

UN NUEVO ENFOQUE DE LOS VIEJOS METODOS DE MEJORAMIENTO DE MAIZ

E. J. Wellhausen*

George F. Sprague¹ describió los métodos de mejoramiento de maíz a través de su desarrollo en la Faja Maicera de los Estados Unidos, así como el orden cronológico en el que fueron usados por los fitomejoradores, de la siguiente manera:

- 1) Selección Masal — 1870 — 1925
- 2) Selección de Mazorca por Surco — 1895 — 1917
- 3) Hibridación Intervarietal — 1875 — 1920
- 4) Formación de líneas a través de la endocria con subsecuente recombinación en el desarrollo de híbridos comerciales de alto rendimiento — 1920 al presente.

De éstos, la selección masal es el método de mejoramiento de maíz más viejo y simple. Fue usado por la población indígena de México y Centro América desde la domesticación del maíz, aproximadamente 7,000 años atrás, y con este método desarrollaron, consciente o inconscientemente, miles de diferentes variedades con diferentes niveles de productividad.

La mazorca fue la unidad de selección usada en las primeras técnicas de selección masal. Las mazorcas se escogían basándose en las características de planta y mazorca. Luego se desgranaba y sembraba en masa, la semilla de las mazorcas seleccionadas. La experiencia obtenida por los primeros fitomejoradores con este método, demostró claramente que la selección masal fue muy efectiva en modificar el tipo de planta, madurez, características de grano y composición química, pero, desafortunadamente, los primeros fitomejoradores nunca obtuvieron información crítica sobre la efectividad de este método en el mejoramiento del rendimiento. Los pocos intentos realizados para aumentar el rendimiento con la selección masal no lograron ningún cambio en la capacidad de rendimiento, principalmente debido a las técnicas inadecuadas para separar los efectos genéticos de los ambientales; por esto la selección masal como medio de aumentar la capacidad de rendimiento de variedades de polinización libre, se descartó rápidamente. Los fitomejoradores se dedicaron a buscar nuevos métodos, en lugar de buscar nuevas técnicas para la separación de los efectos genéticos y ambientales.

En 1896 la Estación Experimental Agrícola de Illinois, en Estados Unidos, inició un método

* Coordinador Ejecutivo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, D. F.

que subsecuentemente vino a ser muy conocido como "mazorca por surco". El sistema consistió esencialmente en el siguiente procedimiento:

- 1) 50 — 150 mazorcas seleccionadas se desgranaban por separado. Parte de los granos de cada mazorca se sembraba en un surco individual lado a lado. Los surcos eran de alrededor de 10 a 15 metros de largo. El remanente de la semilla de cada mazorca se identificaba y almacenaba.
- 2) Se calificaba cada uno de los surcos por las características deseables y por rendimiento y se identificaban visualmente los mejores surcos.
- 3) Al año siguiente se sembraba en un lote aislado la mezcla de la semilla remanente de los 10 a 20 mejores surcos.
- 4) A la madurez se seleccionaban en esta siembra nuevamente 50 — 150 mazorcas y luego se repetía el proceso.

Se encontró que este método también era muy efectivo en cambiar atributos poco influenciados por el medio ambiente, tales como ciertas características químicas y varias características de planta y mazorca, pero, como con la selección masal, los resultados de unos pocos experimentos en el mejoramiento del rendimiento fueron muy erráticos y decepcionantes, no debido a las limitaciones genéticas del método, sino más bien debido a las técnicas experimentales inadecuadas en la separación de los efectos genéticos y ambientales. Debido a los resultados decepcionantes de los primeros intentos por mejorar el rendimiento con este método, también se desacreditó entre los fitomejoradores y fue reemplazado por otros métodos que se creyeron más adecuados.

En 1977, Beal² informó los resultados con cruces intervariantales y de acuerdo con él los híbridos probados sobrepasaron en rendimiento a sus progenitores, en porcentajes que variaron entre el 10 y el 50%. Este hecho estimuló a otros fitomejoradores a hacer y probar cruces intervariantales. Hayes y Olsen,³ en 1919, presentaron datos de cruces de 12 diferentes variedades con Minnesota 13. Nueve de estos 12 cruces rindieron del 10 al 32% más que la variedad adaptada, Minnesota 13. Sin embargo, los datos presentados por Smith y Brunson⁴ en 1928, contrastaban con los anteriores. Estos investigadores, en un experimento en el que se cruzaron 10 variedades dentadas de maíz local con una variedad de "Reid Yellow Dent", no encontraron ganancia significa-

tiva en la prueba de los cruces intervarietales realizada a través de cinco años.

A pesar del hecho de haberse encontrado bastante heterosis en ciertas cruces intervarietales, especialmente entre variedades de origen diverso, la hibridación varietal nunca se popularizó como un método para obtener semilla de altos rendimientos. Muchos de los primeros informes de híbridos varietales más que todo daban instrucciones sobre cómo producir semilla híbrida, pero el método nunca fue popular y es dudoso que tales híbridos se hayan sembrado en extensiones considerable de terreno.

Aunque la hibridación varietal nunca fue popular, proveyó, en cambio, algo de la primera información sobre heterosis de rendimiento en maíz, e indirectamente estimuló el desarrollo de la producción de maíz híbrido tal como se le conoce en la actualidad.

Alrededor del año 1920 varios fitomejoradores de los Estados Unidos abandonaron los anteriores métodos de mejoramiento de maíz y empezaron a trabajar en el moderno concepto del maíz híbrido. La endocría comenzó a usarse en gran escala y las líneas resultantes se probaron en varias combinaciones con el propósito de producir híbridos de alto rendimiento para las diferentes áreas productoras de la Faja Maicera de E.U.A. Una vez que pusieron a disposición de los agricultores híbridos adaptados de alto rendimiento, la respuesta de los agricultores fue fenomenal. En el decenio comprendido entre 1935 a 1945, el uso de maíz híbrido en los Estados más productores de los Estados Unidos, aumentó de menos del 5% al 90%.

Este hecho fenomenal trascendió a todo el mundo y los fitomejoradores en casi todas partes descartaron inmediatamente sus viejos métodos de mejoramiento y se dedicaron a usar la técnica del maíz híbrido con diferentes grados de éxito.

Cada uno de los pasos en la evolución de los métodos de mejoramiento del maíz fue el resultado de algún avance en el conocimiento. Algunos de los cambios, sin embargo, fueron accidentales. El método del maíz híbrido fue descubierto por genetistas que estaban estudiando el efecto de la endocría, pero el vigor híbrido resultante de el cruce de líneas fue descubierto accidentalmente. Estos descubrimientos no sólo estimularon un cambio casi universal en los métodos de mejoramiento de maíz, sino que también los fitomejoradores, al usar este nuevo método, aprendieron rápidamente cómo medir efectivamente las pequeñas diferencias de rendimiento. A la par de este nuevo método de mejoramiento, se experimentó una revolución en las técnicas experimentales; así

se desarrollaron nuevos y muy eficientes diseños experimentales que permitieron separar los efectos genéticos de los ambientales.

Como resultado de esto tenemos ahora diseños experimentales de campo que nos permiten medir con precisión pequeñas diferencias de rendimiento entre genotipos diferentes.

Lo que es más, el método del maíz híbrido y la gran precisión de los nuevos diseños experimentales estimularon la realización de estudios sobre la naturaleza del vigor híbrido, lo que, a su vez, contribuyó grandemente al conocimiento y formación de los conceptos de la acción génica cuantitativa. La mayoría de los fitomejoradores reconocen ahora la existencia de dos tipos de acción génica en el mejoramiento del rendimiento. A una se le conoce como la acción aditiva, en la que el gene A+ el gene B+, el gene C etc., imparten una mayor expresión a un carácter dado, que cada uno de los genes por sí solos. Al otro tipo de acción génica se le reconoce como el efecto dominante de un heterocigote. En este tipo de acción génica el heterocigote Aa es superior, en la expresión de un carácter cuantitativo, que cualquiera de los homocigotes AA o aa. En realidad los genetistas discrepan mucho en relación con este tipo de acción génica.

La caracterización más precisa de los tipos de acción génica ha estimulado nuevos estudios en el mejoramiento del rendimiento en variedades de polinización libre, a través de varios tipos de selección masal y este método de mejoramiento del maíz ha recibido considerable atención durante los últimos años. Tenemos ahora suficiente certeza de que las primeras experiencias en el mejoramiento del rendimiento por selección masal fallaron, no debido a la falta de variancia genética aditiva en las variedades en las que se practicó este método, sino, más que todo, debido a la carencia de técnicas adecuadas de separación de los efectos genéticos y ambientales. Una de las mayores dificultades en la selección masal es la distinción del verdadero valor genético de la apariencia fenotípica de las plantas individuales en el campo. El éxito en la selección masal dependió de la habilidad del fitomejorador para eliminar aquellas cosas que tienden a darle una falsa apreciación de la verdadera capacidad genética de rendimiento.

En los últimos años el Dr. John Lonnquist, de la Universidad de Nebraska, y otros investigadores, han sugerido ciertas técnicas que permiten una evaluación más precisa de la verdadera capacidad genética de rendimiento de las plantas individuales de una variedad de polinización libre. Con estas nuevas técnicas se han obtenido ganancias en rendimiento que varían entre 4 a 5% por

generación, incluso con variedades de alto grado de uniformidad. Si se considera que la capacidad rendidora de una población puede incrementarse 4 a 5% en una generación de selección y que se puede completar un ciclo de selección por año, y en ciertos lugares hasta dos veces por año, este método puede constituir un medio simple y poderoso para mejorar el rendimiento de maíz.

Con este nuevo descubrimiento, los tres primeros métodos de mejoramiento mencionados al principio, ya descartados hace tiempo como relativamente inefectivos, adquieren repentinamente nuevo valor. En mi opinión no se conoce por el momento, en las zonas tropicales del mundo, un método que rinda más, tomando en cuenta el tiempo y dinero invertidos, que la selección masal inteligentemente usada. Es un método muy simple y rápido para mejorar el maíz. El detalle de los pasos a seguir en un programa de selección masal, puede encontrarse en un artículo publicado en el Informe de la VIII Reunión del PCCMM, con el nombre de: "Plan para el Mejoramiento Progresivo del Maíz en Cooperación con los Agricultores"⁵

Como todos los otros métodos, la selección masal, para ser efectiva, debe ser usada inteligentemente. Su efectividad para cambiar una población depende de dos cosas: 1) la cantidad de variación genética aditiva presente en la población, y 2) la habilidad del fitomejorador para distinguir en la población los mejores genotipos de los inferiores cuando se seleccionan las plantas individuales.

Al seleccionar una población para mejorarla por selección masal, es importante tener en mente dos cosas: 1) el nivel de rendimiento de la población a mejorarse y (2) su variación genética aditiva. Uno debe empezar con una variedad de polinización libre del mejor rendimiento posible y que además tenga potencial para mejoramiento ulterior, es decir, que tenga considerable variación genética aditiva.

Aunque el mejoramiento del maíz evolucionó en la forma descrita anteriormente, aquí cambiaremos el orden de su uso para futuros programas de mejoramiento, de la manera siguiente:

- 1.—Cruces Intervarietales
- 2.—Selección Masal
- 3.—Selección de Mazorca por Surco
- 4.—Maíz Híbrido (Recombinación de líneas).

En lugar de empezar un programa de selección masal en las mejores variedades criollas, sería mejor encontrar primero qué variedades, entre las miles que se conservan en los bancos de germoplasma de Latinoamérica, exhiben mayor rendimiento en cruces entre ellas. Una vez conocido esto, se puede formar una población de poli-

nización libre con las generaciones avanzadas de estos cruces, las que muy probablemente rendirán más que las variedades criollas disponibles. Esta población, entonces, puede mejorarse inmediatamente a través de selección masal.

Un proceso que pueden seguir otros fitomejoradores en las zonas tropicales es el iniciado por el Ing. Julio Romero en Honduras. El encontró que el cruce ETO x Colima 14 es superior a las variedades criollas o introducidas en la zona de Comayagua. Por esto él está produciendo y distribuyendo semilla de este cruce entre agricultores progresistas de ésta y otras áreas de Honduras. Aunque al presente es difícil producir grandes cantidades de semilla de este cruce, la distribuida entre ciertos agricultores servirá para hacer conciencia en ellos de las ventajas de la semilla mejorada y así abrir la puerta para la aceptación de otros maíces mejorados que vendrán más tarde. Muchos agricultores todavía, por una razón u otra, conservan su propia semilla y no compran nueva semilla híbrida para cada siembra. Ellos igualmente conservarán la semilla de el cruce ETO x Colima 14 y la distribuirán entre sus vecinos. Este oslo hecho levantará el nivel de producción de las variedades de una zona y hará que aparezcan nuevas variedades. Sin embargo, ninguna de ellas será tan buena como la que puede desarrollarse de las generaciones avanzadas de este cruce en un programa de selección recurrente, tal como lo presenté en el Informe del PCCMM de 1962.⁵

Entonces, aunque el Ing. Romero está iniciando su programa de mejoramiento de maíz con un buen cruce intervarietal, éste le servirá para ganar tiempo mientras desarrolla variedades de polinización libre por selección masal y a partir de la generación avanzada de este cruce. Este último resultado puede ser tan bueno o mejor que el cruce intervarietal, además de ser de más fácil producción y distribución. Este proceso de selección masal no debiera tomar mucho tiempo, ya que la generación avanzada de el cruce mismo rendirá mejor que las variedades criollas y por muchas razones se puede esperar que esta población tenga suficiente variación genética aditiva que permita un progreso rápido en el mejoramiento del rendimiento mediante la selección masal.

A medida que se cuente con más fondos y se entrenen más asistentes para el programa de mejoramiento, el Ing. Romero podrá decidirse por usar un sistema modificado de selección de mazorca por surco, en la forma propuesta por el Dr. John H. Lonnquist⁶ Este sistema puede probablemente permitirle la concentración de genes aditivos favorables, en una forma tal vez más rápida.

generación, incluso con variedades de alto grado de uniformidad. Si se considera que la capacidad rendidora de una población puede incrementarse 4 a 5% en una generación de selección y que se puede completar un ciclo de selección por año, y en ciertos lugares hasta dos veces por año, este método puede constituir un medio simple y poderoso para mejorar el rendimiento de maíz.

Con este nuevo descubrimiento, los tres primeros métodos de mejoramiento mencionados al principio, ya descartados hace tiempo como relativamente inefectivos, adquieren repentinamente nuevo valor. En mi opinión no se conoce por el momento, en las zonas tropicales del mundo, un método que rinda más, tomando en cuenta el tiempo y dinero invertidos, que la selección masal inteligentemente usada. Es un método muy simple y rápido para mejorar el maíz. El detalle de los pasos a seguir en un programa de selección masal, puede encontrarse en un artículo publicado en el Informe de la VIII Reunión del PCCMM, con el nombre de: "Plan para el Mejoramiento Progresivo del Maíz en Cooperación con los Agricultores"⁵

Como todos los otros métodos, la selección masal, para ser efectiva, debe ser usada inteligentemente. Su efectividad para cambiar una población depende de dos cosas: 1) la cantidad de variación genética aditiva presente en la población, y 2) la habilidad del fitomejorador para distinguir en la población los mejores genotipos de los inferiores cuando se seleccionan las plantas individuales.

Al seleccionar una población para mejorarla por selección masal, es importante tener en mente dos cosas: 1) el nivel de rendimiento de la población a mejorarse y (2) su variación genética aditiva. Uno debe empezar con una variedad de polinización libre del mejor rendimiento posible y que además tenga potencial para mejoramiento ulterior, es decir, que tenga considerable variación genética aditiva.

Aunque el mejoramiento del maíz evolucionó en la forma descrita anteriormente, aquí cambiaremos el orden de su uso para futuros programas de mejoramiento, de la manera siguiente:

- 1.—Cruces Intervarietales
- 2.—Selección Masal
- 3.—Selección de Mazorca por Surco
- 4.—Maíz Híbrido (Recombinación de líneas).

En lugar de empezar un programa de selección masal en las mejores variedades criollas, sería mejor encontrar primero qué variedades, entre las miles que se conservan en los bancos de germoplasma de Latinoamérica, exhiben mayor rendimiento en cruces entre ellas. Una vez conocido esto, se puede formar una población de poli-

nización libre con las generaciones avanzadas de estos cruces, las que muy probablemente rendirán más que las variedades criollas disponibles. Esta población, entonces, puede mejorarse inmediatamente a través de selección masal.

Un proceso que pueden seguir otros fitomejoradores en las zonas tropicales es el iniciado por el Ing. Julio Romero en Honduras. El encontró que el cruce ETO x Colima 14 es superior a las variedades criollas o introducidas en la zona de Comayagua. Por esto él está produciendo y distribuyendo semilla de este cruce entre agricultores progresistas de ésta y otras áreas de Honduras. Aunque al presente es difícil producir grandes cantidades de semilla de este cruce, la distribuida entre ciertos agricultores servirá para hacer conciencia en ellos de las ventajas de la semilla mejorada y así abrir la puerta para la aceptación de otros maíces mejorados que vendrán más tarde. Muchos agricultores todavía, por una razón u otra, conservan su propia semilla y no compran nueva semilla híbrida para cada siembra. Ellos igualmente conservarán la semilla de el cruce ETO x Colima 14 y la distribuirán entre sus vecinos. Este oslo hecho levantará el nivel de producción de las variedades de una zona y hará que aparezcan nuevas variedades. Sin embargo, ninguna de ellas será tan buena como la que puede desarrollarse de las generaciones avanzadas de este cruce en un programa de selección recurrente, tal como lo presenté en el Informe del PCCMM de 1962.⁵

Entonces, aunque el Ing. Romero está iniciando su programa de mejoramiento de maíz con un buen cruce intervarietal, éste le servirá para ganar tiempo mientras desarrolla variedades de polinización libre por selección masal y a partir de la generación avanzada de este cruce. Este último resultado puede ser tan bueno o mejor que el cruce intervarietal, además de ser de más fácil producción y distribución. Este proceso de selección masal no debiera tomar mucho tiempo, ya que la generación avanzada de el cruce mismo rendirá mejor que las variedades criollas y por muchas razones se puede esperar que esta población tenga suficiente variación genética aditiva que permita un progreso rápido en el mejoramiento del rendimiento mediante la selección masal.

A medida que se cuente con más fondos y se entrenen más asistentes para el programa de mejoramiento, el Ing. Romero podrá decidirse por usar un sistema modificado de selección de mazorca por surco, en la forma propuesta por el Dr. John H. Lonnquist⁶ Este sistema puede probablemente permitirle la concentración de genes aditivos favorables, en una forma tal vez más rápi-

da. Todavía más tarde, si las condiciones favorecen la investigación agrícola y la educación rural, el Ing. Romero puede empezar a usar la técnica del maíz híbrido en su programa de mejoramiento. El maíz híbrido se adapta mejor a una agricultura altamente tecnificada y en un país como Honduras o Guatemala, con tantos suelos y climas diferentes, se necesitarán otros tantos híbridos adaptados a cada clima y suelo. Por esta razón, puede que el maíz híbrido nunca sea económico en grandes áreas de estos países.

Para terminar, quisiera mencionar algunas de las poblaciones compuestas de maíz, que están disponibles para realizar programas de mejoramiento por selección masal. Muchos de estos compuestos, como tales, pueden rendir más que las variedades criollas de las zonas bajas de Centroamérica.

Algunos de los compuestos más prometedores son los siguientes:

BLANCOS:

- 1) ETO x Tuxpeño
Poblaciones de ETO x Colima Grupo 1 y Mix. 1 están ahora a disposición y con un número variable de generaciones de mezcla de amplia base genética, que debe para zonas bajas y de alta precipitación pluvial.
- 2) T C S
Esta es una mezcla de germoplasma Tuxpeña, Caribeño y Salvadoreño que actualmente tiene de 5 a 6 generaciones de mezcla. Este compuesto constituye una mezcla de amplia base genética, que debe ser muy flexible en su uso.
- 3) Compuesto Salvadoreño
Esta es una mezcla de las mejores variedades de la raza Salvadoreño, procedentes de diferentes áreas de Centroamérica. Este compuesto debe ser muy útil en aquellos programas de mejoramiento en que se necesitan variedades precoces.
- 4) Tuxpeño Salvadoreño
Esta población se separó de la generación avanzada de una mezcla de un número de cruces sobresalientes entre variedades de Tuxpeño y Salvadoreño.
- 5) ETO x Salvadoreño
Es una población derivada a partir de

una mezcla entre cruces sobresalientes de ETO x Salvadoreño.

AMARILLOS:

- 1) Compuesto Cuba 40, Hawaii 5, SLP 104.
Este compuesto se hizo a partir de una mezcla de cruces posibles entre las mencionadas variedades. Actualmente se encuentra en la 5 a 6 generación de mezcla.
- 2) Compuesto Caribe
Esta es una amplia mezcla que incluye las mejores variedades seleccionadas en el Caribe. Al presente está en la 5 a 6 generación de mezcla.
- 3) Compuesto Caribe (Flint-Dent)
Las variedades más rendidoras en el área del Caribe se derivaron de cruces entre maíces duros x dentados. Este compuesto se formó de la misma manera y mezclando las mejores variedades duras y dentadas del área.

El Ing. Angel Salazar, en Nicaragua, ha estado propagando la mayoría de estos compuestos, con el fin de promover la mayor mezcla posible. Los interesados en estas poblaciones pueden dirigirse a él y conseguir semilla para iniciar programas de selección masal u otros fines.

C I T A S

- ¹ Sprague, G. F. — Mejoramiento del Maíz. Traducción del Capítulo V del libro "Corn and Corn Improvement". Publicación del PCCMM, 1960.
- ² Beal, W. J. — 1877 — Report of the professor of Botany and Horticulture. Rept. Mich. Bd. Agr. pp. 41-59.
- ³ Hayes H. K. and Olsen P. J. — 1919 — First generation crosses between standard Minnesota corn varieties. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 183: 5-22.
- ⁴ Smith, L. H. and Brunson, A. M. — 1928 — Experiments in crossing varieties as a means of improving productiveness in corn. Illinois Agr. Exp. Sta. Bull. 366: 374-386.
- ⁵ Wellhausen, E. J. — 1962 — Plan para el mejoramiento progresivo del maíz en cooperación con los agricultores. Informe de la VIII Reunión Anual del PCCMM. pp. 10-13.
- ⁶ Lonnquist, J. H. — 1960 — El mejoramiento de las poblaciones de maíz. Informe de la VI Reunión Anual del PCCMM. pp. 14-22.