

RECURSOS GENETICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE MAIZ EN MEXICO
PRIMERA PARTE: ANALISIS GENERAL

Rafael Ortega Paczka

RECURSOS GENETICOS PARA EL MEJORAMIENTO DE MAIZ EN MEXICO
PRIMERA PARTE: ANALISIS GENERAL

Rafael Ortega Paczka^{1/}

RESUMEN

Este artículo se basa en revisión de literatura. En esta primera parte se mencionan estudios en los cuales se analizan los criterios utilizados para elegir el material inicial, observándose que han sido fundamentalmente rendimiento y razones ecológico-geográficas; también se tratan algunos aspectos sobre las introducciones de germoplasma y se presentan algunas ideas sobre los recursos genéticos para el futuro, señalándose que estos serán fundamentalmente producto del fitomejoramiento y que los nuevos criollos sobresalientes detectados, así como las introducciones, sólo jugarán un papel complementario; además de la conservación de germoplasma criollo, se señalan otras tareas a los bancos de germoplasma.

II. INTRODUCCION

El éxito en fitomejoramiento depende fundamentalmente de los materiales de partida seleccionados y de los métodos de mejoramiento aplicados. En México la mayoría de los fitomejoradores de maíz prestan mayor atención a los métodos.

La inmensa riqueza de formas nativas de maíz en nuestro país, la posibilidad de utilizar variados ecotipos de teocintle, la existencia de materiales nacionales generados en casi medio siglo de trabajos de mejoramiento genético, así como la posibilidad de introducir poblaciones de maíz altamente seleccionadas, en proceso de mejoramiento y criollas de otras partes del mundo, plantean posibilidades inmensas de elección y combinación de recursos genéticos de maíz para diferentes regiones y problemas de México, y exigen

^{1/}Hasta octubre de 1985, Investigador de la Unidad Recursos Genéticos, INIA-SARH. Actualmente encargado de la Subdirección de Investigación de la UACH, Chapingo, Méx.

que en cada programa se analice si las bases germoplásmicas en uso son las más adecuadas.

Según Shmaraev y colaboradores (1980) el término "donador" es empleado cuando se conoce la genética de un carácter o propiedad; en cambio, el término "fuente" es utilizado cuando se ignora el número de alelos que intervienen, su localización y su tipo de acción génica. En vista de que se conoce poco acerca de la genética de los caracteres y materiales usados en el mejoramiento del maíz en México, con excepción de unos cuantos donadores internacionales (Opaco 2, Braquítico 2, Esterilidad génico-citoplásmica tipo Texas y otros), en el presente artículo en forma general se usará el término "fuente".

El presente trabajo se basa en revisión de literatura y comunicaciones personales, su objeto es presentar un panorama de las investigaciones y trabajos en recursos genéticos así como las fuentes germoplásmicas empleadas y en uso en el mejoramiento genético del maíz en México. En esta primera parte se analizan aspectos generales a nivel nacional, y en la segunda, que se publicará posteriormente, se mencionarán los recursos genéticos explorados y en uso por regiones. De esta manera se pretende contribuir al análisis del valor de los materiales utilizados, muchos de ellos abandonados al principio del proceso de mejoramiento sin esperar a que dieran los frutos buscados, y llamar la atención sobre sendas recorridas que han sido poco productivas.

II. ESTUDIOS GENERALES

La gran riqueza de formas locales de maíz en México ha sido objeto de estudio de numerosos investigadores, tales como Chávez (1913), Kuleshov (1930), Anderson (1946), Wellhausen y colaboradores (1951), Hernández y Alanís (1970). Diversos investigadores han hecho intentos por completar y afinar el estudio de las razas de maíz de México usando técnicas de taxonomía numérica (Cervantes, 1976; Goodman y Bird, 1977; Bird y Goodman, 1977; Sánchez, 1983).

Adicionalmente se han realizado diversas investigaciones acerca de caracteres y propiedades de los criollos mexicanos; entre éstas se encuentran

las realizadas por los autores siguientes: Pedrizco (1965) llevó a cabo un estudio fitogeográfico de las características foliares; Pérez (1964) estudió la restauración de la fertilidad por maíces mexicanos en la fuente Texas de androesterilidad citoplásmica; Kato (1975) estudió la morfología cromosómica; Miranda (1976) investigó la incidencia de genes modificadores del endospermo del tipo opaco 2; y Ron (1977) analizó el efecto de las radiaciones gamma. Trabajos sobre cruza intervarietales fueron realizados por Covarrubias (1960), Castro (1964, 1967), Cervantes (1976) y otros. Estos estudios han tenido reducida influencia en el fitomejoramiento práctico de maíz.

La capacidad de rendimiento y las características agronómicas generales de los criollos mexicanos han sido estudiadas durante largo tiempo, habiéndose detectado fuentes de germoplasma que han sido empleadas en mejoramiento. Así el equipo de investigadores del antiguo Instituto de Investigaciones Agrícolas, encabezado por Edmundo Taboada y Eduardo Limón, trabajó sobre este aspecto entre 1940 y 1960; los seleccionadores mexicanos y norteamericanos de la Oficina de Estudios Especiales evaluaron miles de muestras, en especial entre 1943 y 1953; los fitomejoradores del INIA trabajaron intensamente en este renglón de 1972 a 1977; y los investigadores del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) que en la década pasada iniciaron la investigación de sus poblaciones base, son algunos ejemplos de este esfuerzo.

Con excepción de algunas áreas pequeñas, los maíces nativos mexicanos se consideran por ahora, suficientemente muestreados. En el banco de germoplasma del INIA se conservan más de 8000 colectas, las cuales han sido evaluadas por su capacidad de rendimiento y adaptación por un gran número de investigadores a partir de 1943; el CIMMYT cuenta con duplicados de la mayoría de las colectas. En el INIA, un resumen de los trabajos recientes lo han presentado Ortega y Angeles (1978); en tanto que en el CIMMYT la utilización del germoplasma ha sido informada por Vasal et al. (1983).

III. ELECCION DE LAS PRIMERAS FUENTES DE GERMOPLASMA

Wellhausen (1960) indica que en 1944 la Oficina de Estudios Especiales, entonces recién establecida, inició un programa de recolección sistemática de muestras de maíz, por medio del cual se llegó a tener una colección de muestras de todo el país. Las muestras originales fueron probadas en ensayos de rendimiento, en cooperación con la Oficina de Campos Experimentales^{1/} en las principales áreas productoras de maíz de México. Como resultado de tales pruebas, fueron identificadas variedades criollas sobresalientes, las cuales fueron utilizadas como base para su mejoramiento subsecuente.

Los criterios seguidos por Edmundo Taboada, Eduardo Limón y otros fitomejoradores mexicanos de maíz para la selección de fuentes de germoplasma no han sido determinados. Esto es importante, ya que ellos detectaron y formaron una parte considerable de las fuentes originales sobresalientes.

La bondad de los materiales originales desafortunadamente ya no pueden conocerse directamente debido, entre otras razones, a que varios de ellos no fueron registrados apropiadamente (como es el caso de diversos materiales usados en el Antiguo Instituto); a que se perdieron en el transcurso del tiempo (SLP 20, CH-II y varios otros); o, a que las muestras conservadas en los bancos de germoplasma y germoplasma de trabajo de los fitomejoradores no parecen corresponder a las descripciones originales, sospechándose que fueron confundidas o alteradas en alguna de sus reproducciones (Ver. 39 y otras).

La genealogía de las líneas que forman tanto a los híbridos tropicales como a los de riego de Valles Altos, demuestra que las fuentes antiguas se escogieron no sólo por su capacidad de rendimiento en algún ambiente determinado; sino también por la diversidad de su procedencia y sus características de planta y mazorca. Grandes aciertos del pasado lo constituyen las introducciones de colectas de Oaxaca, de la raza Bolita, para el mejoramiento de maíz en el Bajío y de las zonas templadas semiáridas (Bolita Comp. 1 y CAFIME). Otro buen ejemplo de la correcta aplicación del principio ecológico-geográfico, enunciado por Vavilov (1951), en la elección de los progenitores es la combinación de materiales de Valles Altos Centrales y del Bajío para crear híbridos altamente productivos y adaptados a la Zona de Transición entre ambas regiones.

^{1/}Dependiente de la Secretaría de Agricultura y Fomento.

La experiencia del uso amplio del germoplasma tropical en híbridos para el Bajío, muestra que si bien manifiesta alta heterosis en combinaciones con materiales locales y de Valles Altos, también se acarrea generalmente susceptibilidad al carbón de la espiga.

Por lo que respecta a la región cálido-seca, es extraño que el híbrido H-412, que por largo tiempo fue el único híbrido mexicano recomendado para amplias regiones del norte del país, esté integrado por líneas derivadas exclusivamente de la variedad Carmen, no obstante que desde tiempos atrás existían otras fuentes de germoplasma prometedoras (San Juan, Breve de Padilla, Lleras) que pudieron dar líneas que combinarían bien, tal y como se hizo más tarde.

En algunos casos después de trabajar considerable tiempo con algunas fuentes, éstas fueron abandonadas por no ser adecuadas, tal es el caso del Criollo Tlacolula en Pabellón, Ags. Seguramente situaciones similares sucedieron con frecuencia; sin embargo, como es usual, los fracasos desafortunadamente no fueron publicados.

Los intensos trabajos de colección de formas locales de maíz realizados recientemente han puesto en evidencia, una vez más, la alta frecuencia con que se siembran las generaciones avanzadas de maíces mejorados, combinadas en mayor o menor medida con criollos (Ortega, 1973; Ortega y Angeles, 1978). También destaca que algunos de estos derivados de maíces mejorados (Tlaxcala 151, Morelos 130, Criollo de Venustiano Carranza y otros) sobresalen por sus características agronómicas y rendimiento. Otros hechos significativos, son que ninguna de las colectas tropicales recientes evaluadas a nivel nacional superó, ni siquiera igualó en su promedio de rendimiento, a los híbridos recomendados (Ortega y Angeles, 1978), y que entre los criollos de las áreas templadas semiáridas destacaron claramente, por sus buenas características de planta y mazorca, las variedades CAFIME y Zacatecas 58, que constituyen la base del programa de mejoramiento genético en esa región desde hace bastantes años. Los hechos descritos parecerían confirmar la bondad de las viejas fuentes usadas en el mejoramiento genético de maíz en México; sin embargo, surge la duda respecto a qué parte de sus ventajas corresponden a las características de las fuentes originales y qué parte a el mejoramiento genético realizado en ellas.

IV. TRABAJOS RECIENTES DE EVALUACION Y UTILIZACION DE GERMOPLASMA

Aún aceptando la bondad de las fuentes antiguas de germoplasma, detectadas en su mayor parte en la década de los cuarentas, en el análisis de los recursos genéticos por regiones destaca que antes de los trabajos de colección y evaluación realizados de 1971 a 1983 se disponía de reducido material de partida y para bastantes regiones se carecía en absoluto de fuentes, en especial para varios programas nuevos de temporal (Márquez, 1972; Muñoz *et al.*, 1976; Ortega y Angeles, 1978).

Analizar los procedimientos a través de los cuales se detectaron algunas de las fuentes de germoplasma prometedoras en el INIA en los últimos años resulta fundamental. Así en las áreas cálido-húmedas la evaluación partió de 1450 colectas y con base en el rendimiento medio de cuatro años de evaluaciones en numerosas localidades, tomando en cuenta la diversidad morfológica y genética y el lugar de procedencia, diez colectas fueron escogidas como las más adecuadas para un programa tropical de fitomejoramiento a nivel nacional, aunque ninguna de ellas superó en rendimiento promedio al H-507. Adicionalmente, en los programas de Chiapas, Nayarit, Cotaxtla e Iguala se seleccionó un grupo específico para trabajos locales. Desafortunadamente las colectas sobresalientes se están usando en forma muy reducida.

En la región templado-semiárida de altura se partió de 1353 colectas; después de tres años de evaluación uniforme en numerosas localidades, Víctor M. Castro seleccionó 15 colectas en el área Durango-Zacatecas y Odón Miranda eligió 20 en el Norte de Guanajuato y el Bajío; 8 colectas seleccionadas fueron comunes a los dos investigadores. En general, el material prometedore incluyó poblaciones diversas, tanto por su lugar de procedencia, como por sus características morfológicas.

En los programas de temporal de los Valles Altos Centrales se colectaron más de 600 muestras en la región, para su evaluación se dividieron las muestras por áreas de procedencia (Chalco-Amecameca; Tlaxcala; Tecamachalco y alrededores; y otras), para la determinación de las colectas sobresalientes, además del rendimiento medio, se tomaron en cuenta los parámetros de estabilidad de Eberhart y Rusell (1966); de los 30 materiales seleccionados en las diferentes áreas, los más prometedores se mejoran en forma individual;

mientras que los restantes se incluyeron en una Población Elite de Amplia Base.

Como consideraciones generales a las evaluaciones de colectas y al mejoramiento genético de maíz en el INIA durante la década de los setentas, se anotan:

1. Es frecuente que las fuentes de germoplasma buscadas sean de interés a varios fitomejoradores que trabajan en diversos lugares e instituciones, por lo que desde un principio se debe intentar llevar los trabajos en forma colectiva.

2. En la detección de germoplasma es indispensable partir de material abundante y muy diverso el cual deberá reunirse, ya sea vía colección o introducción, en forma previa a la evaluación.

3. Además del criterio de capacidad de rendimiento es indispensable tener cuidado, en las diferentes etapas de evaluación, de conservar la mayor diversidad posible, sobre todo cuando se sospeche que un número considerable de muestras está emparentado.

4. Los parámetros de estabilidad estimados con el empleo del modelo de Eberhart y Russell (1966) son importantes auxiliares en la determinación de las fuentes a usar.

5. La búsqueda de fuentes de germoplasma entre los materiales locales es más efectiva para los programas en los cuales dicho muestreo no se ha realizado. Cuando se repite el proceso, aunque se colecten más muestras los resultados son modestos.

6. Con algunas excepciones, como la búsqueda de fuentes para algunas regiones o para resolver problemas especiales como plagas o enfermedades, la colección y evaluación de cientos y miles de formas locales de maíz no se justifica. Actualmente el problema más general consiste en encontrar las mejores formas de utilizar un grupo de 10 a 20 colectas sobresalientes por programa; desde luego, se debe escoger entre ellas a 3 ó 5 para manejarlas individualmente y el resto a través de complejos germoplásmicos.

7. Es necesario utilizar en mejoramiento genético varias colectas y no sólo la que parezca la más destacada, debido a que las respuestas a la selección varían, a que las pequeñas diferencias en capacidad de rendimiento y otras características pueden invertirse en favor de las fuentes inicialmente menos prometedoras; y, a que es muy importante a largo plazo contar con diversas fuentes que posean características contrastantes, y de ser posible que combinen bien entre sí.

Por lo que respecta al CIMMYT, según Vasal et al. (1983), de manera periódica unas 300 colecciones son evaluadas sistemáticamente en dos o más localidades. Los materiales con mejor comportamiento se agrupan de acuerdo a su adaptación, madurez, color de grano y textura. Las colecciones seleccionadas se incorporan a los complejos apropiados únicamente como hileras hembra. Las observaciones sobre la aptitud combinatoria de las selecciones a través de su cruzamiento con los complejos germoplásmicos, complejos X colecciones y el avance a la F_2 cuando se considera necesario, determinan si las familias obtenidas son rechazadas o se incorporan al complejo germoplásmico.

La problemática de la utilidad, formación y avance de las poblaciones de amplia base genética (PABG) ha sido tratada con cierta amplitud por Ortega y Carballo (1983), por lo que en esta ocasión sólo se mencionarán algunos problemas en el manejo de los recursos genéticos por este procedimiento, tales como:

1. Caracteres deseables aislados, poco frecuentes entre los componentes, con facilidad se diluyen en el complejo germoplásmico. Una de las soluciones para evitarlo es la creación de subpoblaciones en donde se efectúa selección para elevar su frecuencia, pero esto complica mucho el manejo.

2. En cada programa no es conveniente reunir todas las fuentes en un solo complejo, ya que a largo plazo es probable que se desee aprovechar la heterosis entre diferentes complejos.

3. Se observa que con frecuencia se incorporan a estos complejos materiales sin previa evaluación, en cambio fuentes que han demostrado alta capacidad de rendimiento u otros caracteres deseables se omiten.

V. DIFERENTES CRITERIOS PARA ELEGIR FUENTES DE GERMOPLASMA

La literatura revisada indica que en general los materiales de partida para los programas de mejoramiento genético de maíz en México han sido escogidos buscando: alto rendimiento; adecuadas características agronómicas; buena adaptación; en ocasiones se ha procurado incorporar a los programas fuentes contrastantes en precocidad, procedencia, o raza a la que pertenecen; en otros casos la resistencia o susceptibilidad a una enfermedad ha sido un criterio fundamental. Es decir, rendimiento y criterios ecológico-geográficos han sido los fundamentales. En cambio se han utilizado poco otros criterios complementarios (Guliaev y Guzhov, 1978) que también han demostrado, en otros casos, ser fructíferos, tales como la elección de material original buscando que las fuentes se complementen o que destaquen por sus componentes de rendimiento individuales, por arquitectura especial de la planta, por diferencias en la longitud de las diferentes etapas de su ciclo biológico, por evaluaciones de Aptitud Combinatoria General, Específica o de los componentes de varianza para rendimiento.

Tal vez las causas principales de que en México rara vez se hayan usado en el pasado otros criterios de elección de fuentes de germoplasma en maíz sean: 1. La enorme riqueza de formas nativas de maíz en cada región, y entre regiones, que proporciona diversidad evidente sin necesidad de estudios complicados; 2. El principio ecológico-geográfico ha demostrado ser productivo y está lejos de agotar sus posibilidades; 3. Los ecotipos de maíz son relativamente más específicos en cuanto a su adaptación, en comparación con los de otras plantas cultivadas, por lo que se requiere prestar más atención a los aspectos adaptativos; 4. El nivel agrotécnico en la producción de maíz, en general es bajo en México y aún no demanda un cambio demasiado profundo en las variedades de maíz actualmente; 5. El mejoramiento de maíz es una actividad relativamente reciente en México y otros criterios van adquiriendo mayor importancia conforme maduran los programas; 6. Se piensa que los efectos derivados de la elección poco cuidadosa de las fuentes originales pueden ser compensados con los avances debido al proceso de mejoramiento.

El escaso cuidado en la elección de las fuentes de germoplasma también pueden ser consecuencia de: 1. Carecer de catálogos de descripción, no digamos ya de todos los maíces depositados en las colecciones de germoplasma

mexicanas, sino por lo menos de las variedades criollas y mejoradas que se están usando o que tienen mayores perspectivas de uso en el mejoramiento; 2. Los relativamente escasos y fragmentarios estudios exploratorios sobre recursos genéticos de maíz, en general se han realizado en forma de tesis en diferentes instituciones, por lo que carecen de suficiente continuidad y son ignorados por los fitomejoradores junto con casi toda la teoría genética, prestando atención casi exclusivamente al trabajo de campo; 3. Generalmente cada fitomejorador tiene a su cargo la obtención de una gran diversidad de variedades mejoradas e híbridos, lo cual no le permite consultar a sus colegas o a la literatura con suficiente anticipación, ni tampoco evaluar suficientemente las diferentes alternativas existentes en cuanto a recursos genéticos; 4. Un elevado porcentaje de los fitomejoradores mexicanos de maíz tienen un bajo nivel académico y su experiencia profesional es relativamente escasa; generalmente a los pocos años de trabajo cambian de residencia y por lo tanto de problemática; cuentan con asesoramiento y supervisión escaso y esporádico; 5. La publicación, así como la circulación, de literatura científica es deficiente.

Los recursos genéticos y los métodos de mejoramiento son dos aspectos de la selección, íntimamente relacionados y dependientes entre sí, a los que se les debe prestar igual y esmerada atención.

VI. INTRODUCCION DE GERMOPLASMA

Al principio del mejoramiento genético de maíz en nuestro país, en los inicios de los cuarentas, se intentó infructuosamente utilizar las líneas norteamericanas para la obtención rápida de híbridos altamente rendidores para las condiciones mexicanas.

En los sesentas, varios programas de mejoramiento de maíz del INIA bajaron en la incorporación de caracteres exóticos utilizando donadores extranjeros (Angeles, 1968); con excepción del éxito relativo de la introducción del Braquíptico 2, de las perspectivas que presenta el Opaco 2, así como de la generación del primer híbrido palomero H-367, el resto de los programas con donadores se abandonaron por tener escasas perspectivas.

En la década pasada sólo se hicieron introducciones esporádicas y los programas se apoyaron en forma exclusiva en germoplasma nacional; sin embargo, en los últimos años se nota un creciente interés por la incorporación de germoplasma exótico, como se puede apreciar en la literatura reciente (Carrillo, 1982; Gutiérrez, 1983; Vasal et al., 1983; Ortega et al., 1984; Oyervides et al., 1985). Tal vez a ello contribuyó la exitosa creación del AN-360 por Castro (1973). Desafortunadamente, la introducción de germoplasma se está haciendo en forma anárquica, sin tomar las medidas cuarentenarias indispensables y sin evaluar adecuadamente las diferentes generaciones segregantes en susceptibilidad a enfermedades.

Como consecuencia de la anarquía en esta actividad se ha tenido escasez y duplicidad en las introducciones. Al respecto, León (1974) indica que en un programa de introducción de plantas el factor esencial es la introducción de tantas variedades como sea posible con el fin de que alguna encuadre en las condiciones del nuevo habitat; y que la mayoría de los fracasos en este campo se deben a la variabilidad insuficiente en los materiales introducidos. La duplicidad en los trabajos por ahora es poco frecuente; sin embargo, tomando en consideración que el número de instituciones y personas dedicadas al mejoramiento de maíz crece rápidamente, se prevee que cada día la situación sea más frecuente, y habrá que evitarlo.

Las introducciones se pueden utilizar como donadores de caracteres aislados o como fuentes de un complejo de ellos. Se pueden utilizar introducciones de escasa (líneas autofecundadas) o amplia diversidad (complejos germoplásmicos). Como receptores se pueden emplear líneas, variedades o poblaciones de amplia base genética. Muchos son los aspectos de este tema y en esta ocasión solo se agregará que se deben tener cuidados especiales para no perder o eliminar completamente el germoplasma introducido, es decir, en el proceso de mejoramiento hay necesidad de seleccionar para conservar y aumentar la frecuencia de los caracteres exóticos deseables, por lo que con frecuencia es preferible realizar los trabajos en ambientes intermedios a los progenitores para favorecer la conservación del germoplasma exótico.

VII. PROBLEMAS ACTUALES CON ENFERMEDADES

En los últimos años se ha registrado en México la dispersión del virus de rayado fino y ha vuelto a cobrar importancia el tizón de la hoja (Helminthosporium turcicum); la cenicilla vellosa ("Downy mildew") es un problema serio en el Noreste del país; el carbón de la espiga (Sphaceloteca reiliana (Kuhn) Mc Alp) y el achaparramiento en determinados años disminuyeron sensiblemente los rendimientos en algunas regiones, siendo tiempo de prestar atención al cuitlacoche (Ustilago zaeae (Backm) Unger) enfermedad endémica que indudablemente disminuye los rendimientos; el chahuixtle (Puccinia sorghi) es una seria limitante para la utilización de germoplasma proveniente de latitudes sensiblemente superiores a su lugar de introducción; las pudriciones de mazorca provocan considerables bajas en la calidad de la cosecha. Los daños al tallo causados por Fusarium son un problema serio en regiones como el Valle de Guadalajara. Desde luego que se trabaja en algunas de estas enfermedades en México (carbón de la espiga, cenicilla vellosa y fusarium en tallo) pero es necesario intensificar las investigaciones en general y, en nuestro caso, organizar debidamente la evaluación y formación de germoplasma resistente a estas enfermedades.

VIII. ALGUNAS IDEAS SOBRE LOS RECURSOS GENETICOS DE MAIZ PARA LAS ETAPAS ACTUALES Y PROXIMAS

Los nuevos programas de mejoramiento genético de maíz con frecuencia se basan en criollos; en cambio en los programas más avanzados los niveles de rendimiento y características de planta de estos materiales no compiten con los mejorados recomendados para la región y los fitomejoradores de esos programas se niegan a dedicar parte de su tiempo en diversificar y mejorar sus fuentes por varios años.

Es de preverse que dentro de algunos años en casi todos los programas se habrán obtenido variedades mejoradas y líneas, las que jugarán el papel de materia prima base para las subsiguientes etapas de mejoramiento genético. Los nuevos criollos sobresalientes detectados, así como, las introducciones y mutantes interesantes descubiertos sólo jugarán un papel complementario. Esto ya sucede en numerosos programas.

Ha sido un error identificar el concepto de banco de germoplasma con colección de maíces criollos, ya que esta última es tan solo una parte integrante del banco, Ortega y Angeles (1978) señalaron, entre las conclusiones de su artículo, la necesidad de abrir otras líneas de trabajo, tales como la introducción de germoplasma extranjero, la conservación y uso de los mejorados mexicanos en nuevos programas y la formación de una colección de mutantes, así como una de parientes silvestres de maíz.

Con respecto a los maíces criollos, no basta con su colección, conservación, evaluación y estudios básicos, es necesario que los bancos de germoplasma impulsen el mejoramiento inicial de los criollos y su utilización en mejoramiento. Con respecto a la evaluación, ésta se ha concretado, casi exclusivamente, a la determinación del rendimiento, ciclo biológico y a notas generales sobre adaptación y apariencia de planta y mazorca; muy deficiente ha sido la evaluación de resistencia a enfermedades, plagas, sequía y heladas. En el aprovechamiento de los recursos genéticos, el banco de germoplasma de maíz del INIA ha trabajado conjuntamente con algunos programas en la creación y avance de poblaciones de amplia base genética (Ortega y Carballo, 1983) y por lo que respecta a CIMMYT, su Unidad de Apoyo maneja, además del Banco de Germoplasma, las nuevas introducciones y los complejos germoplásmicos (Vasal *et al.*, 1983).

No se pretende que los bancos de germoplasma substituyan o comprendan a los programas de mejoramiento. Su función, como ha sido aclarado en otro artículo (Ortega, 1978), es proporcionar fuentes de germoplasma, que son la materia prima para el mejoramiento. En aquella ocasión también se mencionó que es indispensable la colaboración estrecha entre especialistas en recursos genéticos y seleccionadores.

Una de las tareas que no han cumplido los bancos ha sido la incorporación de caracteres exóticos (braquitismo, hoja erecta, opaco 2, esterilidad génico-citoplásmica, etc.) a las fuentes en uso; tampoco en general se han encargado de la introducción de materiales y de su observación en estaciones cuarentenarias.

Es indispensable que el mejoramiento genético de maíz en México, en general, y la elección y formación de recursos genéticos, en particular, res-

pondan no tanto al nivel de técnica agrícola y demandas actuales, sino que tomen en cuenta los agroecosistemas que se pronostique estarán en uso, al tiempo de liberar las futuras generaciones de híbridos, así como a las tendencias en cuanto a la diversidad y calidad de productos obtenidos de maíz.

Poco a poco y en forma contradictoria, la mecanización del cultivo del maíz, así como el uso de fertilizantes y herbicidas, van ganando terreno en México. En cambio, la proporción sembrada bajo condiciones de riego no muestra una tendencia estable definida. Así pues es necesario prever que el nivel técnico en la mayoría de los agroecosistemas será superior y en base a ello deberá planearse el fitomejoramiento. En la actualidad el 71% del maíz disponible, producido e importado, se destina al consumo humano directo (Centro de Investigaciones Agrarias, 1980), lo cual implica que el mejoramiento genético, y por lo tanto las fuentes de germoplasma, deberán ser enfocados de manera primordial, aunque no únicamente, al consumo en forma de tortillas. Por otro lado, las importaciones masivas de maíz amarillo cristalino ha debilitado la exigencia de grandes núcleos de la población en cuanto a que las tortillas debían de elaborarse con maíces blancos dentados, lo cual permitirá mayor flexibilidad en la utilización de los recursos genéticos. Es probable que se desarrolle la diversificación del cultivo del maíz conforme a su utilización final (para tortillas, harinas, elotes, palomitas, ensilado, etc.). Esto requiere prever la formación de maíces mejorados con diferentes finalidades y, por lo tanto, se necesitan preparar diversas fuentes de germoplasma. Es tiempo ya de que se intensifiquen los trabajos tendientes a la utilización de diferentes mecanismos de androesterilidad en la producción de híbridos.

La tarea encomendada no dependerá únicamente de la elección de fuentes de germoplasma, sino de la creación de las mismas, dado que deberán responder en gran medida a condiciones de producción y demanda nuevas que no se encuentran en la agricultura tradicional y, por lo tanto, en los maíces criollos. Por otro lado, la modernización de la producción maicera en México es un proceso lento y contradictorio que exige del fitomejoramiento no solo de nuevos tipos de maíz para los modernos agroecosistemas que surgen, sino también maíces mejorados más productivos, que permitan la producción de sus semillas en forma más eficiente y barata, que posean mejores características

de planta y mazorca para elevar la productividad del trabajo, pero a la vez que no exijan violentos aumentos en el consumo de insumos, de la mecanización o de cambios en su utilización.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, E. 1946. Maize in México, a preliminary survey. *Ann. Mo. Bot. Gard.* 33:147-247.
- Angeles A., H. 1968. El maíz y el sorgo y sus programas de mejoramiento genético en México. Primer Simposio de la Investigación Agrícola en México. Soc. Mex. de Fitogenética. pp. 382-433.
- Bird, R. M. and M. M. Goodman. 1977. The races of maize V: Grouping maize races on the basis of ear morphology. *Economic Botany* 31:471-481.
- Carrillo A., J. S. 1982. Primera fase de evaluación de germoplasma de maíz de México y Estados Unidos de América. Tesis Profesional. UAAAN. División Agronomía. Saltillo, Coah. México. 198 p.
- Castro G., M. 1964. Rendimiento y heterosis en cruza interracial en México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 39 p.
- _____. 1967. Type of gene effects for yield and other traits in intercosses of mexican races of maize. Thesis Ph. D. University of Nebraska. Lincoln, Nebraska. 132 p.
- _____. 1973. Maíces superenanos para el Bajío. Escuela Superior de Agricultura Antonio Narro. Universidad de Coahuila. PRONASE. Boletín Técnico. México. 21 p.
- Centro de Investigaciones Agrarias. 1980. El cultivo del maíz en México. Centro de Investigaciones Agrarias. México. 148 p.
- Cervantes S., T. 1976. Efectos genéticos y de interacción genotipo-ambiente en la clasificación de razas mexicanas de maíz. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, México. 139 p.

- Covarrubias C., R. 1960. Cruzas intervarietales, una gran posibilidad para los programas de mejoramiento del maíz en Latinoamérica. 6a. Reunión Centroamericana. PCCMCA.
- Chávez, E. 1913. Cultivo del maíz. Secretaria de Fomento. Dirección General de Agricultura. Bol. 74.
- Eberhart, S. A. and W. A. Russell. 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40.
- Goodman, M. M. and R. Mck Bird. 1977. The races of maize IV: Tentative grouping of 219 Latin American Races. *Economic Botany* 31:204-221.
- Guliaev G. V. y I. L. Guzhov. 1978. Fitomejoramiento y producción de semillas de plantas cultivadas. Moscú. Kolos. 439 p. (En ruso).
- Gutiérrez G., M. A. 1983. Estudio de germoplasma base de mejoramiento para el programa de maíz del trópico seco. Tesis Profesional. UAAAN. División Agronomía. Saltillo, Coah. México. 101 p.
- Hernández X., E. y G. Alanís F. 1970. Estudio morfológico de cinco nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. *Agrociencia.* 5:3-30.
- Kato Y., T. A. 1975. Cytological studies of maize (*Zea mays* L.) and teocintle *Zea mexicana* (Schrad.) Kuntze in relation to their origin and evolution. Bull. No. 635. Mass. Agro. Exp. St. 87 p.
- Kuleshov, N. N. 1930. The maize of México, Cuba, Panamá and Colombia. In: Bukasov, S. M. (ed.) The cultivated plants of México, Guatemala and Colombia. Bull. Appl. Bot. Gen & Pl Breeding. Supplement No. 47: 117-141 (En ruso).
- León, J. (Ed.). 1974. Handbook of plant introduction in tropical crops. FAO. Roma. 138 p.
- Márquez S., F. 1972. Social and economic orientation of crop improvement: An approach to maize breeding. In: Genes, Enzymes & Populations. Plinun Press. p. 51-55.

- Miranda J., O. 1976. Incidencia de genes modificadores del endospermo Opaco-2 en 25 razas mexicanas de maíz y su efecto en la textura y calidad proteica del grano. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 95 p.
- Muñoz O., A., A. Carballo C. y V. A. González. 1976. Mejoramiento de maíz en el CIAMEC. Análisis crítico y reenfoque del Programa. VI Congreso Nacional de Fitogenética. Memoria Soc. Mex. de Fitogenética. Monterrey, N. L. México. pp. 124-130.
- Ortega P., R. 1973. Variación de maíz y cambios socio-económicos en Chiapas. Méx. 1946-1971. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Rama de Botánica. Chapingo, Méx. 199 p.
- _____. 1978. Evaluación de recursos genéticos. En: Cervantes S., T. (Ed.) Recursos Genéticos Disponibles a México. Soc. Mex. de Fitogenética. Chapingo, México. p. 37-48.
- _____ y H. Angeles A. 1978. Maíz. En: Cervantes S., T. (Ed.) Recursos Genéticos disponibles a México. Soc. Mex. de Fitogenética. Chapingo, México. p. 75-84.
- _____ y A. Carballo C. 1983. Poblaciones de maíz de amplia base genética. Fitotecnia. 5:18-42.
- _____, V. A. Koshkin, E. Gutiérrez del R. y E. Rocha C. 1984. Evaluación de cruza línea básica internacional por maíces criollos y mejorados mexicanos en Irapuato, Gto. Resúmenes X Congreso de la Soc. Mex. de Fitogenética. Aguascalientes, México. p. 180.
- Oyervides M., A., R. Hallauer and H. Cortez. 1985. Evaluation of improved Maize Populations in México and U.S. Corn Belt. Crop Sci. 25:115-120.
- Pedrizco R., M. 1965. Características foliares en maíz, relacionadas con precipitación y altura sobre el nivel del mar. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 144 p.
- Pérez A., R. 1964. Restauración de la fertilidad por maíces mexicanos en la fuente (T) de esterilidad citoplásmica masculina. Tesis profesional. Chapingo, México. 63 p.

- Ron P., J. 1977. Efecto de las radiaciones gamma de ^{60}Co en las razas de maíz de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 115 p.
- Sánchez P., P. 1983. Estudio de estabilidad de caracteres y razas de maíz de México. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 73 p.
- Shmaraev, G. E., N. V. Leyzerson, A. P. Podolskayay P. S. Tarakanov. 1980. Fuentes y donadores genéticos de caracteres y propiedades biológicos valiosos a la producción en maíz. Catálogo de la colección mundial Vol. 295. Instituto Nacional de Plantas de la Unión Soviética N.I. Vavilov. Leningrado URSS 125 p. (En ruso).
- Vasal, S. K., A. Ortega y S. Pandey. 1983. Programa de manejo, mejoramiento y utilización de germoplasma de maíz en el CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El Batán, México. 26 p.
- Vavilov, N. I. 1951. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. ACME. Buenos Aires.
- Wellhausen, E. J., L. M. Roberts y E. Hernández X. en colaboración con P.C. Mangelsforf. 1951. Razas de maíz en México. SAG. OEE. Folleto Técnico No. 5. México. 237 p.
- Wellhausen, E. J. 1960. El mejoramiento de maíz en México. Avances actuales y proyección hacia el futuro. Rev. de la Soc. Mex. de Historia Natural. Tomo XXI. No. 2. México.