

MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL MAÍZ EN LA ÉPOCA PREHISPÁNICA*

GENETIC IMPROVEMENT OF CORN DURING THE PREHISPANIC AGE

Salvador Miranda Colín

Dr., Profesor Investigador Titular de la especialidad de Genética del IREGEP, Colegio de Postgraduados 56230 Montecillo, Edo. de Méx., México.

RESUMEN

El mejoramiento genético del maíz es una actividad que, en México, se remonta a más de 10 000 años A.P.♦; de ahí que para hablar de ésta, dicho lapso se divide en cuatro etapas: la primera de ellas, hace referencia a todo lo realizado hasta antes del surgimiento de los primeros calendarios agroastronómicos, cuya antigüedad es de 8 000 años A. P. En la primera etapa ocurren grandes modificaciones en la planta, en la mazorca y en el fruto del maíz; surge el olote y los frutos se despojan de su cápsula endurecida; aparecen los frutos palomeros, cristalinos, harinosos y dulces; se generan las primeras migraciones del maíz domesticado y se establece la interdependencia maíz-hombre; además, los usos del maíz son reducidos en número. La segunda etapa se inicia con la creación de los primeros calendarios agroastronómicos (8 000 años A. P.) y se prolonga hasta la aparición de la cerámica en el año 3 500 A. P.; en esta etapa se fortalece la agroastronomía; el hombre aprende a vivir en armonía con la naturaleza; el mejoramiento genético se enfoca hacia la obtención de genotipos que respondan a los movimientos de la tierra y de otros astros; se inicia la enseñanza de la agroastronomía en los mismos sitios donde se encuentran los calendarios y continúa la migración de los nuevos genotipos y de la nueva tecnología agroastronómica, hacia otras latitudes. La tercera etapa se refiere al periodo comprendido entre el surgimiento de la cerámica (3 500

años A. P.) y el descubrimiento de América en 1492; en esta etapa, la aparición de la cerámica impulsa la creación de los maíces dentados, mismos que empiezan a desplazar a los maíces dulces, harinosos, cristalinos y palomeros; este fenómeno ocurre principalmente en América del Norte, donde las nuevas tecnologías favorecen a los frutos dentados; en la tercera etapa también se fortalece la enseñanza y la investigación, lográndose con ello el mayor desarrollo de las civilizaciones prehispánicas (periodo clásico); de igual manera, los usos del maíz se incrementan en forma muy notable. La cuarta etapa hace alusión al periodo comprendido entre el descubrimiento de América en 1492 y la fecha actual; en esta etapa se destruye la cultura agroastronómica y los sistemas de enseñanza prehispánicos, pero surgen nuevos adelantos tecnológicos y científicos que se ponen al servicio del mejoramiento genético, para resolver las nuevas necesidades que se presentan; también se incrementa la migración, el ritmo evolutivo y el número de usos del maíz.

Palabras clave: Mejoramiento genético, maíz, época prehispánica.

* Fecha de recepción: 24 de enero del 2000

Fecha de aceptación: 14 de febrero del 2000

♦ A.P. Antes del Presente

ABSTRACT

The genetic improvement of corn is an activity that, in Mexico, is older than 10, 000 years B.P.♦ To discuss this activity, the mentioned period of time has been divided into four stages: The first activity, makes reference to all genetic improvement made before the invention of the first agro astronomic calendars, whose antiquity is 8, 000 years B.P. During this phase, many changes in the plant archetype, in the ear and in the fruit occurred. The corncob, on the other hand, was developed and the tough capsule was removed from the fruit. Popcorn, flint, floury and sweet types of maize were developed. The migration of domesticated maize, as well as the interdependence created between maize and man, began in this phase. The uses of maize were still limited in number. The second stage, initiated with the discovery of the first agro astronomic calendars (8000 years B.P.) and was extended until the invention of pottery (3, 500 years B.P.). In this phase, the agro astronomic activities increased; man learned to live in harmony with the nature; the maize genotypes, adapted to Earth and other stars movements, were the main objectives in genetic improvement and, at the same time, agro astronomic education took place in the sites where the calendars were located. The migration of new genotypes and new agro astronomic technologies, toward other latitudes, also took place. The third stage, started when the pottery was created (3 500 years B.P.) and ended when the American Continent was discovered in 1492. During this phase, dent corns were developed followed by the elimination of the sweet, floury, flint and popcorn types of maize. This phenomenon occurred mainly in North America, where the new technologies favored dent corn types. Research and education were important activities and, so that, the progress of pre-Columbian civilizations reached its highest level (Classic Period) in this phase. The uses of corn also increased in number. The fourth stage, has lasted from 1492 to the present time during which the American Continent was discovered. During this stage, the agro astronomic culture, as well as the pre-Columbian educational systems were destroyed, but, , scientific and technological advances have been used in the genetic improvement of maize to solve the new needs of humankind. Migration, evolutionary dynamics and the uses of maize have again increased during this phase.

Key words: Plant breeding, maize, pre-columbian time.

INTRODUCCIÓN

El maíz silvestre fue creado por la naturaleza, pero el maíz cultivado surgió y se desarrolló al amparo del talento humano, razón por la cual se le debe considerar como un patrimonio de origen estrictamente cultural. En México, la domesticación del maíz se remonta a muchos miles de años y desde ese entonces, la historia del maíz y la del hombre han avanzado y permanecido estrechamente unidas; no es exagerado señalar que las grandes civilizaciones mesoamericanas fundamentaron su éxito en el cultivo del maíz, ya que fue precisamente esta especie la que impulsó la creatividad cultural del hombre, exigiéndole el desarrollo continuo de nuevas metodologías para el mejoramiento genético, nuevas técnicas para su cultivo, nuevos sistemas de protección contra los depredadores, nuevos procedimientos para realizar la cosecha, nuevos métodos de almacenamiento y nuevas formas de consumo. El maíz impulsó la elaboración de un arte culinario muy extenso y también se prestó para que el hombre registrara, en algunos de sus órganos, los procedimientos utilizados para anotar el transcurrir del tiempo.

Por la razón anterior, el maíz llegó a ostentar el calificativo de planta sagrada; este título, aunado a otros de igual relevancia, determinó su influencia en aspectos culturales, políticos, económicos y sociales de las civilizaciones prehispánicas, lo cual indica que el maíz no sólo funcionó como un alimento imprescindible e insustituible, sino que también fue un recurso económico fundamental en la vida del ser humano; este breve texto histórico y cultural permite inferir que mientras el hombre se preocupaba por mejorar al maíz, éste impulsaba el desarrollo cultural del hombre en prácticamente todas sus facetas; de ahí el gran interés que existe por tratar de rescatar la historia completa de este extraordinario fenómeno simbiótico, que se dio entre el maíz y el hombre en la época prehispánica. Es casi un hecho que en la búsqueda de esta información, se podrán reconquistar muchos conocimientos que por su autenticidad fueron, son y seguirán siendo de gran utilidad para el mejor aprovechamiento del maíz como recurso genético de interés universal. También es importante recalcar que en esta investigación se considera al teocintle, como el verdadero y único progenitor del maíz cultivado, lo cual permite sugerir localidades más concretas, sobre el lugar de origen de la especie y el centro de domesticación primaria del maíz cultivado; éstas y otras inquietudes relacionadas con el mejoramiento genético del maíz, son los temas que se abordan en el presente trabajo.

♦ B. P. Before the Present

CITOTAXONOMÍA

El maíz pertenece a la familia *Andropogoneae*, la cual tiene dos géneros en el continente americano. El género *Tripsacum*, cuyas especies son: *T. maizar*; *T. laxum*; *T. lanceolatum*; *T. pilosum*; *T. latifolium* y *T. australe* (Sehgal, 1963). El número de cromosomas de estas especies puede ser $2n = 36$ ó $2n = 72$ (Prywer, 1958); el otro género es *Zea*, el cual cuenta con dos especies: *Zea mays* L.* con $2n = 20$ cromosomas y *Zea perennis* (Hitche.) Reves and Mangelsdorf, cuyo número de cromosomas es $2n = 40$; *Zea mays* posee, por lo menos, seis subespecies o razas a nivel silvestre (Wilkes, 1967; 1995) y más de 250 a nivel cultivado (Goodman, 1976).

El maíz silvestre recibe, entre otros, el nombre de teocintle; se le ha encontrado en forma natural, entre los paralelos 14° y 30° de latitud Norte, y entre los meridianos 89° y 109° de longitud, al occidente del meridiano de Greenwich; en cuanto a la altitud a la que se desarrolla, el teocintle crece entre los 500 y los 2 500 msnm (Wilkes, 1967; Sánchez y Ruiz, 1995), aunque en forma natural sólo se extendió entre los 500 y los 1 900 m de altitud. En la actualidad, el teocintle crece en la cuenca de los ríos: Ulúa (de Honduras), Motagua (de Guatemala) y Grijalva-Usumacinta (del sureste de México); además se le ha encontrado en los siguientes ríos de la vertiente del océano pácifico: Verde (de Oaxaca), Papagayo, Balsas, Armería, Ameca, Lerma-Santiago, San Pedro y Río Fuerte. Algunos lugares elevados de México, donde el teocintle penetró en forma natural, fueron los Valles Centrales de Oaxaca, cuya altitud media es de 1 500 m; la cuenca de los lagos de Pátzcuaro, Cuitzeo y Yuriria, en Michoacán, lo mismo que en la altiplanicie central de México, donde la altitud media es de los 1 900 m. En los Valles de México y Puebla, cuya altitud fluctúa entre 2 200 y 2 500 m, el teocintle fue introducido artificialmente en épocas posteriores al inicio de la domesticación.

Estudios realizados por Mc Clintock *et al.* (1981) indican que en el área de Guatemala-Honduras existen dos razas de teocintle. Una se ubica en el sur de Guatemala y Honduras, y se distingue por tener 13 posiciones de nudos cromosómicos en sus 10 cromosomas normales, y todos los nudos ocupan una posición terminal. La otra se

encuentra en el norte de Guatemala y muestra 18 posiciones de nudos cromosómicos y también todos ocupan una posición terminal. En cambio, el teocintle de México muestra 34 posiciones de nudos cromosómicos, 28 de las cuales son intercalarias y sólo seis permanecen como terminales en el brazo corto de los cromosomas tipo B. El cromosoma anormal 10 I es común en la cuenca del río Cutzamala, el cual es afluente del río Balsas; el cromosoma anormal 10 II aparece en la cuenca del río Balsas, en la altiplanicie central de México y en el Valle de México. De igual forma, al cromosoma tipo B se le puede encontrar en la altiplanicie central de México y en la cuenca del río Balsas. Por otro lado, el maíz domesticado también posee 21 posiciones de nudos cromosómicos, 18 de las cuales son intercalarias y tres ocupan una posición terminal en el brazo corto de los cromosomas 4, 7 y 9. El maíz cultivado también posee el cromosoma anormal 10 I y el cromosoma tipo B, lo cual indica que este maíz se empezó a domesticar a partir del teocintle en el área de México.

ARQUEOLOGÍA

Antes de abordar el tema relacionado con la arqueología del maíz, es conveniente hacer algunas consideraciones sobre el origen del hombre americano; en relación con este tema, existe diferencia de opiniones, pero la hipótesis más generalizada señala que el ser humano proviene del continente asiático y se internó en el continente americano por el estrecho de Bering, hace unos 70 000 años A. P. (Carmona, 1989); de este lugar emigró a otras áreas del continente, llegando a territorio mexicano hace unos 25 000 años A. P. y a la Patagonia, de América del Sur, hace apenas unos 10 000 años A. P. En el Valle de México, sin embargo, se han encontrado granos de polen fósil de maíz domesticado, a los cuales se les atribuye una antigüedad que varía entre 60 000 y 80 000 años A. P. (Barghoorn *et al.*, 1954). Esto indica que la llegada del hombre al continente americano aún es un enigma, pero obviamente su antigüedad se remonta a muchos miles de años antes del presente.

Continuando con la arqueología del maíz, es oportuno mencionar que en terrenos de la antigua hacienda denominada La Magdalena, ubicada en las estribaciones

* Sinónimos de *Zea mays* (Linneo, 1737): *Z. diploperennis* (Ilits, H. H., Doebley, J. F., Guzmán, M. R., and Pazy, B., 1979); *Z. luxurians* (Ilits, H. H., and Doebley, J. F., 1980).

del Pico del Quinceo, el cual se localiza al noroeste de la ciudad de Morelia, Michoacán, se encontró un fragmento de lava volcánica con impresiones de mazorcas de maíz domesticado, cuya morfología es semejante a la del maíz Chapalote, a la de Nal-Tel y también a la del Cónico, según Wellhausen *et al.*, (1951); como el Pico del Quinceo corresponde a un volcán inactivo y se desconoce la fecha de su última erupción, se deduce que la antigüedad de la lava volcánica y la del maíz que representa, se puede remontar a muchos miles de años. En el Valle de Tehuacán, Puebla, también se han encontrado restos de maíz domesticado, a los cuales se les atribuye una antigüedad de 6 600 años A. P. (Mac Neish, 1964); de igual modo, se han hallado restos de maíz cultivado en la Cueva del Murciélago, Nuevo México, E. U. A., cuyo pasado remoto es de 5 600 años A. P. (Mangelsdorf, 1960); restos de maíz procedentes de la Cueva de la Perra, ubicada en el Noreste de México, tienen una antigüedad de 4 450 años A. P. (Mangelsdorf *et al.*, 1956); de igual forma, restos arqueológicos de maíz encontrados en Huaca Prieta, Perú, han sido datados 4 500 años A. P. (Bennett and Bird, 1949). En Perú, también se han encontrado mazorcas de maíz en el Valle Moche, cuya antigüedad es de 3 400 años A. P., y lo mismo ha ocurrido en Ica y Paracas, donde el fechamiento de mazorcas arqueológicas se remonta a 2 500 años A. P. (Grobman *et al.*, 1961).

Restos de la planta y de la mazorca de teocintle fueron hallados en el occidente de Tamaulipas, los cuales arrojan una antigüedad de 2 900 años A. P. (Wilkes, 1967); de igual forma, en Yucuita, municipio de Nochistlán, Oaxaca, se encontraron semillas carbonizadas de teocintle, en niveles que corresponden a 3 300 años de antigüedad (Aragón, 1996); en la Cueva Guilá Naquitz, Oaxaca, aparecieron granos de polen de teocintle, en niveles cuyo fechamiento se remonta a 2 700 años A.P. (Flannery and Schoenwelter, 1970). En los Valles Centrales de Oaxaca, se han descubierto restos arqueológicos de teocintle en diferentes sitios, aunque no se menciona ningún fechamiento sobre dichos materiales (Aragón, 1996). Los resultados mencionados indican que el teocintle estuvo presente en diferentes regiones del estado de Oaxaca, antes de llegar al grado de extinción actual, puesto que ahora sólo se le encuentra en San Cristóbal Honduras, municipio de San Pedro Juchatengo, Oaxaca; este lugar está ubicado en la cuenca del río Verde y a una altura de 1 120 msnm.

Los datos anteriores muestran que la arqueología del maíz cultivado es mucho más antigua que la del teocintle, lo

cual podría atribuirse a que no se han realizado suficientes estudios de arqueología en el área donde crece el maíz silvestre, o que el teocintle ha sido menos importante para el consumo humano, que el maíz domesticado; también, debe mencionarse que el carácter más común que se ha encontrado en sitios arqueológicos ha sido el olote, solo o todavía reteniendo frutos, pero como el olote es un órgano artificial, éste no se presenta en el teocintle y por tal razón las huellas del maíz silvestre, en sitios arqueológicos, han sido escasas o nulas. Este fenómeno no es único del maíz, ya que en todas las especies domesticadas, los restos arqueológicos de las formas cultivadas superan a las de los parientes silvestres; esto se debe a que cuando la domesticación genera las características deseadas, para el consumo o para cualquier otro propósito, el hombre margina a los genotipos silvestres, hasta olvidarse de ellos en la mayoría de los casos; de cualquier modo, los datos anteriores señalan que la domesticación del maíz se remonta a más de 10 000 años antes del presente.

EL CENTRO DE DOMESTICACIÓN PRIMARIA

El inicio de la domesticación del maíz no ocurrió en una sola localidad, sino en un amplio sector, donde además de estar presente el teocintle, existían diversos atractivos para estimular el sedentarismo humano, como fueron la pesca, la caza y la recolección, entre otros; estas características eran comunes en la cuenca del río Balsas, la Sierra Volcánica Transversal de México y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago. La Sierra Volcánica Transversal de México es más alta en la parte oriental que en la occidental, como lo demuestra la altitud de los siguientes lagos o lagunas: Lago de Texcoco, México, 2 240 m; Lago de Cuitzeo, Michoacán, 1 880 m; Lago de Chapala, Jalisco, 1 520 m y Laguna de Sayula, Jalisco, 1 350 m. Como el teocintle se dispersó en forma natural desde los 500 m hasta los 1 900 m de altitud, cubrió en forma natural gran parte del centro-occidente de la Sierra Volcánica Transversal; esta sierra, además, separa a la cuenca del río Balsas, que ocupa la parte sur de la misma, de la cuenca de los ríos Lerma-Santiago, que flanquea su costado norte. En el centro occidente de esta área geográfica existen numerosas zonas tan parecidas ecológicamente, que configuran una sola región sembrada de grandes valles, corpulentas montañas y numerosas cuencas cerradas que dan origen a lagunas, ciénagas y pantanos; esta diversidad de atractivos ecológicos fue lo que sedujo al hombre para establecerse en la región, puesto que en ella se facilitaban la pesca, la

caza y la recolección durante todo el año. Sin embargo hay que hacer notar que esta comarca era el territorio del teocintle, y aunque el hombre no le prestó mayor atención al principio, pronto tuvo que fijarse en él, porque el teocintle cumplía su ciclo biológico año tras año, en presencia del nuevo huésped, como también lo hacían otras especies que ya le servían de sustento; fue así como nació la interrelación maíz-hombre y se inició la domesticación, aprovechando los recursos y las condiciones ecológicas de la propia localidad.

El fenómeno de interrelación teocintle-hombre se dio en todos los sitios donde convivían los dos organismos, pero no en todos ellos prosperó el proceso de domesticación primaria, para dar paso a la interdependencia que poco a poco se fue fortaleciendo entre el maíz y el hombre; esta interdependencia nació y creció entre los paralelos 19 y 21 del hemisferio norte, o sea en la misma área donde convergen la cuenca del río Balsas, la Sierra Volcánica Transversal de México y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago incluyendo, obviamente, la zona considerada como El Bajío. Los factores que se han tomado en cuenta para considerar a esta región como el centro de domesticación primaria del maíz son los siguientes: en esta zona, el teocintle muestra las posiciones terminales e intercalarias de los nudos cromosómicos y lo mismo ocurre con el maíz domesticado; de igual forma, el teocintle contiene el cromosoma 10 I anormal y el cromosoma tipo B, tal como acontece en el maíz cultivado (Mc Clintock *et al.*, 1981; Kato, 1984).

Por otro lado, en el Valle de México se han encontrado granos de polen de maíz domesticado, en estado fósil, a los cuales se les atribuye una antigüedad de 60 000 a 80 000 años (Barghoorn *et al.*, 1954; Mangelsdorf, 1960); de igual modo, en las faldas del Pico del Quinceo, ubicado en el lado noroeste de la ciudad de Morelia, Michoacán, se halló un fragmento de lava volcánica que lleva impresas numerosas mazorcas pequeñas (5 a 10 cm de largo), de forma cónica y ostentando semillas de un maíz palomero; la antigüedad de este maíz se pierde en el pasado remoto, porque el Pico del Quinceo corresponde a un volcán totalmente inactivo, desconociéndose por completo la fecha de su última erupción; el fragmento de lava volcánica referido se exhibe actualmente en el Museo Michoacano, ubicado en la Ciudad de Morelia; estas evidencias arqueológicas apoyan, sin lugar a dudas, el trabajo de domesticación que el hombre ha realizado en la Sierra

Volcánica Transversal de México, desde hace muchos miles de años.

Adicionalmente, se puede mencionar que el Pico del Quinceo está ubicado en la cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, lugar donde se encuentra uno de los calendarios agroastronómicos más antiguos de México (en preparación). En este calendario se hace resaltar la forma cónica de la mazorca, refiriéndose obviamente al maíz domesticado; su antigüedad es paralela a la del propio Lago de Cuitzeo, aunque todavía se desconoce la época en que el hombre lo empezó a operar. El Calendario de Cuitzeo contiene la misma información astronómica que el Calendario Agroastronómico de la Cueva del Maíz, ubicado en el municipio de Coxcatlán, Puebla, y cuya antigüedad es superior a los 8 000 años A. P. (Miranda, 1996 a; 1997). Hasta el momento se desconoce cuál de los dos calendarios es más antiguo; sin embargo, debe recalarse que el Calendario de Cuitzeo está ubicado en territorio del teocintle; además, se encuentra más cerca del Trópico de Cáncer, donde la calidad de la luz y la energía calorífica entre los meses de mayo y julio, son excelentes para el desarrollo del maíz; ocupa el corazón de la faja maicera de México y se ubica, precisamente, en el área geográfica donde se hacía el ajuste del tetraenio trópico en la época prehispánica. Estos antecedentes podrían colocar al Calendario de Cuitzeo, en una posición más antigua, con relación al Calendario de la Cueva del Maíz; aunque en ambos casos se refleja la larga historia que tiene el cultivo del maíz en México.

La cuenca del Lago de Cuitzeo, también es mencionada como una de las regiones donde se establecieron comunidades agrícolas hace unos 7 000 años; estos grupos humanos antecedieron a los del Horizonte Preclásico, entre los cuales destacan La Bartolilla, Queréndaro, La Nopalera, Tres Cerritos y la Loma de Santa María (Peña *et al.*, 1991). Otras comunidades agrícolas del Horizonte Preclásico, que también se desarrollaron en el occidente de México fueron: Chupícuaro, cuyo florecimiento se llevó a cabo en la rivera del río Lerma, al oriente de Acámbaro, Guanajuato y El Opeño, que ocupó el Valle de Zamora y Jacona, Michoacán, hace unos 3 500 años A. P. (Peña *et al.*, 1991). Todos los antecedentes mencionados en este capítulo indican que la domesticación primaria del maíz ocurrió, exitosamente, en El Bajío y en el occidente de México, donde aún persiste la mayor diversidad genética y la producción más elevada del maíz, comparada con la de otras regiones agrícolas del país.

EL MEJORAMIENTO GENÉTICO

Antes de iniciarse la domesticación del maíz, el hombre se internó en el territorio del teocintle por razones ajenas a la domesticación de la planta; sin embargo, su permanencia prolongada en la región le permitió convivir con el maíz silvestre y fue así como se enteró de la estrecha relación que existía entre el teocintle y las condiciones ambientales del lugar. De igual modo, estudió las características de la planta, diferenciando aquéllas que le serían de utilidad. Pronto se enteró que las plantas que crecían en condiciones ambientales más favorables, expresaban con mayor vigor sus características morfológicas, incluido obviamente el rendimiento; de ahí que las primeras maniobras artificiales para mejorar al maíz consistieran en sembrar al teocintle libre de competencia y, al mismo tiempo, mejorar el medio ambiente donde debía desarrollarse la planta. El hombre también observó que en las poblaciones de teocintle aparecían mutantes que ofrecían mejores ventajas para el manejo y aprovechamiento del maíz, tales como la reducción en el número de ramas del tallo principal, el incremento en el número de frutos de la mazorca – aunado a la formación del olote – y al mayor desarrollo de los frutos, los cuales, a su vez, se liberaban del raquis que forma la cápsula donde se desarrolla el fruto del maíz silvestre; a medida que aparecían nuevos caracteres útiles al hombre, éste los fue reteniendo mediante la selección, generándose así una mayor interdependencia entre ambos organismos. Cuando las nuevas formas del maíz cultivado empezaron a emigrar a otras localidades, la variabilidad genética de la especie se incrementó, en respuesta a las exigencias de los nuevos ecosistemas y al gran número de usos que el hombre fue derivando de él. Considerando que el proceso evolutivo del maíz domesticado se remonta a más de 10 000 años A. P., es conveniente dividirlo, por lo menos, en las cuatro etapas siguientes:

1. El mejoramiento genético que ocurrió hasta antes de que el hombre desarrollara los primeros calendarios agroastronómicos; o sea todo el mejoramiento realizado hasta antes de los 8 000 años A. P. (Miranda, 1996 a; 1997).
2. El mejoramiento genético que se llevó a cabo entre la aparición de los primeros calendarios agroastronómicos (8 000 años A. P.) y el descubrimiento de la cerámica, que ocurrió hace unos 3 500 años A. P. (García, 1985).
3. El mejoramiento genético que se desarrolló desde la aparición de la cerámica (3 500 años A. P.) hasta la llegada

de la cultura europea al continente americano, en 1492.

4. El mejoramiento genético que se efectuó entre el año de 1492 y la época actual; esta etapa corresponde a la época posthispánica, razón por la cual no será tratada con amplitud en el presente trabajo.

Como ya se ha mencionado, la primera etapa del mejoramiento genético ocurrió antes de los 8 000 años A. P. (Miranda, 1996 a; 1997). Fragmentos de carbón encontrados en el área de Tlapacoya, Estado de México, indican que el hombre americano ha estado utilizando el fuego desde hace, por lo menos, 22 000 años A. P. (Mirambell, 1974); esto indica que en la primera fase del mejoramiento genético del maíz, el fuego jugó un papel muy importante en el establecimiento de las metas de dicho mejoramiento. En esta primera etapa, el hombre se preocupó por seleccionar un tipo de planta con el menor número de tallos y en cada tallo establecer el menor número de mazorcas; así lo demuestran todavía las razas Palomero Toluqueño y Maíz Dulce, de México (Wellhausen *et al.*, 1951); y las conocidas también como “Pollo” y “Chococeño”; de Colombia (Roberts *et al.*, 1957); de igual modo, hubo un gran interés por despojar a los frutos de su cápsula y desarrollar el olote, para aumentar el número de hileras y frutos por mazorca, sin importar que los frutos estuvieran, necesariamente, acomodados en hileras. El desorden de los frutos sobre el olote todavía se observa en las razas Palomero, Olotón y Tehua, de México (Wellhausen *et al.*, 1951), lo mismo que en Proto-Confite Puntiaquado, Proto-Kculli, Proto-Chullpi, Confite Chavinense y Confite Ikeño, de Perú, entre otras (Grobman *et al.*, 1961). Considerando que el maíz se consumía en forma de elotes asados, esquites, palomitas y pinole, los tipos de fruto seleccionados en esta primera etapa de domesticación fueron los palomeros, los cristalinos, los harinosos y los dulces; este proceso evolutivo es el que se observa en el cúmulo de razas domesticadas, tanto en Mesoamérica como en América del Sur (Wellhausen *et al.*, 1951; Roberts *et al.*, 1957; Grobman *et al.*, 1961).

La segunda etapa del mejoramiento genético del maíz se inició hace unos 8 000 años A. P., cuando el hombre ya había desarrollado los calendarios agroastronómicos (Miranda, 1996 a; 1997) y estaba aplicando estos conocimientos tanto en el fitomejoramiento como en sus actividades cotidianas, para estar en armonía con la naturaleza; conocía la rotación de la tierra y el día solar medio, al cual había dividido en 24 horas de 60 minutos

cada una (Miranda, 1991); también conocía al movimiento de traslación de la tierra, mismo que había dividido en 24 horas (24 meridianos) de 15 grados de arco o de 15 días cada uno; de igual forma, conocía el cuatrienio civil de 1 440 días y el cuatrienio trópico de 1 461 días; para ajustar el cuatrienio trópico, a partir del cuatrienio civil, cada 480 días agregaba 7 días para obtener 487 días, equivalentes a una tercera parte de 1 461 días (Miranda, 1997); los conocimientos relacionados con los movimientos de la tierra fueron aplicados al mejoramiento genético del maíz, y fue así como surgió la idea de seleccionar mazorcas cuyos frutos estuvieran alineados en hileras; en las mazorcas del maíz silvestre, el número de hileras por mazorcas siempre es de dos (Miranda, 1996 b), mientras que en el maíz cultivado dicho número varía entre 8 y 24, predominando, en la actualidad, las razas cuyas mazorcas tienen 12 hileras (Miranda, 1996 b); las mazorcas de 4 y 6 hileras son eliminadas por selección artificial en el área de México-Guatemala-Honduras, ya que son descendientes de cruzamientos entre el maíz silvestre y el maíz cultivado; las mazorcas de 8, 16 y 24 hileras, equivalían a los 120 ($8 \times 15 = 120$), 240 ($16 \times 15 = 240$) y 360 ($24 \times 15 = 360$) días del movimiento de traslación de la tierra y significaban los días del segundo, tercero y cuarto años del cuatrienio civil, en que debían hacerse los ajustes del cuatrienio trópico ya mencionado; en esta segunda etapa del mejoramiento genético del maíz, permanecieron los tipos de fruto palomero, cristalino, harinoso y dulce, pero ahora sí, los frutos de la mazorca debían desarrollarse en hileras y estas hileras, a su vez, debían variar entre 8 y 24, según el genotipo en cuestión; esta diversidad de hileras es todavía frecuente en México, donde lo mismo crecen en las poblaciones silvestres que en las cultivadas (Wellhausen *et al.*, 1951).

La tercera fase del mejoramiento genético del maíz se inició con el descubrimiento de la cerámica (García, 1985); este avance tecnológico permitió modificar e incrementar los usos de este cereal y, de igual forma, influyó para que se modificaran los objetivos del mejoramiento genético; tratándose de una etapa más reciente que las anteriores, es lógico pensar que la población humana ya se había incrementado, lo cual implicaba la necesidad de extender las áreas de cultivo, invadiendo nuevos ecosistemas. Por otro lado, la presencia de recipientes de barro permitió cocinar al maíz y así surgió la costumbre de consumir elotes cocidos, o cocer los frutos maduros para preparar el pozole o fabricar la masa, con la cual se podían elaborar tortillas, tamales, atoles, etc.; estos nuevos usos del maíz requerían

de frutos menos duros que los palomeros, pero no tan blandos como los harinosos, ya que estos últimos eran muy susceptibles a las plagas de almacén. Tomando en cuenta estos antecedentes, el hombre decidió cruzar a la raza Palomero Toluqueño, de fruto duro, con la raza Caca-huacintle, de fruto blando, para obtener a la raza Cónico, cuyas características de fruto son intermedias entre las de los progenitores, pero con un valor de adaptación mucho más amplio que el de sus ancestros (Wellhausen *et al.*, 1951; Miranda, 1996 a). Esta raza surgió en los valles altos de la Sierra Volcánica Transversal de México y de esta área emigró hacia el norte, hasta alcanzar la frontera con los Estados Unidos de América; también arribó al occidente de México y de allí siguió por la vertiente del Océano Pacífico, hasta alcanzar el occidente de los Estados Unidos de América. De igual manera, se desplazó hacia el sur, hasta llegar a Honduras, y de allí fue trasladada a Venezuela o Colombia, distribuyéndose después en el noroeste de América del Sur (Kato, 1984). Después de la raza Cónico surgieron otras con el carácter de fruto dentado, las cuales cubrieron, a su vez, otras áreas de América del Norte y Centroamérica; con la aparición de los maíces dentados disminuyó la frecuencia de los maíces palomeros, de los cristalinos, de los harinosos y de los dulces, en Mesoamérica, lo cual no ocurrió en América del Sur, donde la aparición de la cerámica no provocó los mismos cambios en el uso del maíz como aconteció en América del Norte.

La cuarta etapa del mejoramiento genético del maíz se inició a partir de 1492, año en que la cultura europea arribó al continente americano; esta cultura trajo consigo la ganadería, la cual motivó que la interdependencia que existía entre el maíz y el hombre se extendiera también hacia esta actividad. Este encuentro de culturas hizo que se modificaran las técnicas de cultivo y, también, los objetivos del mejoramiento genético; estos cambios eliminaron, de raíz, las metodologías agroastronómicas que el hombre prehispánico había utilizado, con gran éxito, en sus actividades agrícolas (Miranda, 1996 a), pero también se debe reconocer que el hombre europeo influyó para que el maíz se desplazara hacia otros continentes, ampliándose con ello la dinámica evolutiva y la variabilidad genética de la especie.

DISCUSIÓN

Con relación al lugar de origen, se puede mencionar que el teocintle ha mantenido un constante ritmo evolutivo, desde

antes que el hombre iniciara la domesticación; tal es el caso de la variabilidad que se presenta en el número y posición de los nudos cromosómicos. Según Mc Clintock *et al.*, (1981), el teocintle de Guatemala se caracteriza por tener un número reducido de nudos, todos ellos con ubicación terminal, en los brazos de los cromosomas. En cambio, los teocintles de México se distinguen de los de Guatemala por poseer un número mayor de nudos cromosómicos; éstos son principalmente intercalarios y, además, tienen el cromosoma 10 I anormal y el cromosoma tipo B. Sobre esta aseveración, debe aclararse que el teocintle del sur de Guatemala, alguna vez estuvo creciendo en forma natural en el sur del estado de Oaxaca, México (Wilkes, 1967; Sánchez *et al.*, 1995), pero actualmente ya se ha extinguido; esto indica que el teocintle de Guatemala crecía desde el sureste de México hasta Honduras. Si consideramos que la aparición de los nudos cromosómicos fue un proceso evolutivo, donde al principio no existían nudos, pero después fueron apareciendo y se fueron incrementando, tanto en ubicación terminal como intercalaria, en los brazos de los cromosomas, entonces el teocintle del área sureste de México-Guatemala-Honduras es más antiguo que el del resto de México. Por lo tanto, se deduce que el teocintle pudo haberse originado en la primera región y después se desplazó hacia el norte de México, atraído quizá, por las mejores condiciones ambientales que ofrece el Trópico de Cáncer cuando el sol, en su movimiento aparente, transita en el hemisferio norte; si este fue el caso, entonces el centro de origen primario del maíz se encuentra en la región sureste de México-Guatemala-Honduras. Sin embargo, cuando el hombre inició el proceso de domesticación, el teocintle ya se había extendido desde el paralelo 14 hasta el paralelo 30 del hemisferio norte; también se había incrementado el número de nudos cromosómicos y ya habían aparecido tanto el cromosoma 10 I anormal como el cromosoma tipo B. En virtud de que el número y la posición de los nudos cromosómicos en el maíz cultivado, son más parecidos al teocintle de México que al de Guatemala, Mc Clintock *et al.*, (1981) y Kato (1984) establecen que la domesticación del maíz se inició a partir del teocintle de México.

El señalamiento anterior se fortalece por el hecho de que en México se han encontrado los restos arqueológicos más antiguos del maíz domesticado, como son los granos de polen fósil hallados en el Valle de México (Barghoorn *et al.*, 1954; Mangelsdorf, 1960), y las mazorcas de maíces palomeros impresas en el fragmento de lava volcánica encontrada en las faldas del Pico del Quinceo (Wellhausen,

et al., 1951). Ambas evidencias arqueológicas fueron encontradas en la Sierra Volcánica Transversal de México; además, esta sierra posee numerosas cuencas cerradas donde se han formado los lagos del Valle de México, el Lago de Pátzcuaro, el Lago de Zirahuén, el Lago de Cuitzeo, la Laguna de Yuriria, el Lago de Chapala, la Laguna de Zapotitlán, la Laguna de Sayula, la Laguna de Zacoalco, la Laguna de San Marcos, el Lago de Atotonilco y la Laguna de Cajititlán, entre otros. Estos lagos, aunados a las numerosas ciénagas y pantanos que formaban los derrames acuíferos de muchos ríos, fueron puntos de atracción para la fauna silvestre y también para el sedentarismo del hombre prehispánico; la extensa región a la que hacemos referencia posee, asimismo, numerosos poblamientos antiguos y calendarios agrícolas como el de Cuitzeo, donde se hace resaltar la forma cónica de la mazorca, la cual, a su vez, se refleja tanto en las mazorcas cónicas impresas en el fragmento de lava volcánica, que se exhibe en el Museo Michoacano de Morelia, como en la raza Palomero Toluqueño, considerada entre las razas más antiguas de México (Wellhausen *et al.*, 1951). Por otro lado, la Sierra Volcánica Transversal y las cuencas hidrológicas que la circundan, conforman el área donde la diversidad genética del maíz ha alcanzado sus mayores proporciones, lo mismo en el nivel silvestre que en el domesticado; todos estos antecedentes sugieren que el territorio de México comprendido entre los paralelos 19 y 21 del hemisferio norte, reúne las cualidades orográficas, hidrográficas, edáficas, climáticas, citotaxonómicas, arqueológicas, históricas y agroastronómicas necesarias para considerar a esta región, y muy especialmente a su sector occidental, como el centro de domesticación primaria más exitoso que ha tenido el cultivo del maíz en Mesoamérica.

La migración es otro factor que ha jugado un papel muy importante en la evolución del maíz. Si consideramos que el maíz se empezó a domesticar en El Bajío y en el occidente de México, es obvio que fue en esta misma área donde se empezó a incrementar la diversidad genética de la especie, ya que la región cuenta con una gran variedad de ecosistemas. Para el surgimiento de nuevos genotipos, nuevas poblaciones o nuevas razas de maíz, fue necesario que intervinieran factores evolutivos como la migración, la mutación, la recombinación genética, la infiltración genética y la selección, entre otros; de la zona de el Bajío, el maíz domesticado emigró hacia otras regiones de América del Norte, lo mismo que hacia América Central, América del Sur e islas del Caribe. En cada una de estas

nuevas localidades continuó el proceso de domesticación, recurriendo a los factores evolutivos ya mencionados (Wellhausen *et al.*, 1951; Roberts *et al.*, 1957; Wellhausen *et al.*, 1958; Brieger *et al.*, 1958; Mc Clintock *et al.*, 1981; Kato, 1984). Por otro lado, la norma dice que las variedades cultivadas de una especie prosperan mejor en aquellas regiones o climas donde crecen los genotipos silvestres; el maíz no es una excepción a esta regla, ya que en México, la faja maicera del país está ubicada entre los paralelos 19 y 21 del hemisferio norte, pero dentro de esta región, la producción del maíz es todavía más elevada en la parte centro-occidente, coincidiendo precisamente con el centro de domesticación primaria de la especie. Sin embargo, el teocintle se extendió en forma natural entre los paralelos 14 y 30 del hemisferio norte, área en la que el cultivo del maíz ha sido muy exitoso, pero dicho éxito también se ha repetido entre los paralelos 14 y 30 del hemisferio sur, donde el maíz arribó, gracias a la migración, desde tiempos muy remotos (Brieger *et al.*, 1958; Ramírez *et al.*, 1960; Grobman *et al.*, 1961). Lo anterior no significa que el maíz no se pueda desarrollar en otras latitudes; más bien, lo que se desea señalar es que en las áreas o climas donde crecen las poblaciones silvestres, los beneficios que se derivan de las variedades cultivadas son más amplios y ventajosos, debido a que el germoplasma cultivado es más variable y proviene de otro que ha sido, previamente, muy bien adaptado a las condiciones ambientales de la región. Por la forma y la orografía del continente americano, se puede mencionar que la migración no sólo ocurrió latitudinalmente, sino que también se llevó a cabo en forma longitudinal y altitudinal, ya que mientras el teocintle sólo llegó a crecer, en forma natural, entre los 500 m y los 1 900 m de altitud, el maíz domesticado se adaptó a altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 4 090 m (Timothy *et al.*, 1961).

La forma de cómo se originó el maíz es otro aspecto que, por su gran importancia, no se puede ignorar; el maíz silvestre es una planta predominantemente anual, pero cuando las condiciones ambientales lo han requerido, se ha transformado en perenne, sin modificar su número cromosómico de $2n = 20$ (Iltis *et al.*, 1979), o también duplicando el número de cromosomas ($2n = 40$), como es el caso de *Zea perennis* (Hitchc.), Reeves y Mangelsdorf; estos ejemplos han ocurrido en el occidente de México y ocupan áreas realmente pequeñas (Sánchez y Ruiz, 1995). El teocintle que antecedió a la domesticación fue el resultado de la selección natural, desarrollando formas que le permitieron sobrevivir a las presiones ambientales de

aquel entonces; entre estas formas sobresalen las siguientes: la planta de teocintle, bajo condiciones ambientales benignas, desarrolla un tallo principal, del cual surgen ramas primarias, secundarias y hasta terciarias (Miranda, 1977); cada rama, a su vez, termina en una inflorescencia masculina o espiga y en cada nudo de los diferentes tallos puede surgir una inflorescencia femenina o mazorca; en cambio, en el maíz cultivado, la planta desarrolla un tallo principal, que también termina en espiga; este tallo da origen a una o dos mazorcas en la mayoría de casos; en ocasiones algunos genotipos cultivados producen, en su base, ramas primarias que también pueden generar mazorcas. Lo anterior indica que el teocintle procrea más ramas, espigas y mazorcas, por planta, que el maíz cultivado (Miranda, 1977). La inflorescencia femenina del teocintle consta de dos hileras de frutos y cada fruto está envuelto en una especie de cápsula endurecida; esta cápsula está formada por el raquis y la gluma externa de la espigilla; la gluma, a su vez, toma una dirección paralela a lo que sería el eje de la mazorca; dentro de la cápsula está la cúpula donde se desarrolla la espigilla que da origen a un solo fruto; las cápsulas de los frutos están unidas, entre sí, por una capa muy sutil de raquis, la cual se rompe fácilmente después de la madurez de los frutos, permitiendo que las mazorcas se desintegren con sólo mover ligeramente a la planta; la cápsula del fruto tiene la función de protegerlo de sus depredadores, regulando la latencia de la semilla a través de su dureza y confundiendo al fruto con el medio ambiente que lo rodea, mediante la coloración externa que adquiere el raquis. En el teocintle, el número de frutos por mazorca puede variar entre 7 y 14, según la población de que se trate; las razas que más frutos desarrollan son aquellas que han recibido germoplasma del maíz domesticado (Wilkes, 1967), mediante el fenómeno de infiltración genética. A diferencia del teocintle, el maíz cultivado puede desarrollar mazorcas hasta de 24 y aún 30 hileras. Mientras en el teocintle cada cúpula desarrolla un fruto, en el maíz domesticado crecen dos; los frutos del maíz cultivado están desprovistos de raquis, ya que éste se limita a desarrollar el olote, que retiene a las semillas hasta después de la cosecha. En el teocintle, la gluma exterior es dura y junto con el raquis forman la cápsula que rodea al fruto; en cambio, en el maíz domesticado, la gluma es suave, ocupa una posición perpendicular al olote y es más pequeña que el fruto. De esta manera, los frutos son visibles cuando la mazorca queda libre del totomoxtle, es decir, las hojas modificadas que cubren a la mazorca.

Con relación al origen de los tipos de fruto del maíz, el

primero en aparecer fue el del teocintle, el cual es producto de la selección natural y, como tal, está protegido por una cápsula dura y muchas veces impermeable, que lo resguarda de los depredadores; sin embargo, bajo selección artificial, la mayoría de los autores consideran que el maíz palomero es el más antiguo, y después de éste apareció el fruto cristalino que supera en tamaño al palomero. Posteriormente surgieron los frutos tipo harinoso y dulce y, por último, se creó el fruto tipo dentado (Wellhausen *et al.*, 1951; Brieger *et al.*, 1958; Grobman *et al.*, 1961). La aparición de cada tipo de fruto fue el resultado de un proceso evolutivo, donde se involucraron otros caracteres de la planta, tal como se menciona a continuación:

Durante la primera etapa del mejoramiento genético, que comprende todo lo realizado hasta antes de la aparición de los calendarios agroastronómicos (época anterior a los 8 000 años A. P.), aparecieron los frutos tipo palomero, cristalino, harinoso y dulce, pero también ocurrieron otros cambios importantes en el maíz que no deben subestimarse, como fueron: la diversificación del ciclo biológico; en la planta se redujo el número de ramas, hojas, inflorescencias masculinas, femeninas y el periodo de floración; en la mazorca surgió el olote, se incrementó el número de hileras (4 ó más) y el número de frutos por hilera; los frutos se despojaron de la cápsula que protege al tipo silvestre, volviéndose así más blandos o permeables y también se diversificó el color en ellos; tal vez en esta etapa apareció el carácter tunicado, para proteger al fruto de sus múltiples depredadores; además, se generaron las primeras migraciones del maíz y se fortaleció la interdependencia maíz-hombre; los usos del maíz eran aún reducidos en número.

La segunda etapa del mejoramiento genético estuvo comprendida entre la aparición de los calendarios agroastronómicos (Miranda, 1996 a; 1997) y el surgimiento de la cerámica (8 000 – 3 500 años A. P.); en esta etapa permanecieron los mismos tipos de fruto ya mencionados, pero lo más relevante fue el fortalecimiento de la agroastronomía, la cual impulsó al hombre a vivir en armonía con la naturaleza; fue así como los ciclos biológicos de las variedades de maíz tuvieron que ajustarse a ciertas fechas del año, para mantener congruencia con los movimientos de la tierra y de otros astros; los frutos de la inflorescencia femenina se alinearon en hileras; se eliminaron las mazorcas de 4 y 6 hileras en el maíz domesticado, y sólo permanecieron aquéllas cuyo número de hileras variaba entre 8 y 24: esto se hizo para estar acorde

con las 24 horas, tanto de la rotación como de la traslación de la tierra (Miranda, 1996 a; 1996 b); las mazorcas de 8, 16 y 24 hileras representaban las 8 horas ($8 \times 60' = 480'$), 16 horas ($16 \times 60' = 960'$) y 24 horas ($24 \times 60' = 1\,440'$) del día, mismas que, a su vez, eran equivalentes a los tres ajustes que se hacían cada $480 + 7$ días, para acoplar el cuatrienio civil de 1 440 días con el cuatrienio trópico de 1 461 días (Miranda, 1996 a; 1996 b; 1997); en esta etapa del mejoramiento genético, emigró la tecnología agroastronómica hacia otras latitudes, lo mismo que las nuevas variedades de maíz; también se inició la enseñanza de la agroastronomía en los mismos sitios donde se encontraban los calendarios (Miranda, 1997).

La tercera etapa del mejoramiento genético se refiere al periodo comprendido entre la aparición de la cerámica, en el año 3 500 A. P., y la llegada de la cultura europea al continente americano, en el año 1492 de nuestra era; en esta etapa se mantuvo vigente la agroastronomía, pero la cerámica motivó el surgimiento de los maíces dentados, mismos que empezaron a desplazar a los maíces dulces, a los harinosos, a los cristalinos y a los palomeros; según Wellhausen *et al.*, (1951), en la actualidad los maíces dulces sólo ocupan 4% de la variación total, los harinosos 16%, los cristalinos y palomeros 26%, mientras que los dentados se han incrementado hasta 56%; esto indica que, en México, mientras más susceptibles han sido los maíces antiguos a los depredadores, más apresurada ha sido su desaparición o sustitución; en la tercera etapa del mejoramiento genético, también se incrementaron los centros de enseñanza e investigación, donde la agroastronomía ocupó un papel muy relevante; algunos de estos centros fueron los siguientes: La Venta, Tabasco; Cuicuilco, D.F.; Chupícuaro, Guanajuato; El Opeño, Michoacán; Chalcatzingo y Xochicalco, Morelos; Teotihuacan, Estado de México; Tula, Hidalgo; Cholula, Puebla; Cacaxtla, Tlaxcala; Monte-Albán y Mitla, Oaxaca; El Tajín, Veracruz; Uxmal y Chichen-Itza, Yucatán; Palenque, Chiapas; Tikal, Guatemala y Copán, Honduras, entre otros muchos. Gracias a la enseñanza e investigación más organizada creció el éxito agrícola, donde el maíz jugó un papel muy importante y, así, las civilizaciones mesoamericanas alcanzaron su mayor desarrollo, dándole realce al Periodo Clásico; con la aparición de la cerámica no sólo cambiaron los objetivos del mejoramiento genético del maíz sino que, en forma acelerada, se incrementó el número de usos de esta especie, por lo menos en el área mesoamericana, ya que la tecnología de la tortilla y sus derivados no alcanzó a penetrar en los pueblos sudamericanos.

La cuarta etapa del mejoramiento del maíz se inició en el año de 1492, con la llegada de la cultura europea al continente americano, y continúa hasta nuestros días; en esta etapa se eliminaron los sistemas de enseñanza prehispánica y se derrumbó la agroastronomía, con todos los avances que se habían logrado, desde la segunda etapa del mejoramiento genético hasta el inicio de la cuarta etapa; durante este último periodo, la ganadería, la industria, las artesanías, el desarrollo tecnológico y el científico, entre otros factores, han influido para modificar los objetivos y las metodologías del mejoramiento genético del maíz; asimismo, se ha incrementado la migración, la dinámica evolutiva de la especie y el número de usos de la misma, pero también es cierto que, en México, el crecimiento demográfico, aunado a los aspectos de tipo político, económico y social, lejos de aumentar y fortalecer la diversidad genética del maíz, la están reduciendo en forma acelerada, lo cual debe ser motivo de reflexión, para corregirse antes de que sea demasiado tarde.

CONCLUSIONES

De la información consignada en este trabajo se concluye que el teocintle o maíz silvestre se originó en el área sureste de México-Guatemala-Honduras, y de ahí se extendió hacia el norte, hasta alcanzar el paralelo 30; esta dispersión ocurrió antes de que el hombre iniciara el proceso de domesticación del maíz. Información de tipo orográfico, hidrográfico, edáfico, climatológico, citológico, arqueológico, histórico y agroastronómico, indica que la domesticación del maíz se inició hace más de 10 000 años A. P. en las regiones de El Bajío y el occidente de México, consideradas como el centro de domesticación primaria de la especie; de allí, el maíz domesticado emigró, primero, hacia otras áreas de América del Norte y, después, hacia América Central, América del Sur y hacia las islas del Caribe. Considerando la larga historia del maíz domesticado, se ha dividido al mejoramiento genético en cuatro etapas:

La primera etapa se refiere a todo lo que se realiza hasta antes de la aparición de los primeros calendarios agroastronómicos, los cuales datan de 8 000 años A. P.; en esta etapa ocurren grandes cambios en el arquetipo de la planta, de la mazorca y del fruto del maíz; aparecen el olote y los frutos de tipo palomero, cristalino, harinoso y dulce; se establece la interdependencia maíz-hombre y se generan las primeras migraciones del maíz domesticado;

los usos del cereal aún son escasos.

La segunda etapa se inicia con la aparición de los primeros calendarios agroastronómicos, hace unos 8 000 años A. P. y se prolonga hasta que aparece la cerámica en el año 3 500 años A. P.; en esta etapa se fortalece la agroastronomía; el hombre se integra a la naturaleza y vive en armonía con ella; se modifican los objetivos del mejoramiento genético, para hacer que el ciclo biológico del maíz y las características de la mazorca respondan a los movimientos de la tierra y de otros astros; siguen vigentes los tipos de fruto mencionados anteriormente, pero ahora con características genéticas que se ajustan a las necesidades agroastronómicas de la región; se inicia la enseñanza de la agroastronomía en los sitios donde se ubican los calendarios, con resultados muy positivos en el renglón agrícola.

La tercera etapa se refiere al periodo comprendido entre la aparición de la cerámica y el descubrimiento de América, ocurrido en 1492; en esta etapa se vuelven a modificar los objetivos del mejoramiento genético del maíz, ya que la aparición de la cerámica impulsa el desarrollo de los maíces dentados, los cuales tienden a desalojar a las variedades antiguas, empezando con las más susceptibles a los depredadores; de igual manera, se organiza la enseñanza y la investigación, lográndose con ello el mayor desarrollo de las civilizaciones prehispánicas; el número de usos del maíz crece notablemente, por lo menos en el área mesoamericana, ya que en América del Sur, la presencia de la cerámica no altera significativamente a los usos del maíz.

La cuarta etapa se refiere al periodo comprendido entre la llegada de la cultura europea al continente americano, en 1492, y la época actual; en esta etapa se destruye la cultura agroastronómica, con todos los avances que se habían logrado desde la etapa número dos; de igual modo, se eliminan los sistemas de enseñanza prehispánica y se modifican nuevamente los objetivos y las metodologías del mejoramiento genético, ya que surgen nuevas necesidades como son: la presencia de la ganadería, la industria, las artesanías, etc.; asimismo, ocurren nuevos adelantos tecnológicos y científicos que se ponen al servicio del mejoramiento genético; en esta etapa se incrementan la migración, la velocidad de evolución y el número de usos del maíz, pero también es cierto que, en México, se está acelerando la destrucción del germoplasma de esta especie, debido a errores en la formulación y conducción

de los modelos políticos, económicos y sociales que se practican en el país; ojalá que este problema se pueda solucionar positivamente, antes de que alcance niveles irreversibles.

LITERATURA CITADA

- Aragón, C. F. 1996. El teocintle (*Zea mays* L. spp. *parviglumis* Iltis and Doebley) en Oaxaca, México. In: Sociedad Mexicana de Fitogenética e Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (eds.). Memorias (Notas Científicas) del XVI Congreso de Fitogenética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. p. 189.
- Barghoorn, E. S.; Wolfe, M. K. and Clisby, K. H. 1954. Fossil maize from the Valley of Mexico. Bot. Mus. Leaf. Harvard Univ. 16:229-240.
- Bennette, W. C. and Bird, J. C. 1949. Andean culture history. Amer. Mus. of Natural History. New York, N. Y., U.S.A. (Handbook Series No. 15).
- Brieger, F. G.; Gurgel, J. T. A.; Paterniani, E.; Blumenschein, A. and Alleoni, M. R. 1958. Races of maize in Brazil and other Eastern South American Countries. Natl. Acad. Sci-Natl. Res. (Council Publ. No. 593).
- Carmona, M. M. 1989. El origen del hombre americano. Museo Nacional de Antropología. García Valdez Editores. México, D. F., México.
- Flannery, K. V. and Schoenwelter, 1970. Archeology 23: 144-152.
- García, C. A. 1985. Historia de la tecnología agrícola en el altiplano central, desde el principio de la agricultura hasta el siglo XVI. In: Rojas, R. T. y Sanders, T. W. (eds.). Historia de la agricultura, época prehispánica, siglo XVI. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D.F., México. p. 7-75. (Colección Biblioteca del INAH).
- Goodman, M. M. 1976. Maize *Zea mays* (*Gramineae-Maydeae*). In: Simmonds, N. W. (ed.). Evolution of crop plants. Longman. London and New York. p. 128-136.
- Grobman, A.; Salhuana, W. and Sevilla, R. 1961. Races of maize in Peru. Natl. Acad. Sci-Natl. Res. (Council Publ. No. 915).
- Iltis, H. H.; Doebley, J. F.; Guzmán M., R. and Pazy, B. 1979. *Zea diploperennis* (*Gramineae*): a new teocintle from Mexico. Science 203: 186-188.
- Iltis, H. H. and Doebley, J. F. 1980. *Taxonomy of Zea (Gramineae)*. II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. Am. Jr. Bot. 67(6): 994-1004.
- Kato, Y. T. A. 1984. Chromosome morphology and the origin of maize and its races. Evolutionary Biology 17: 219-253.
- Mac Neish, R. S. 1964. Ancient mesoamerican civilization. Science 143: 531-537.
- Mangelsdorf, P. C. 1960. Reconstructing the ancestor of corn. The Smithsonian Report for 1959. p. 495-507.
- Mangelsdorf, P. C.; Mac Neish, R. S. and Galinat, W. C. 1956. Archeological evidence on the diffusion of maize in Northeastern Mexico. Bot. Mus. Leaf. Harvard Univ. 18: 125-150.
- Mc Clintock, B.; Kato, Y. T. A. y Blumenschein, A. 1981. Constitución cromosómica de las razas de maíz. Su significado en la interpretación de las relaciones entre las razas y variedades de las américas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de Méx., México.
- Mirambell, L. 1974. La etapa lítica. In: Salvat (ed.). Historia de México. Volumen I. Fascículos 3 y 4. p. 55-76.
- Miranda, C. S. 1977. Evolución de cuatro caracteres del maíz (*Zea mays* L.). Agrociencia (México) 1 (2): 99-109.
- Miranda, C. S. 1991. La rotación de la tierra. Agrociencia, Serie Fitociencia (México) 2 (2): 137-152.
- Miranda, C. S. 1996 a. La agroastronomía. Programa Nacional de Etnobotánica. 2a. ed. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx., México. (Serie Agroastronomía, Publicación No. 1).
- Miranda, C. S. 1996 b. Evolución de las hileras por mazorca en el maíz. In: Sociedad Mexicana de Fitogenética e Instituto de Recursos Genéticos y Productividad (eds.). Memorias (Notas Científicas) del XVI Congreso de Fitogenética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. p. 190.
- Miranda, C. S. 1997. Un calendario de ocho mil años de antigüedad en México (En prensa).
- Peña, D. E.; Fernández, V.M.E.; Cárdenas, G. E. y González, Z. R. 1991. Bosquejo arqueológico del norte de Michoacán. Anales del Museo Michoacano (México). Tercera Época. 3: 11-25.
- Prywer, C. 1958. Poliploidía en el origen de algunas plantas cultivadas. Primer Simposio de Investigación Agrícola en México. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Edo. de Méx., México. p. 128-138.
- Ramírez, R. E.; Timothy, D. H.; Díaz, B. E. and Grant, U.

- J. 1960. Races of maize in Bolivia. *Natl. Acad. Sci-Natl. Res. (Council Publ. No. 747)*.
- Roberts, L. M.; Grant, U. J.; Ramírez, E. R.; Hatheway, W. H. and Smith, D. L. 1957. Races of maize in Colombia. *Natl. Acad. Sci-Natl. Res. (Council Publ. No. 510)*.
- Sánchez, J. J. y Ruiz, C. J. A. 1995. Distribución del teocintle en México. *In: Serratos, J. A.; Willcox, C. M. y Castillo, G. F. (eds.). Memorias del Foro "Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico". Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, D. F., México. p. 20-38.*
- Sehgal, S. M. 1963. Effects of teocintle and *Tripsacum* introgression in maize. *The Bussey Institution of Harvard University*.
- Timothy, D. H.; Peña, V. B. and Ramírez, E. R. 1961. Races of maize in Chile. *Natl. Acad. Sci-Natl. Res. (Council Publ. No. 847)*.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M. y Hernández, X. E. 1951. Razas de maíz en México: su origen, características y distribución. *Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de Estudios Especiales, México, D. F., México. 237 p. (Folleto Técnico Núm. 5)*.
- Wellhausen, E. J.; Fuentes, O. A. y Corzo, A. H. 1958. Razas de maíz en la América Central. *Secretaría de Agricultura y Ganadería, Oficina de Estudios Especiales, México, D. F., México. 138 p. (Folleto Técnico Núm. 31)*.
- Wilkes, H. G. 1967. Teocintle: the closest relative of maize. *The Bussey Institution of Harvard University*.
- Wilkes, H. G. 1995. El teocintle en México: panorama retrospectivo y análisis personal. *In: Serratos, J. A.; Willcox, C. M. y Castillo, G. F. (eds.). Memoria del Foro "Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico". Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México, D.F., México. p. 11-19.*