos híbridos en un tiempo más corto.

INTEGRACION DE MEJORAMIENTO DE POBLACIONES E HIBRIDACION

Existen diferentes formas de integrar el mejoramiento de poblaciones con el desarrollo de híbridos. Esto se discutió en una presentación en 1992 y hasta ahora en CIMMYT todos los esquemas nuevos establecidos están bien orientados al mejoramiento de poblaciones y a la formación de híbridos. Varios aspectos de mejoramiento de poblaciones que son integrados al desarrollo de híbridos son: Identificación de nuevas líneas en nivel de endocría temprana en cada ciclo de selección, obtención de información sobre ACG, formación de sintéticos con buen comportamiento en cruzamiento (CPS), identificación de híbridos convencionales y no convencionales, reciclaje de líneas con buen comportamiento y buena habilidad combinatoria.

BIBLIOGRAFIA

1. Vasal, S.K., G. Han, N. Vergara, V.P. Ahuja y M.A. Espinoza. 1990. XXXVI Reunión Anual del PCCMCA, San Salvador, El Salvador; 26-30 de marzo, 1990. Vol. I. p. 161-174.
2. -----, G. Srinivasan, F. González C., N. Vergara. 1992. XXXVIII Reunión Anual del PCCMCA, Managua Nicaragua; 23-27 de marzo, 1992.
3. Sriwatanapongse, S., S. Jinahyon and S.K. Vasal. 1993. Suwan-1: Maize from Thailand to the World, México, D.F. CIMMYT.

CUADRO 1. Patrones heteróticos de maíz importantes

Reid x Lancaster
Tuxpeño x Eto
Tuxpeño x Cubanos Cristalinos
Tuxpeño x Costeños Cristalinos Tropicales
Tusón x Cubanos Cristalinos
Tusón x Chandelle
Tusón x Tuxpeño
Costeños Cristalinos Tropicales x Cubanos Cristalinos
Costeños Cristalinos Tropicales x Chandelle
EC 573 x Sintético Kitale
AED x Tuxpeño

CUADRO 2. Posibles combinaciones heteróticas con las poblaciones del CIMMYT

Población	Posible Combinación Heterótica
21	Pobs. 32 y 25 y Pool 23
22	Pob. 32
23	Pool 20
24	Pob. 36 y Suwan-1
25	Pob. 21
26	Pool 21
27	Pool 25, Suwan-1 y Pob. 44*
28	Pob. 24 y Suwan-1
29	Pob. 32
31	Pob. 49*
32	Pobs. 21, 22, 29 y 44
33	Pob. 45
34	Pob. 42 y Pool 34*
36	Pob. 24
42	Pobs. 34, 43, 45* y 47
43	Pobs. 42 y 44
44	Pobs. 32, 25, 27* y 43
45	Pob. 33 y Pool 33
46	Pob. 48 y Pool 30
47	Pob. 42
48	Pob. 46 y Pool 27* y 28*
49	Pob. 26* y 31 y Pool 21*

* Indica que el material es de diferente color de grano que la población con la que se apareó y que aparece en la columna de la izquierda.

EVALUACION DE GENOTIPOS EN SERIE DE EXPERIMENTOS: DIFERENCIAS EN PARAMETROS GENETICOS GENERADOS EN DOS MODELOS

J. Sahagún¹

INTRODUCCION

La evaluación de los genotipos a través del tiempo y del espacio es una condición indispensable para estimar objetivamente su auténtico potencial agronómico y de rendimiento. Sin embargo, el análisis de varianza de la información producida en series de experimentos de evaluación genotípica ha sido realizado de maneras muy dife-

rentes, pudiéndose producir resultados diferentes también. Mientras que muchos autores (v. g., Nguyen et al, 1980; Grey, 1982) consideran que los factores "años" y "localidades" son cruzados y que el factor "bloques" se encuentra anidado en "localidades", otros (v. g., Campbell y Lafever, 1976; McIntosh, 1983) consideran que si bien "años" y "localidades" son cruzados, bloques debe estar anidado en las combinaciones de niveles de años y localidades. Más recientemente, Sahagún (1990) reporta un estudio específico sobre el tópico afirmando que, dado que los agentes del ambiente asociados con un mismo año típicamente inciden de manera diferencial en las locali-

¹ Profesor-Investigador, Depto. Fitotecnia, UACH; C.P. 56230, Chapingo, México