

Conservación y Uso de la Agrobiodiversidad en Comunidades Agrícolas

Altair Toledo Machado

EMBRAPA Agrobiologia, Seropédica, RJ, Brasil.

Resumen

Se inició en 1990 un proyecto conjunto entre EMBRAPA-Agrobiología y la Red PTL, o sea, la red de organizaciones no gubernamentales que trabajan con la agricultura alternativa y representan diferentes comunidades agrícolas. El trabajo pretende encontrar estrategias para el uso y la conservación de la diversidad genética de maíz en las comunidades agrícolas a partir de la investigación participativa. Junto con las comunidades de pequeños agricultores se rescataron las variedades locales y se hicieron luego ensayos de evaluación y de caracterización, comparando esas variedades locales con algunas mejoradas. En esos ensayos se identificaron variedades locales con alto potencial productivo y que toleraban diferentes tipos de estrés biótico y abiótico.

Como parte de este trabajo, se hizo también mejoramiento integrado y participativo a dos variedades de maíz en las comunidades asentadas por la reforma agraria en el estado de Río de Janeiro. Los diversos ensayos realizados permiten apreciar la eficiencia del mejoramiento participativo en el desarrollo de variedades porque la productividad de éstas aumentó en ambientes de alto estrés debido a la sequía y a la poca disponibilidad de nitrógeno.

El manejo de la diversidad genética del maíz sirvió como instrumento metodológico para las comunidades agrícolas mencionadas, que emplearon luego el mismo método en otros cultivos. Lo importante del trabajo es entender la diversidad genética vegetal insertada en la complejidad de la comunidad agrícola; hay aquí aspectos ligados al ecosistema, a la cultura, a los valores sociales, económicos y antropológicos. El manejo de todo ese sistema proporcionaría a las comunidades agrícolas mayor sostenibilidad y un incremento en la diversidad genética, si se cuenta con la colaboración efectiva en todos los procesos relacionados con la seguridad alimenticia.

Introducción

La política internacional sobre seguridad alimentaria considera el desarrollo del uso y la conservación de los recursos genéticos como una actividad prioritaria. Las conferencias internacionales reunidas en 1992 en Rio de Janeiro, Brasil, y en 1996 en Leipzig, Alemania, señalaron la importancia tanto de la conservación (*in situ*, *ex situ* y en las fincas) como del uso de la agrobiodiversidad; consideran que estas dos acciones son clave en la preocupación por la seguridad alimentaria y contribuyen a detener los procesos que conducen a la erosión genética.

Miles de accesiones han sido ya recolectadas y se encuentran almacenadas en bancos de germoplasma. El manejo efectivo de la diversidad genética presente en esas colecciones es bastante complicado. Se perdió buena parte de esa

diversidad, así como el conocimiento que se tenía sobre ella. Por consiguiente, se buscan alternativas a nivel internacional para que los bancos de germoplasma sean más activos y no se limiten solamente a la conservación y preservación sino que intervengan también en el desarrollo, la selección y el uso de la diversidad genética.

Una estrategia clave señalada recientemente en las reuniones internacionales y acordada en el Plan de Acción Global para la Seguridad Alimentaria desarrollado por la FAO consiste en el uso y la conservación de la diversidad genética en las comunidades agrícolas. Las comunidades rurales e indígenas poseen los conocimientos y la estructura familiar que permiten conservar y utilizar la diversidad genética de manera adecuada. Se sabe, sin embargo, que esas comunidades, situadas en áreas marginales, presentan problemas relacionados con las condiciones ambientales y los factores socioeconómicos adversos. Ahora bien, el sector formal, representado por las instituciones estatales de investigación, puede contribuir al objetivo mencionado si identifica estrategias que minimicen los problemas causados por el estrés ambiental, si hace monitoría del ambiente y de la diversidad genética, y si desarrolla los procesos de selección participativa y las tecnologías de conservación de semillas, entre otras acciones.

La colaboración de los sectores formal e informal (representado éste por las comunidades agrícolas) puede actuar en el manejo de la agrobiodiversidad en dichas comunidades, que están situadas, en su mayoría, en áreas marginales. Esta acción podría, a corto plazo, contribuir al uso y a la conservación efectivos del germoplasma para desarrollar una agricultura familiar y sería un elemento clave en los procesos de seguridad alimenticia.

Desarrollo de Metodologías

Rescate y caracterización de variedades locales

Dos aspectos fundamentales del cultivo de maíz son su gran diversidad genética, que hace posible su cultivo en regiones diversas, y su utilización variada tanto en la alimentación humana y animal como en la agroindustria. Según datos arqueológicos, la selección del maíz comenzó entre los nativos de México hace unos 4000 años y se intensificó en el siglo XX con la aparición del maíz híbrido y del mejoramiento varietal de diferentes cultivos. Se sabe, sin embargo, que el maíz proveniente de la selección natural y de la posterior domesticación hecha por el hombre estaría sufriendo un proceso de erosión genética; ésta se debe a la pérdida de variedades locales, que son sustituidas gradualmente por variedades seleccionadas que satisfacen mejor la necesidad del agricultor de aumentar el rendimiento económico del cultivo.

Es necesario, por tanto, *preservar la variabilidad genética* existente en el maíz con el fin de mantener los genes presentes en las variedades locales. Muchos genes se perdieron por problemas de 'mostreo', de contaminación o de otra índole que alteran las frecuencias génicas y genotípicas. Por consiguiente, el rescate de las variedades locales es muy necesario para verificar, principalmente,

el proceso de erosión genética, el potencial genético de una región y la posibilidad de utilizar las variedades locales.

El rescate se hizo en los predios de los agricultores, quienes han conservado y utilizado estas variedades, denominadas locales, durante 10 años, por lo menos. El proceso fue asesorado por técnicos de la Red PTA quienes caracterizaron el lugar empleando los siguientes parámetros: altura, latitud y longitud, características del suelo en cuanto a la textura y la fertilidad, y clima (relacionando temperatura y pluviosidad).

La cosecha se hizo en labores aisladas en que se recolectaron 200 espigas, como mínimo, obtenidas de plantas representativas de la población, que equivalen a 5 kg de semillas. Los caracteres evaluados en las espigas y en los granos fueron los siguientes:

- longitud de la espiga, en mm;
- peso de la espiga;
- peso de las semillas por planta, en g;
- diámetro medio de la espiga, en mm,
- número de hileras de granos;
- número de granos por hilera;
- forma de las 'las carreras' de los granos;
- diámetro medio de la mazorca, en mm;
- peso de 1000 semillas;
- color del endospermo;
- tipo de endospermo.

Las medidas tomadas en las plantas fueron las siguientes:

- días a la floración masculina, anotados cuando el 50% de las plantas está emitiendo polen;
- días a la floración femenina;
- los caracteres evaluados en anotados cuando el 50% de las plantas exhibe los estigmas sobre la espiga;
- la altura de la planta, en m, anotada en 10 plantas competitivas de la parcela, tomada desde la base del suelo hasta la base de la panícula;
- altura de la espiga, en m, anotada en 10 plantas competitivas de la parcela y tomada desde el suelo hasta el nodo de inserción de la espiga superior en el culmo;

- índice [altura de la espiga/altura de la planta, un indicador de la posición relativa de la espiga en la planta];
- plantas acamadas (con ángulo $< 45^\circ$ entre el culmo y el suelo), anotada como porcentaje en la parcela de 50 plantas;
- plantas quebradas, o sea, las que tienen el culmo quebrado debajo de la inserción de la espiga superior, anotadas como porcentaje en la parcela de 50 plantas;
- índice de prolificidad, es decir [número de espigas/número de plantas], tomado en la parcela de 50 plantas;
- espigas dañadas, anotadas como porcentaje en la parcela de 50 plantas y cuando más del 50% de la espiga presenta daños.

Esos datos se obtuvieron en ensayos de bloques al azar con tres repeticiones y con 50 plantas por repetición.

En el **Cuadro 1** se presenta la caracterización de la espiga y de los granos en las 40 variedades cosechadas y en 3 variedades mejoradas (Nitrodente, Sol de la Manhã NF y BR 106), que se tomaron como exponentes de grano dentado (BR 106), tipo duro (Sol de la Manhã NF) y tipo semidentado (Nitrodente). En el **Cuadro 2** está la caracterización de las plantas; los resultados muestran la existencia de variabilidad genética en las variedades cosechadas y respecto a todos los caracteres anotados. Esos datos pueden apreciarse mejor en Soares et al. (1998).

Evaluación de variedades locales

Las variedades locales o criollas pasan de un agricultor a otro, a veces durante generaciones, y así son cultivadas. Muchas provienen de variedades antiguas, con introgresión de genes de variedades nativas y cultivadas. Por ello, el origen de esas variedades es, en la mayoría de los casos, desconocido o incierto.

Durante el tiempo en que el agricultor propaga su variedad criolla, no ocurre ninguna selección *intencional* o, si la hay, es muy poca. Sin embargo, muchos factores pueden actuar sobre esas variedades, modificando sus características genéticas a través del tiempo. Las plantas de maíz son alógamas y pueden cruzarse fácilmente con variedades cercanas, lo que introduce genes de origen diverso. Es posible también que se mezclen, en la mano del agricultor al sembrar, las semillas del cultivo con las de otras variedades criollas o aun las de variedades mejoradas. Muchos agricultores usan el grano como semilla; esta semilla proviene casi siempre de híbridos comerciales de origen nacional o importados.

Aunque no se practica una selección intencional en estas variedades, la selección natural está siempre actuando para elevar la adaptación de las variedades al lugar donde se cultivan.

El efecto de la selección *natural* en la población, a largo plazo, es incontrovertible. Actúa mediante la diferencia en la proporción de la progenie dejada a la generación siguiente. Plantas más vigorosas, más adaptadas, tolerantes de las diversas formas de estrés y con mayor fertilidad, tendrán mayor probabilidad que otras de estar representadas en la generación siguiente.

Otro proceso selectivo presente en la propagación de esas variedades se conoce como la selección *automática* y ocurre en el proceso mismo de siembra y cosecha que ejecuta el agricultor. Varios son los efectos de esta selección: mayor vigor de las semillas, establecimiento rápido y, en el caso de la cosecha manual, espigas mayores.

Por otra parte, las variedades criollas están sujetas a los efectos de 'mostreo' que pueden llevar a alteraciones en su composición genética, ya que no es raro que un agricultor inicie la siembra con una o varias espigas entregadas por otro agricultor.

Se puede afirmar, por tanto, que es posible encontrar una rica variabilidad genética en estas variedades. Sin embargo, es imposible afirmar *a priori* el valor de una variedad criolla respecto al mejoramiento, ya sea en su lugar de origen o en otros lugares.

El proceso de selección natural lleva a una adaptación específica al lugar donde la variedad se desarrolló, así que podrían encontrarse allí efectos de interacción genotipo *por* ambiente. Por tanto, es fundamental que esas variedades, una vez rescatadas, sean sometidas a experimentación en diversos lugares y durante varios años para determinar su valor como variedad local; se permite luego su difusión, aprovechando el intercambio de materiales entre los agricultores, y se evalúa su potencial genético para trabajos de mejoramiento viendo la posibilidad de sembrarla en diferentes agroecosistemas.

Diseño y materiales

Todos los ensayos seguirán el mismo modelo cada año: el diseño experimental reticular triple, 7x7, con 49 tratamientos que se aplicó el año agrícola 1992-93. Además de las variedades locales, el ensayo incluía variedades mejoradas e híbridos con fines de evaluación y comparación.

Los 49 materiales evaluados se distribuían así:

- Las variedades locales obtenidas junto con los agricultores y descritas anteriormente eran 35 y sus nombres los siguientes: Antigo Maia, Asteca ZM, Astequinha, Asteca SM, Amarelão MC, Argentino, Vargem Dourada, Composto Seleção Mineiro, Amarelo Paulista, Palha Roxa FB, Palha Roxa VRB, Palha Roxa GV, Pedra Dourada, Brancão, Caiano de Alegre, Caiano de Sobralia, Cravo, Cravinho, Catetão, Lombo Baio Rajado, Carazinho, Bico de Ouro, Dente de Rato, Cunha Branco, Cabo Roxo, Cabo Fria, Cunha, Amarelão SC, Amarelo Comum, Mato Grosso, Sabugo Fino, Carioca, Palha Roxa CB, Campeão y Composto Amarelo Dentado.

- Las variedades mejoradas fueron 10:
 - Dos de alta calidad proteica (QPM), denominadas BR 451 y BR 453, de endospermo blanco y amarillo, respectivamente, y de granos dentados.
 - Dos fueron seleccionadas en suelos de bajo nivel de nitrógeno; son ellas.
 - Nitrodente, de granos semidentados y endospermo amarillo, y Sol de la Manhã NF, de granos semiduros y endospermo anaranjado.
 - Seis variedades obtenidas en los centros de investigación: EMPASC 151 y EMPASC 152, ambas de grano duro y anaranjado; BR 106, CMS 50 y Sintético Elite, las tres de grano dentado y endospermo amarillo; y CMS 39, de grano semidentado y endospermo amarillo.
- Finalmente, dos híbridos comerciales dobles (BR 201 y XL 560) y dos híbridos intervarietales locales (Bonfinópolis y Cunha x BR 106). Mayor información sobre esos materiales se encuentra en Soares et al. (1998).

Las parcelas tenían dos líneas de 5 m separadas 1 m entre sí, donde se sembraron 76 semillas que luego se entresacaron para obtener una población final de 52 plantas por parcela. Los caracteres evaluados fueron:

- floración masculina (total de días en que más del 50% del polen era liberado en la parcela);
- floración femenina (total de días en que más del 50% del estigma salía fuera de la espiga);
- altura de la planta (media de las primeras cinco plantas competitivas de la parcela);
- altura de la espiga (media de las cinco primeras plantas competitivas de la parcela);
- número de plantas (para corrección de la población final);
- número total de espigas en la parcela;
- peso de los granos por parcela (kg/parcela);
- humedad de los granos, % (media de la parcela).

La altura de la planta y la de la espiga se midieron, después de la floración, a partir del nivel del suelo hasta el nodo de inserción de la panícula y hasta el nodo de inserción de la espiga superior, respectivamente.

Se sembró una línea con una mezcla de todas las variedades entre una parcela y otra, para evitar efectos de borde. Se hizo primero un análisis individual en un diseño reticular para cada experimento, y se determinaron las medias de producción de grano ajustadas, los cuadrados medios (CM) de los

genotipos, los CM de los errores, las diferencias mínimas significativas (DMS) y los coeficiente de variación (CV).

Los materiales se evaluaron en 10 localidades: Afonso Cláudio (AC), en ES; Chapecó (CHA), en SC; Campos Novos (CN), en SC; Francisco Beltrão (FB), en PR; Guarapuava (GUA), en PR; Lages (LAG), en SC; Laranjeiras del Sul (LDS), en PR; Montes Claros (MC), en MG; Fernandópolis (FER), en SP, y Vaca Morta (VM), en RS. En el **Cuadro 3** se encuentran los datos de producción de grano de los materiales en todos los sitios de evaluación y los promedios para esos sitios. Se observa la existencia de amplia variabilidad para el carácter estudiado.

En la media de los sitios (**Cuadro 3**), se destacan las variedades mejoradas cultivadas con niveles bajos de nitrógeno, Nitrodente y Sol de la Manhã NF; obtuvieron valores de 5211 y 5157 kg/ha, respectivamente, muy por encima de la media general (4132 kg/ha). Entre las variedades locales se destacaron Caiano de Sobrália y Carioca, que tuvieron valores similares a los de las variedades mejoradas y del híbrido BR 201, y su producción fue de 4908 y 4878 kg/ha, respectivamente. La media de este carácter en todos los lugares varió desde 2643 kg/ha, en el cv. Cabo Fria, hasta 5211 kg/ha, en el Nitrodente; esa amplia variación, que se explicaría por el genotipo QPM, muestra la existencia de variedades locales con procesos de erosión bastante acentuados. Por otro lado, un gran número de variedades locales tienen una producción media cercana a 4500 kg/ha, lo que muestra un gran potencial. Para estudiar mejor esos datos, el **Cuadro 4** presenta datos comparativos de la producción de grano de las variedades mejoradas, de las variedades seleccionadas por su bajo nivel de nitrógeno, de las variedades QPM, de los híbridos y de las seis mejores variedades locales.

Los datos del **Cuadro 4** muestran que la media de las seis mejores variedades locales no se apartó de la media de las variedades que pasaron por el proceso de selección normal respecto a productividad ni de la media de los híbridos, y esos datos demuestran el gran potencial que tienen esas variedades locales. En los híbridos locales se observa un potencial productivo inferior cuando se comparan éstos con diversos híbridos, con las variedades locales y con variedades mejoradas. Las variedades seleccionadas por su calidad proteica (QPM) tuvieron valores bajos de productividad, probablemente por la poca adaptación que tiene a las condiciones tropicales el germoplasma originario de estos materiales. Por otro lado, las variedades Sol de la Manhã NF y Nitrodente, seleccionadas en condiciones de bajo N, presentaron valores superiores para el carácter producción de grano.

Los datos de este trabajo muestran, tomados en conjunto, dos situaciones distintas pero complementarias:

- Las variedades seleccionadas por su adaptación al bajo nivel de nitrógeno y el híbrido BR 201, obtenido a partir de linajes tolerantes del aluminio, mostraron alto potencial productivo en estos ensayos; este resultado refuerza la hipótesis de que la selección en condiciones de estrés ambiental es bastante efectiva en los suelos tropicales.

- La producción de grano de un gran número de variedades locales fue semejante a la de las variedades mejoradas y la de los híbridos. Este resultado muestra, sin lugar a dudas, el potencial genético de las variedades locales y la respuesta limitada de las seleccionadas tradicionalmente cuando se evalúan en lugares caracterizados por suelos de baja fertilidad natural.

La estrategia para identificar las fuentes genéticas de gran potencial para condiciones adversas empleada en este trabajo puede aplicarse de inmediato en programas de selección genética, pero guiándose por las siguientes preguntas:

¿La selección debe hacerse en su totalidad en los centros de investigación?

¿Es económicamente viable seleccionar variedades para áreas marginales en las que predominan pequeños agricultores?

La integración de los sectores formal e informal sería tal vez más interesante si los fitomejoradores se vinculan a la comunidad y permite así el acceso al conocimiento; ellos mismos harían la selección sin cometer los errores que pueden llevar a la erosión genética. En este proceso se obtendría, posiblemente, mayor progreso genético en las variedades locales que están para selección; además, se puede mantener un gran número de variedades para contribuir a la conservación de esta importante fuente genética. Este asunto es de actualidad, se halla en debate y posiblemente lleve a la sostenibilidad del proceso de selección.

En síntesis, los materiales promisorios rescatados por la Red PTA y evaluados en este trabajo mostraron un gran potencial de adaptación a las más diversas condiciones, propias de la agricultura familiar. Por tanto, pueden utilizarse de inmediato, ya sea con el intercambio de materiales entre los agricultores o en los programas de selección; éstos deben hacerse, de preferencia, al nivel local para integrarse a la investigación de las comunidades del campo ofreciendo soluciones localizadas y contribuyendo a la conservación la reserva genética de las variedades locales.

Mejoramiento participativo

La estrategia de este trabajo incluye, además del rescate, la *evaluación* y la *caracterización* de variedades locales, y el *desarrollo* de nuevas variedades. Este aspecto es bastante importante, no sólo para crear mayor variabilidad genética, sino también para aprovechar los datos de los ensayos de evaluación; se forman así nuevos compuestos con diferentes características agronómicas que interesarán a los agricultores, y se enmiendan además algunos defectos detectados en materiales de alto potencial productivo.

Para explicar el *mejoramiento genético participativo* e integrado, que comprende los sectores formal e informal, se relatará la formación de las variedades Sol de la Manhã NF y Nitrodente. Estas variedades se formaron en una amplia base genética, en Piracicaba. Cuando se estabilizaron esos materiales, se cumplieron seis ciclos de selección en los campos de investigación

de EMBRAPA (sector formal). La selección consistía en tres ciclos de selección masal:

- un ciclo de selección entre las familias de hermanos medios y dentro de ellas;
- un ciclo de selección entre las familias de hermanos consanguíneos y dentro de ellas;
- un ciclo de selección entre familias endogámicas S_1 .

Estas variedades fueron seleccionadas, en unión con un grupo de agricultores, en otros dos ciclos de selección masal y en un ciclo de selección entre familias de hermanos consanguíneos, en la comunidad denominada Sol de la Manhã (sector informal), situada en Seropédica, RJ. En total, fueron nueve ciclos de selección y 8 años de trabajo. Todos los ciclos de selección se hicieron en suelos de baja fertilidad natural, donde no se aplicó abono nitrogenado.

El trabajo se hizo con agricultores del Mutirão Sol de la Manhã y buscó al principio la recuperación de una área genéticamente degradada, en un sitio donde existen severos problemas de estrés ambiental. Mutirão es un asentamiento de la reforma agraria y está situado en un área donde predominan los suelos arenosos cuyo nivel de materia orgánica y su fertilidad natural son bajos, donde la temperatura es bastante elevada, falta agua y hay una degradación acentuada de la variabilidad genética. Algunas variedades locales de maíz desaparecieron de la región hace más de 20 años.

Con estos problemas en mente, se inició en 1987 un trabajo conjunto entre EMBRAPA y un grupo de agricultores del asentamiento mencionado. Se buscaba al principio la recuperación de la variabilidad genética del maíz en la localidad, para que ésta lograra ser independiente respecto a ese cultivo, que sería la base del trabajo con aves y de la producción de maíz verde; la intención era crear autonomía en el sistema. La primera acción fue evaluar una amplia gama de germoplasma de maíz para identificar los materiales que se adaptaban a aquel sitio. El resultado fue sorprendente: solamente las variedades Nitrodente y Sol de la Manhã NF produjeron grano y sobrevivieron a esa situación de estrés severo. La comunidad adoptó desde entonces esas variedades y continuó trabajando con ellas. El agricultor Flavio Lorención pasó a participar en actividades de mejoramiento porque demostró una increíble sensibilidad en el manejo de las dos variedades.

Esas variedades son hoy tan productivas como las que ofrece el mercado y muy superiores a cualquier otra variedad que haya sido probada en las condiciones del Mutirão Sol de la Manhã. El trabajo de investigación participativa y el fitomejoramiento integrado conducen, en corto tiempo, a la aparición de variedades de alto potencial productivo y adaptadas a condiciones de estrés fuerte. Confirma, además, la eficiencia de la investigación participativa realizada por EMBRAPA Agrobiología y por los agricultores del Mutirão Sol de la Manhã. Los trabajos de esta naturaleza deben multiplicarse, así como el trabajo de la Red Maíz, que se ha dispersado por varias regiones del Brasil. Miles de

agricultores trabajan en ellas con más de 100 variedades de maíz, lo que garantiza el uso y la conservación de las variedades locales de maíz, evita su desaparición y rescata las tradiciones culturales asociadas con este cultivo.

Referencia

Soares A.C.; Machado A.T.; Silva B.M.; von der Weid J.M. 1998. Maíz crioulo: Conservación y uso de la biodiversidad. AS-PTA, Rio de Janeiro, Brasil.