

Diversidad Genética del Maíz y su Aprovechamiento *in situ* a Nivel Regional

F. Castillo, E. Herrera, J. Romero, R. Ortega, M. Goodman, M. E. Smith

Colegio de Posgraduados, Montecillo, México.

Resumen

En la región oriental del estado de México (2000 a 2600 m.s.n.m.) prevalece la siembra de maíces nativos de la raza Chalqueño. Con el fin de estudiar la posibilidad de mejorar la productividad de ese maíz y, al mismo tiempo, de conservar la diversidad genética *in situ*, se reunieron más de 100 poblaciones, integradas por diferentes agricultores y comunidades, para estudiar la diversidad de ese germoplasma. Se prueban actualmente tres estrategias de mejoramiento con la participación de los productores.

La diversidad se manifiesta en las tres variantes reconocidas de la raza Chalqueño y en las poblaciones de las razas Cacahuacintle y Palomero Toluqueño, que se siembran con poca frecuencia. Hay también formas adaptadas del maíz Ancho, que prevalecen a menor altitud en regiones vecinas, y formas intermedias entre Ancho y Chalqueño. Varía también el precio entre variantes del maíz según el uso culinario al que se destinen.

Una alternativa para mejorar la productividad de estas variantes está en hallar poblaciones que muestren mayor rendimiento en una evaluación agronómica (con diseño experimental incluido) de las poblaciones recolectadas. Se calcula que las 8 ó 10 poblaciones superiores pueden incrementar la productividad en cerca de 20% con respecto al promedio de todas las muestras evaluadas. Los híbridos comerciales disponibles tienen un rendimiento semejante al de los maíces nativos, pero son poco aceptados por los productores.

Otra alternativa para mejorar la productividad consiste en aprovechar la variación entre plantas dentro de cualquier población nativa (o variedad criolla); el productor logra este objetivo haciendo, con muy poca asistencia técnica, selección masal. Al hacer una evaluación preliminar de los compuestos de tres ciclos de selección practicados por cinco agricultores diferentes, se observó que tales compuestos obtenían una ganancia total, respecto al rendimiento, de 20% como promedio de las cinco poblaciones. No hubo, prácticamente, modificaciones en otros atributos de interés para los productores.

La tercera alternativa para aprovechar la diversidad es la prueba del cruzamiento de poblaciones criollas, que se cultivan en regiones ecológicas similares, con tres poblaciones elegidas como probadores. Los resultados, también preliminares, indican efectos de heterosis hasta de 2 t/ha en rendimiento de grano. Un ajuste que incorpore poblaciones más adecuadas podría mejorar este efecto.

Introducción

Mesoamérica, con México incluido, es un centro de origen y diversidad genética de plantas cultivadas, así como un centro de domesticación de especies silvestres. La cantidad de especies que contiene esta área es, según algunos autores, de 30,000; de éstas, más de 100 son actualmente cultivos agrícolas cuya importancia va de mediana a grande.

Entre las aportaciones de Mesoamérica a la agricultura mundial se citan el maíz, el frijol, la calabaza, el chile, el aguacate, el algodón, el camote, la flor de nochebuena, el cacao, el maguey tequilero y otras. La evolución de los sistemas agrícolas, tanto para bien como para mal, ha sido lenta; en la actualidad, por tanto, se encuentra gran diversidad genética dentro de casi todas las especies cultivadas mencionadas. Se puede observar la combinación de diversas especies en asociaciones de diferente índole para tratar de obtener resultados satisfactorios de operaciones agrícolas simultáneas.

El maíz es un cultivo muy importante: se siembra en el mundo un área de más de 7 millones de hectáreas y la población humana incluye en su alimentación más de 200 kg per cápita al año de este producto. Esta importancia representa una preocupación para los gobiernos y un reto para los que diseñan estrategias que permitan satisfacer la demanda con la producción local. Las importaciones han aumentado en México en los últimos años hasta la cifra de 5 millones de toneladas en 1998, según datos oficiales; otras fuentes de estadística indican que esa cifra es mayor.

El promedio nacional de rendimiento de maíz es cercano a 2 t/ha. En más del 80% de la superficie cultivada con maíz se siembran semillas criollas que los productores han conservado de sus cosechas por generaciones. Gran parte de la diversidad genética del maíz aún se conserva en manos de los productores; además, los logros del mejoramiento genético han tenido muy poco efecto en muchas regiones maiceras de México. Se propone, por tanto, una estrategia que logre dos objetivos:

- elevar la productividad del maíz en regiones donde predomine el cultivo de variedades nativas;
- conservar simultáneamente la diversidad genética prevaeciente de esa especie.

La estrategia consiste en estudiar la diversidad del maíz en la región oriental del estado de México (2000 a 2600 m de altitud) y en ensayar, junto con los agricultores, varias metodologías sencillas de mejoramiento genético. Los agricultores podrán aplicarlas en el futuro cercano sin necesidad de depender del mejoramiento genético formal, y se logrará así una evolución bajo domesticación en forma más dirigida.

Diversidad Genética

Varios estudios sobre la diversidad del maíz en México señalan que, en la región mencionada de México, predomina la raza de maíz Chalqueño, cuyo potencial de rendimiento de grano se considera bueno. Se hizo una colección de unas 200 accesiones en diferentes comunidades del área y se completó su caracterización morfológica detallada.

Razas

El trabajo anterior halló que en esa área se cultivan cuatro formas de la raza Chalqueño:

- El **Chalqueño**, descrito antes por varios investigadores, de grano dentado y color cremoso.
- El **Elote Chalqueño**, de grano azul y endospermo de consistencia harinosa, que se consume de preferencia como elote o choclo.
- El **Palomo**, de grano de color blanco y endospermo de consistencia semiharinosa a dentada, el cual es preferido para la elaboración de tamales. El tamal es una masa 'nixtamalizada' (preparada en forma diferente a la que se usa para tortillas) que se combina con diversos ingredientes, se envuelve con brácteas de la mazorca y se cuece al vapor.
- El **Amarillo**, de grano semicristalino, que tolera más las condiciones ambientales adversas y tiene un grano más nutritivo, según los productores; sin embargo, sólo pudieron recolectarse muy pocas muestras porque, al parecer, la política de precios de los años pasados lo ha hecho desaparecer.

Una observación interesante sobre la caracterización morfológica: las colecciones consideradas típicas, que se han usado en varios estudios de diversidad, son un tanto diferentes a las formas de la región de estudio porque presentan granos de tamaño menor y otras diferencias pequeñas en la planta y en la mazorca.

En el estado vecino de Morelos, donde la altitud es menor, hay varias razas de maíz y prevalece entre ellas el **Ancho**, cuya mazorca tiene de 8 a 10 hileras y grano bastante grande, aplanado y de forma redonda. Este maíz se prefiere mucho para la elaboración de pozole (grano entero que revienta al ser hervido en agua y se combina con otros ingredientes y especias). En el área aledaña al estado de México, pero aún a más de 2000 m.s.n.m., se recolectaron algunas poblaciones de maíz Ancho que los agricultores han adaptado seleccionando semilla en esas condiciones y cultivándolo en el área.

Otras poblaciones presentan rasgos intermedios entre los que caracterizan ya sea al Ancho o al Chalqueño. Esto debe ser efecto de la recombinación genética. Las poblaciones del maíz Ancho adaptadas conservan, al parecer, su

capacidad para reventar y de ahí su calidad culinaria para la elaboración de pozole.

Otra raza de maíz que se usa para hacer pozole es el **Cacahuacintle**. De este maíz se recolectaron también pocas muestras; en algunos casos, la semilla provenía de otras regiones y el agricultor la renueva cada 2 ó 3 años. La capacidad para elaborar pozole de las muestras ensayadas indica que el Ancho y el Cacahuacintle son semejantes respecto a la ganancia de peso, aunque el Ancho presentó mayor expansión en volumen.

Precios

La diversidad de formas del maíz está asociada a usos culinarios específicos; esto determina también diferencias en los precios de venta en los mercados locales. El Ancho y el Cacahuacintle alcanzan los precios más altos y llegan a más del doble con respecto al precio estándar en algunas épocas del año. El Maíz Azul y el Palomo también tienen sobreprecio.

Dada la cercanía de esta región a los mercados de Ciudad de México, la separación de las brácteas (totomoxtle) y su empaquetado para venderlas como envoltura de tamales son una actividad económica importante. Varios agricultores manejan la densidad de plantas de sus campos para tratar de obtener mazorcas de mayor tamaño cuyas brácteas serán, por ello, más grandes. En opinión de algunos agricultores, los ingresos por grano o por brácteas resultan equivalentes.

En la región se siembra muy poca semilla de maíz híbrido. Algunos agricultores han ensayado los híbridos en años anteriores y señalan dos ventajas de ellos: sus plantas son relativamente bajas y se acaman menos que las variedades criollas. No obstante, su rendimiento de grano es semejante al de los materiales tradicionales y tienen una desventaja: los granos de los híbridos no alcanzan el tamaño de los granos criollos y esto los pone en desventaja en el mercado.

Mejoramiento Participativo

La diversidad del maíz en la región mencionada se expresa en diferentes razas y en diversas formas dentro de la raza Chalqueño. Hay también aspectos diferenciales respecto al uso culinario de las razas y al precio de éstas en el mercado. Estas diferencias podrían conducir a trabajos específicos de mejoramiento, adecuados a la tecnología culinaria y para cada tipo de diversidad reconocido. Ahora bien, una estrategia exhaustiva necesitaría de mayor capacidad, por lo que se están probando esquemas de mejoramiento de manera genérica, tales como la aplicación de la selección masal dentro de cinco poblaciones, la valoración agronómica entre las poblaciones colectadas, y la prueba del cruzamiento intervarietal. En el futuro se dirigirá más la atención a las características del maíz que estén orientadas a su uso específico.

Selección masal

En general, los agricultores seleccionan tradicionalmente la semilla que sembrarán en los granos que obtienen de las mazorcas de la cosecha anterior que están almacenadas. Escogen las mazorcas de mayor tamaño y mejor aspecto, asegurándose de que el elote no sea demasiado grueso y que los granos sean de buen tamaño y muy sanos. Eliminan los granos fuera de tipo y las mazorcas que tengan el elote (el raquis) con algún problema sanitario. Esta práctica ha permitido la evolución bajo domesticación.

Aunque se han hecho pocos estudios sobre este aspecto, se evaluaron los materiales recolectados en la región alrededor de 1970 y conservados en bancos de germoplasma y los recién recolectados; la comparación indicó una diferencia de 400 kg/ha a favor de los materiales recientes. Esta evaluación podría adolecer de alguna imprecisión; sin embargo, respalda bien la aplicación de la selección masal y justifica el propósito de este trabajo, es decir, modificar favorablemente la práctica agrícola con que el agricultor procura incrementar la productividad de sus poblaciones de maíz.

Se seleccionaron cinco agricultores en la región con el propósito de hacer la selección en el campo al momento de la cosecha. La selección se hizo en función del tipo de maíz que cultivaban: dos con maíz de grano dentado cremoso, dos con maíz de grano blanco semidentado y uno con maíz azul. El trabajo se inició en 1995 aplicando la tecnología agrícola tradicional de los agricultores y sembrando en sus campos al menos una extensión de un cuarto de hectárea. No se consideraron las plantas desarrolladas en una franja de 5 m o más en los bordes y se hizo selección en lotes menores ('sublotes') de alrededor de 50 m². Dentro de cada lote menor, el agricultor consideró las plantas de altura moderada, sanas, de tallo fuerte, que no se acamaron; de las mazorcas de esas plantas seleccionó las que reunían los requisitos del esquema tradicional.

En 1998 se estableció un experimento en el que se probaron los compuestos de los tres ciclos de selección realizados en los años anteriores en cada una de las cinco poblaciones incluidas en el proceso de selección; el experimento se hizo en dos localidades y con tres repeticiones. Los resultados, aunque son preliminares, representan una ganancia total del 20% en rendimiento de grano para las cinco poblaciones de maíz; otras características de éstas, como el tamaño del grano, la altura de planta y los días hasta la floración, no se modificaron.

En 1999 se llevó a cabo otro experimento en el que se procuró obtener mayor precisión. Las ganancias reales pudieron ser más modestas y la respuesta a la selección pudo reducirse, en generaciones anteriores, por causa de una posible tendencia a la uniformidad de la población; sin embargo, la metodología fue, al parecer, conveniente y fácil de aplicar por los productores. La actitud de los agricultores varía pero es, en general, favorable. Por consiguiente, otros agricultores podrían tener en cuenta la modificación aquí propuesta para su esquema tradicional de selección de semilla; podría elevarse así el potencial productivo a un nivel amplio.

Variedades criollas más productivas

La práctica de la selección de la semilla varía en calidad entre un agricultor y otro. Además, la calidad del material de donde provienen sus poblaciones también varía. Por consiguiente, se observan diferencias entre las poblaciones de varios agricultores, tanto respecto a la diversidad genética como a la productividad de grano.

Se han hecho experimentos en localidades y años diversos, bajo la tecnología predominante en el área, para evaluar la capacidad agronómica de alrededor de 120 poblaciones recién recolectadas. Hubo grandes diferencias entre poblaciones, lo que ha permitido detectar las de mayor rendimiento; la semilla de éstas puede incrementarse y distribuirse, por diferentes mecanismos, con el fin de mejorar la productividad de los cultivos de maíz.

La comparación del promedio global de todas las poblaciones nativas evaluadas y el promedio de las ocho poblaciones de mayor rendimiento dio un 20% de superioridad para estas últimas. Este resultado indicaría la ventaja que ofrece este tipo de evaluación para incrementar la productividad en un sector, al menos, de la comunidad de los agricultores. Los autores de este trabajo inician, por ello, actividades de demostración para invitar a los productores, a través de sus organizaciones tradicionales, a que conozcan los resultados antes expuestos.

Los híbridos que se incluyeron como testigos tienen un rendimiento promedio semejante al de los ocho materiales nativos más sobresalientes. El mejor híbrido fue el que más rindió de todos los materiales, pero en el caso presente esta superioridad es poco importante. Estas conclusiones no significan que el mejoramiento formal poco tiene que ofrecer en la región mencionada; antes bien, se necesitaría un análisis que plantee la posibilidad de un mejor aprovechamiento de la diversidad de la región y que considere, a la vez, la manera adecuada de aplicar los criterios de selección.

Cruzamientos intervarietales con mayor heterosis

En áreas agroecológicas similares se pueden encontrar formas de diversidad genética similares. El maíz Chalqueño se encuentra en el altiplano central de México, a altitudes de 2000 a 2600 msnm, y se siembra con la humedad residual del suelo al inicio de la primavera. En otras áreas geográficas de México, tanto hacia el norte como al sur y al poniente del área en que predomina el Chalqueño, se practican también siembras de maíz con la humedad residual y los materiales tienen un ciclo biológico de duración semejante.

Para poder evaluar la aparición de diferencias en la expresión de la heterosis, como resultado de diferencias en la divergencia genética asociada al origen geográfico, y una vez detectadas algunas combinaciones sobresalientes, se sugieren fuentes de germoplasma que pueden enriquecer la diversidad del maíz en el oriente del estado de México. Esto abriría una perspectiva en la selección masal porque ampliaría la variación de algunas poblaciones mediante la recombinación genética. Se consiguieron, por tanto, poblaciones conservadas en

los bancos de germoplasma que habían sido recolectadas en altitudes elevadas y cuya siembra estaba relacionada con la humedad residual.

Alrededor de 50 poblaciones se cruzaron con dos progenitores comunes; estas poblaciones tenían antecedentes conocidos en otros estudios o en el trabajo de mejoramiento genético hecho en los valles altos centrales de México. En 1998 se estableció un experimento en dos localidades y se observó que los niveles sobresalientes de heterosis alcanzaban de 1 a 2 t/ha.

Se evalúa actualmente un juego más completo de cruzas de prueba, en el que fue posible incluir, como progenitor común, a una de las poblaciones sobresalientes de los experimentos descritos en el párrafo anterior.