

Informe final* del Proyecto FZ001
Estudio de la diversidad genética y su distribución de los maíces criollos y sus parientes silvestres en Michoacán

Responsable: Dr. José Alfredo Carrera Valtierra
Institución: Universidad Autónoma Chapingo
Dirección de Centros Regionales
Centro Regional Universitario de Occidente
Dirección: Periférico Independencia Pte. No. 1000. Col. Lomas del Valle CP 58170.
Teléfono, fax 01(443)3-16-14-89 Ext. 219
Fecha de inicio: Octubre 31, 2007
Fecha de término: Abril 10, 2013
Principales resultados: Base de datos, fotografías, informe final.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Carrera Valtierra, J. A. 2013. Estudio de la diversidad genética y su distribución de los maíces criollos y sus parientes silvestres en Michoacán. Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Oriente. **Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. FZ001.** México, D.F.

Resumen:

El estado de Michoacán forma parte del centro de origen y domesticación del maíz debido a que en la región Balsas se encuentra su antecesor, el maíz Teocinte anual de la raza Balsas (*Zea mays* L spp *parviglumis*). A la fecha, después de 67 años no se ha realizado un estudio general que nos permita conocer el estado actual de los maíces criollos y sus parientes silvestres, no obstante que algunas razas de maíz están en peligro de extinción y si en breve, se suspende la moratoria al uso de maíces genéticamente modificados la infiltración de genes no deseados que podrían alterar el equilibrio genético de los agroecosistemas. Debido a lo anterior, para este trabajo de investigación se proponen los siguientes objetivos: a) Realizar una colecta amplia de los maíces criollos y sus parientes silvestres en las 10 regiones del estado de Michoacán para conocer sus áreas de distribución geográfica y b) su diversidad genética actual. En una primera fase de trabajo (2006) se recolectaron en parte las regiones Bajío, Centro, Ciénega de Zacapu, Pátzcuaro-Zirahuen, Tierra Caliente, Meseta Purépecha, y Oriente (faltan en su totalidad las regiones Costa, Valle de Aptzingan y Ciénega de Chapala) donde se recolectaron 292 muestras de maíz, de las cuales el 69.8, 26 y 4.2 % provienen de agricultura de temporal, humedad residual y riego, respectivamente. Wellhausen et al. (1951) encontraron que en Michoacán existían 13 de las 32 razas de maíz de México (definidas y no bien definidas); en esta primera fase trabajo, después de 67 años se recolectan e identificaron otros 12 nuevos maíces con características agronómicas propias que no han sido caracterizadas, por lo que en total podrían existir 25 de las 60 razas de maíz hasta ahora descritas. De estos 12 nuevos maíces, al menos 11 se formaron por cruzamientos interraciales entre maíces locales por introducidos, y solo uno por posible mutación (Maíz Rosita). Las Nuevas variantes de maíz se ubicaron en el área indígena Purépecha (Tsiri Uaruti, Tsiri Charápiti, Tarasco y Chalqueño Colorado) ó en áreas que no fueron recolectadas por Wellhausen y donde se encontró Maíz Prieto de Tierra Caliente, Maíz Rosita, Maíz Marceño y el Maíz Dulce, Maíz Ancho Híbrido, Maíz Tamaulipas y Maíz Ancho. De acuerdo a la dificultad por recolectar las razas de maíz Celaya, Zamorano Amarillo, Vandeano y Elotes Occidentales y los tamaños de muestras de las razas Maíz Dulce y Conejo fueron las que presentaron mayor pérdida de diversidad genética, con menor erosión genética fue Chalqueño en el Oriente y sin problemas de erosión genética fueron el Maíz Tamaulipas, Tsiri Uruti (Maíz de Ecuaro), Tsiri Charápiti (Maíz Colorado) y Tarasco. Respecto a maíz Teocinte y *Tripsacum* (no he visto en Michoacán y tampoco lo reporta Sánchez y Ordaz) no conocemos su estado actual; sin embargo, en viajes de trabajo se observa que la ganadería se está extendiendo hacia las partes cerriles y están alterando su ecosistema, por lo cual es importante tener colectas recientes para su conservación ex situ, ya que las que se hicieron datan de 1985 y 1986 (Sánchez y Ordaz).

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO CENTRO OCCIDENTE
ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA Y SU DISTRIBUCIÓN DE LOS
MAÍCES CRIOLLOS Y SUS PARIENTES SILVESTRES
EN MICHOACÁN. Clave FZ001



Figura 1. Plantas de teocinte raza Balsas (izquierda), Mesa Central tipo Ciénega de Chapala (centro) y Mesa Central tipo Cuitzeo (derecha). Mazorcas de parte de la diversidad de 31 tipos de Maíz en Michoacán.

Duración del proyecto: 12 meses

INSTITUCION COLABORADORA:

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y agropecuarias-Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Filogenéticos. Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jal. CP 45110. Tel. (33) 37-777-1117 y 3682-0743 Correo: jron@cucba.udg.mx, sanche@cucba.udg.mx

RESPONSABLE DEL PROYECTO:

Nombre. Carrera-Valtierra, José Alfredo

Grado: Doctor en Ciencias con especialidad en Genética Vegetal

SNI: 1

Puesto: Profesor-Investigador Tiempo Completo

Línea de investigación: Recursos genéticos y mejoramiento genético de maíz

RESUMEN

El Estado de Michoacán forma parte del centro de origen, domesticación, ruta de migraciones y de asentamientos de grupos étnicos lo que ha favorecido que en el Estado exista una amplia diversidad del maíz y sus parientes silvestres. A la fecha, después de 67 años no se había realizado un estudio general y sistemático que nos permitiera conocer el estado actual que guardan los maíces criollos y sus parientes silvestres, no obstante que ya algunas razas de maíz están en peligro de extinción y si en breve, se suspende la moratoria al uso de maíces genéticamente modificados la infiltración de genes no deseados que podrían alterar el equilibrio genético de los agroecosistemas. Debido a lo anterior, para este trabajo de investigación se plantearon los siguientes objetivos: a) Realizar una colecta amplia de los maíces criollos y sus parientes silvestres en las 10 regiones del Estado de Michoacán para conocer su diversidad genética y b) distribución geográfica actual. En esta investigación se recolectaron 695 muestras de maíces criollos y 95 de teocintle. En maíz encontramos 31 tipos entre razas y subrazas, 17 más a las reportadas por Wellhausen *et al.* (1951). Las nuevas variantes de maíz fueron recolectadas principalmente en las áreas étnicas Purépecha y Náhuatl ó en áreas que no fueron recolectadas por Wellhausen y colaboradores, pero que indicaron que en estas áreas existían otros tipos de maíz. Los maíces criollos se conservan y aprovechan principalmente por campesinos de origen étnico indígena ó mestizo en condiciones de agricultura campesina. De acuerdo a la dificultad en la recolecta y tamaño pequeño de las muestras podemos decir que las razas que presentan mayor pérdida de diversidad son: Conejo, Maíz Dulce, Celaya, Zamorano Amarillo, Vandeño, Elotes Occidentales, Tabloncillo y Mushito. Los maíces sin pérdida de diversidad son: Tuxpeño, Tamaulipas, Purépecha (un tipo de Mushito), Maíz de Ecuaro y Chalqueño. En teocintle, la literatura indica que en la región tropical de Tierra Caliente se distribuye la raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y en la subtropical la raza Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*). Datos de campo de plantas de teocintle recolectadas en su habitat natural y experimentalmente (Morelia, Álvaro Obregón y Ziracuaretiro, Mich.) indican (sin hacer análisis multivariados ó de ADN) que en la región subtropical existen dos tipos de teocintle, el de la región de Cuitzeo y el de la Ciénega de Chapala. El teocintle de la Ciénega de Chapala es un tipo “intermedio” que comparte características con la raza Balsas (*Zea mays* L. *parviglumis*) y la Mesa Central tipo Cuitzeo (*Zea mays* L. *mexicana*), pero que además tiene características propias. De la raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) comparte características de la mazorca como son: longitud, número de granos y volumen de 100 semillas y de la Mesa Central tipo Cuitzeo (*Zea mays* L. spp

mexicana) características de la espiga como son: número de ramas de la espiga, ancho de la espiguilla y longitud de la rama principal de la espiga, además de la planta el número de ramas laterales. El teocintle tipo Ciénega de Chapala es diferente al Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y Mesa Central tipo Cuitzeo (*Zea mays* L. spp *mexicana*) en las siguientes características: tiene una menor longitud y ancho de hoja, longitud total y de la parte ramificada de la espiga, longitud y ancho de gluma, y número de nudos con mazorca, un mayor número promedio de mazorcas por nudo y en peso intermedio de 100 semillas. Tanto la raza Balsas (*Zea mays* L. *parviglumis*) como la Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*) presentan problemas de pérdida de diversidad debido a que en los lugares donde se recolectó semilla los tamaños de población eran pequeños y en muchos casos se les recolectó creciendo de manera simpátrica en cultivos de maíz.

Palabras clave: *Zea mays* L. spp *mays*, *Zea mays* L. spp *mexicana* y *parviglumis*, diversidad genética, distribución, conservación *ex situ*, riesgos de erosión e infiltración genética.

I. INTRODUCCIÓN

El Estado de Michoacán forma parte del centro de origen del maíz (Beadle, 1939), domesticación (Kato, 1984; Miranda, 2003), ruta de migración y de asentamiento de grupos étnicos. En México, Pipierno y Flanery (2001) indican que el maíz fue domesticado en el sur de México en la región del río Balsas en los estados de Michoacán, Estado de México, Guerrero ó en el estado de Oaxaca, mientras que Miranda (2003) sugiere que ésta ocurrió en el Occidente de México entre los paralelos 19⁰ y 21⁰ norte, en el área donde convergen la cuenca del río Balsas, Sierra Volcánica Transversal y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago. Se sugiere que la domesticación del maíz ocurrió hace 10 mil años (Doebley, 2004) a partir de la raza de teocintle Balsas (*Zea mays L. spp parviglumis*). Matsuoka *et al* (2002) indican que ésta se debió a un solo evento evolutivo. A partir del centro de domesticación, las migraciones humanas indígenas llevaron el maíz a todo México, dando como resultado una enorme diversidad genética en ésta especie (Doebley *et al.*, 1985) que actualmente se ha caracterizado en 59 razas de maíz (Wellhausen, *et al.*, 1951; Hernández y Alanís, 1970; Ortega, 1985; Benz, 1986; Sánchez y Goodman, 1992 y Sánchez *et al.*, 2000). Después de recolectar por varios años los maíces de México, en 1951 Wellhausen y colaboradores indicaron que en Michoacán se distribuían las siguientes 12 razas: Zamorano Amarillo, Celaya-Argentino, Tabloncillo, Elotes Occidentales, Vandefío, Elotes Cónicos, Chalqueño, Maíz Dulce, Cónico Occidental, Mushito, Semi-Pepitillas e intervención de Olotillo y Conejo. Posteriormente, Hernández X. (1973) encontró que el Maíz de Ecuaro se distribuye en la Meseta Purépecha y Mapes (1987) indicó que en la región de Pátzcuaro se encontraban las razas de maíz Palomero Toluqueño y Chalqueño. Peñaloza y Ortega (1996) mencionan que en Tierra Caliente se encuentran los maíces Tamaulipas, Maíz Prieto, Maíz Sapo y Maíz Gringo. Ramírez (1998) y Molina (1998) estudiaron la diversidad genética de los maíces de las regiones Sierra Purépecha y Valle de Zamora; respectivamente, el primero encontró el Maíz de Ecuaro, el Tsiri Charápiti, Pepitilla y Maíz Ancho, y el segundo la raza Pepitilla y otras. Muñoz (2003) menciona que el Maíz Rosita se distribuye en la región Centro y Miganjos (2005) describió la raza Tarasco de la Meseta Purépecha. A pesar del gran esfuerzo de éstos investigadores por recolectar la diversidad de maíces en el Estado de Michoacán aún falta por recolectar de manera más sistemática las regiones que ya han sido recolectadas y además de la Oriente, Costa, Apatzingán y Ciénega de Chapala que han sido poco exploradas. Respecto a la diversidad de teocinte en el Estado Michoacán, en éste han reportado las razas Balsas

(*Zea mays* L. ssp *parviglumis* Iltis y Doebley) distribuido desde la región Tierra Caliente colindando con Guerrero y el Estado de México pasando por la vertiente sur del Eje Neovolcánico Transversal hasta Taretan. La raza Mesa Central (*Zea mays* L ssp *mexicana* Schrader & Iltis) se encuentra distribuida en la región subtropical desde el Lago de Cuitzeo hasta la región Ciénega de Chapala. Debido a la gran diversidad de condiciones ambientales, étnicas, el ser Michoacán parte de las rutas de migración humana y actualmente por estar en riesgo de contaminarse los maíces y teocintle por genes “exóticos”, en el presente trabajo de investigación nos propusimos los siguientes objetivos.

OBJETIVO (S) GENERAL Y PARTICULARES

1. Se realizó una colecta amplia y sistemática de los maíces criollos y sus parientes silvestres en las 10 regiones socioeconómicas del Estado de Michoacán, con énfasis en aquellas que han sido poco exploradas etnobotánicamente y que pudieran encontrarse nuevas razas de maíz y teocintle.

2. Las colectas de maíz y teocintle que se recolectaron en Michoacán fueron almacenadas para su conservación *ex situ* en el banco de germoplasma del Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Filogenéticos (IMAREFI) de la Universidad de Guadalajara (se anexan copias).

3) Para contar con una mejor información agronómica con menos error experimental para la base de datos y conocer la diversidad racial de los maíces criollos y sus parientes silvestres, las colectas de maíz recolectadas en el 2005, 2006 y parte del 2007 se sembraron en Álvaro Obregón, Morelia, Erongarícuaro y Zacapu, Mich., y las colectas de teocinte de fines de este año (2007) y las de maíz del 2008 se sembraron en Ziracuaretiro, Morelia y Álvaro Obregón, Mich.

4. Con el objetivo de recuperar la diversidad genética de los maíces criollos de Michoacán, las colectas de éste proyecto se integraron en las 17 Poblaciones de Amplia Base Genética Intra-raciales (PABG-I) que tiene el Programa de Maíz del CRUCO para su conservación *in situ* participativa con grupos de agricultores.

5) Publicar al menos un artículo con arbitraje sobre la diversidad racial de maíz y sus parientes silvestres en Michoacán (Revista Fitotecnia Mexicana ó Agrociencia) relacionados con el tema.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. 2 Diversidad genética de maíz y sus parientes silvestres en Michoacán y México

El Estado de Michoacán forma parte del centro de origen (Beadle, 1939) y domesticación del maíz la cual pudo ocurrir en cuatro centros en México y uno en las Tierra Altas de Guatemala (Kato, 1984); sin embargo, Miranda (2003) menciona que en México esta ocurrió entre los paralelos 19 y 21 norte, en el área donde convergen la Cuenca del Río Balsas, el Eje Volcánico Transversal y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago a partir del teocintle anual (*Zea mays* L spp *parviglumis*) hace aproximadamente 10 mil años (Doobley, 2004) debido a un solo evento evolutivo (Matsuoka *et al.*, 2002). A partir del centro de domesticación, las migraciones humanas étnicas llevaron el maíz a todo México, dando como resultado una enorme diversidad genética en esta especie (Doobley *et al.*, 1985), que actualmente se ha caracterizado en 60 razas de maíz (Wellhausen *et al.*, 1951; Hernández y Alanís, 1970; Ortega, (1985); Benz, (1986); Sánchez y Goodman, 1992; Sanchez *et al.* (2000); Miganjos (2005).

En el Estado de Michoacán, Beaumont (1873) menciona que existían maíces de color blanco, colorados, negros, azules, muy rojos y amarillos. Chávez (1913) menciona que en Jungapeo se encontraban las razas de maíz Pepitilla Blanco y Conejo ó Tresmesino Blanco, y Wellhausen *et al.* (1951) describieron que en Michoacán se distribuían las razas de maíz Zamorano Amarillo, Celaya-Argentino, Tabloncillo, Elotes Occidentales, Vandeño, Elotes Cónicos, Chalqueño, Maíz Dulce, Cónico Occidental, Mushito, Semi-Pepitillas e intervención de Olotillo y Conejo.

Hernández X. (1973) menciona que el Maíz de Ecuaro se distribuye en la Meseta Purépecha y Mapes (1987) indicó que en la región de Pátzcuaro se encontraban las razas de maíz Palomero Toluqueño y Chalqueño. Romero y Ortega (1996) mencionan que en Tierra Caliente se encuentran los maíces Tamaulipas, Maíz Prieto, Maíz Sapo y Maíz Gringo. Ramírez (1998) y Molina (1998) estudiaron la diversidad genética de los maíces de las regiones Sierra Purépecha y Valle de Zamora; respectivamente, el primero describió el Maíz de Ecuaro, el Maíz Colorado de Pátzcuaro-Zirahuen, Pepitilla y Maíz Ancho y el segundo la raza Pepitilla y otras. Muñoz (2003) menciona que el Maíz Rosita se distribuye en la región Centro y Miganjos (2005) describió la raza Tarasco de la Meseta Purépecha.

Respecto a la diversidad de maíz Teocinte en el Estado Michoacán, en éste se encuentran las razas Balsas (*Zea mays* L. ssp *mexicana* Schrader Iltis) distribuido desde la región Tierra Caliente colindando con Guerrero y el Estado de México pasando por la vertiente sur del Eje Neovolcánico Transversal hasta Taretan y la raza Mesa Central (*Zea mays* L ssp *parviglumis* Iltis & Dudley) desde el lago de Cuitzeo hasta la región Ciénega de Chapala.

2.3 Recolección de maíz y sus parientes silvestres en Michoacán y México

Antes de la llegada de la Oficina de Estudios Especiales (OEE) a México financiada por la Fundación Rockefeller los ingenieros Tabeada y Limón investigadores de la Oficina de Campos Experimentales-Secretaria de Agricultura y Fomento ya habían recolectado y evaluado maíces criollos de México (Stakman *et al*; 1969). De 1940 a 1944 los doctores Harrar y Mangelsdorf recolectaron 413 muestras de maíces criollos escogidas al azar en campos y graneros de los agricultores, y para 1950 ya habían recolectado 2 mil (Stakman *et al*; 1969), las cuales fueron la base para la descripción de las razas de maíz de México (Wellhausen *et al*; 1951). El objetivo de la OEE de recolectar maíces criollos en México fue para iniciar un programa de mejoramiento genético. Desde entonces a la fecha, en México se han recolectado alrededor de 10 mil colectas de maíz, las cuales se encuentran almacenadas en los bancos de germoplasma de Centro internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMyT) e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) (Sánchez, 1989) y representan el 10 % de las colectas de maíz en el mundo (Lyman, 1984; Plucknet *et al*; 1987). Las muestras que se recolectaron en los años 40 en Michoacán fueron insuficientes y se encuentran deficientemente representadas en los bancos de germoplasma del CIMMyT (Taba, 1988) e INIFAP y posiblemente, no representan toda la diversidad genética de esta especie en Michoacán (Wellhausen *et al.*, 1951). Debido a procesos evolutivos, los maíces que fueron recolectados hace mucho tiempo ahora en su lugar de origen deben presentar cambios genéticos importantes (Brush, 1995), por lo que deberían realizarse recolecciones sistemáticas de los mismos. Al parecer la última exploración de recolecta de maíces criollos en Michoacán fue realizada en 1991 por el Proyecto LAMP (LAMP, 1991). En este año dicho Proyecto recolectó 528 muestras de maíz, las cuales junto con otras recolectadas en México fueron evaluadas en varias localidades. Ahora, después de 16 años el Programa de Maíz del CRUCO-Chapingo en el 2006 recolectó 216 muestras de maíces criollos y se encontró 12 nuevos maíces. Los

nuevos maíces generalmente se distribuyen en pequeñas áreas de poco acceso, de agricultura de temporal (indígena y no indígena) e indígena dentro de cada región, por lo que se requiere de una metodología que permita realizar una buena exploración etnobotánica. El número de colectas de maíces criollos realizadas en 2006 va de 0 a 47, por lo que en este proyecto se pretende aumentar su número, sobre todo en aquellos maíces menos recolectados. Respecto a la recolección de maíz teocinte en Michoacán, la primera se realizó de 1985 a 1986 (Sánchez y Ordaz, 1987). Posteriormente, en 1996 Sánchez y Ruíz realizaron una segunda recolección. En 1998 Sánchez y colaboradores realizaron una tercera recolecta. En el 2001 Ruíz y colaboradores realizaron una cuarta recolecta, y finalmente en el 2004 Sánchez y colaboradores realizaron la última recolecta de teocintle. Bird (1982) menciona que el teocinte no se ha recolectado y mantenido de manera sistemática, por lo que sería conveniente realizar una nueva recolección para conocer su estado actual.

2.4 Situación actual de los riesgos de los maíces criollos y sus parientes silvestres

Erosión genética.

En Michoacán, de 216 muestras de maíces criollos recolectadas en el 2006 se encontró que el 69.8, 26 y 4.2 % provienen de agricultura de temporal, humedad residual y riego; respectivamente. Además se encontró que las razas con mayor pérdida de diversidad genética fueron: Celaya, Zamorano Amarillo, Maíz Dulce, Elotes Occidentales, Conejo y Vandeño; con menor pérdida Chalqueño; y sin problemas el Maíz Tamaulipas, Tsiri Charápiti (Maíz Colorado), Tsiri Uaruti (Maíz de Ecuaro) y Purépecha. En el caso del maíz teocinte Wilkes (1972) menciona que este presenta problemas de erosión genética. Otros problemas que presenta son: Los tamaños de muestra que existen en los bancos de germoplasma en 1972 eran pequeños, en el CIMMyT de 25 a 772 g y en el USDA de 5 a 140 g, además no ha habido una recolección y evaluación sistemática (Bird, 1982). De acuerdo a lo anterior, es urgente conocer cual es la distribución y situación actual de maíz domesticado y sus parientes silvestres. En Michoacán, parece ser que el principal problema que presenta el maíz silvestre es la pérdida de diversidad genética debido al pastoreo del ganado en los cerros; sin embargo, algunos agricultores de Tierra Caliente mencionan que el ganado no se come la planta (forraje) cuando está verde cuando aún no produce semilla y más bien se la come cuando ya esta seca, lo cual más bien puede favorecer a su dispersión. Una opinión a favor de la sobrevivencia del Teocinte fue la que nos dio la

señora Carolina García Herrera (18 de Mayo/2007) de la comunidad de la Calavera municipio de Tzitzio (carretera Tzitzio-Tiquicheo) donde nos indicó que los pájaros se comen la semilla y esto puede favorecer a su dispersión no uniforme. En algunos sitios solo se observa una planta y en otros pequeños grupos de éstas.

2.5 Maíces genéticamente modificados y sus repercusiones sobre los maíces criollos y sus parientes silvestres.

Los maíces domesticados y sus parientes silvestres actualmente no solo presentan problemas de erosión genética, sino posiblemente también en un futuro corto la infiltración de genes modificados no deseados que podrían alterar el equilibrio genético de las poblaciones en los agro ecosistemas (en maíz) ó en su estado natural (en teocintle). Actualmente existe una moratoria en el uso de maíces genéticamente modificados; sin embargo, los agricultores empresariales y funcionarios públicos están presionando al gobierno para que estos sean liberados al mercado, sobre todo ahora que existe un déficit de maíz. Según estas personas creen que esta es una opción para solucionar el problema de abasto de este grano para el consumo humano. La biotecnología que han generado las empresas semilleras que se encuentran vendiendo semillas en México como Monsanto (Dekalb, Asgrow, Cargill, etc), Dupont (Pioneer), Dow Agrosiences (DAS), Syngenta (NK) y otras se basa en tecnologías de primera generación como: resistencia a herbicidas (Glifosato y otros), plagas (Bt), enfermedades (virus y otros) y gen terminator) (Kratigger, 1997). Al parecer las tecnologías de primera generación (como algunos llaman) podrían tener efectos negativos en la sustentabilidad de los sistemas de producción de maíz y teocintle (National Academy of Sciences, 2003) al generar lo que han llamado super malezas. Es sabido que en forma natural existe flujo genético del maíz domestico al maíz silvestre (Eastham y Sweet, 2002). Si en un campo de cultivo existiera maíz silvestre junto a uno de maíz transgénico con los genes de resistencia a plagas (Bt) y de herbicidas como glifosato (GA2), los genes del maíz transgénico se infiltrarían al maíz silvestre generando un super teocintle con resistencia a insectos y herbicidas no selectivos. Un caso peor sería si los genes se transfieren de un maíz genéticamente modificado a un maíz criollo, en este caso no solo habría problemas agroecológicos; sino jurídicos, como pasó en Estados Unidos de América en soya entre un productor y ASGROW. Estudios sobre dispersión de polen de maíz transgénico indican que el polen de estos maíces no rebasa los 100 m (Eastham y Sweet, 2002), y que estos maíces podrían sembrarse en áreas aisladas tomándose los cuidados de aislamiento en tiempo y espacio, el problema consiste en que

muchos agricultores de México (ellos han observado que cruzando el maíz mejorado “bonito” le pasa estas características al criollo “feo” y como dicen ellos la cruzada rinde bien) mezclan semilla de maíz criollo con el mejorado para de ahí tomar semilla de siembra para el próximo año. Al sembrarse el maíz criollo junto con el maíz transgénico habría flujo de genes y posteriormente problemas legales al existir genes modificados en el maíz criollo. Los productos (genes) biotecnológicos de segunda generación (calidad de proteína, aceites, vitaminas, sabor, etc) y tercera generación (producción de hormonas y anticuerpos en plantas y animales) no se están promoviendo en México en maíz (González, 2006). En el caso de los productos biotecnológicos de segunda y tercera generación al parecer no causan una alteración al ambiente y a la salud humana. En Asia se está produciendo un arroz (dorado) con mayor contenido de vitaminas, y su objetivo es mejorar el valor nutritivo de este cereal y en el caso de los productos de tercera generación se espera que los precios de insulina y otros productos sean de mayor acceso a la humanidad.

2.6 Importancia de los maíces criollos en la producción de maíz en Michoacán

El Estado de Michoacán está integrado por 113 municipios agrupados en 10 regiones socioeconómicas con condiciones ambientales, sociales, económicas y tecnológicas diferentes. En el Estado, el maíz es el principal cultivo por su superficie sembrada e importancia social. De 1925 a 2003 la superficie sembrada pasó de 219 852 a 458 519 hectáreas, lo que representó un incremento del 48 % y le permitió al Estado obtener una producción de 1 240 966 toneladas y el quinto lugar a nivel nacional (SAGARPA, 2003). Esta producción benefició a 240 mil agricultores de comunidades indígenas y no indígenas ubicadas en 185 168 unidades de producción. Alrededor del 70 % de la superficie se siembra con variedades criollas y el restante con variedades mejoradas

Las regiones de mayor producción de maíz son: Ciénega de Chapala, Oriente, Centro y Tierra Caliente con una producción de 291 726.44, 245 967.93, 222 599.46 y 115 899.00 ha, respectivamente (Cuadro 1). Las regiones Ciénega de Chapala y Centro presentaron un rendimiento promedio de 4.38 y 3.89 t ha⁻¹; respectivamente, debido principalmente al uso de variedades mejoradas (más del 90 %) en áreas de riego. Estas regiones pudieran estar en riesgo con la siembra de variedades mejoradas de maíz genéticamente modificado (GM) debido a que presentan buenas condiciones ambientales y tecnológicas. El menor rendimiento lo obtuvieron las regiones Costa, Valle de Apatzingan y Tierra Caliente con rendimientos promedio de 1.32, 1.75 y 1.93 t ha⁻¹, respectivamente. Estos bajos

rendimientos se deben principalmente a que la agricultura de temporal y se usan variedades criollas.

Debido a las buenas condiciones ambientales (precipitación y/o disponibilidad de humedad) que presentan las regiones Oriente y Ciénega de Zacapu y a que en estas solo se usa un 20 y 3 % de variedades mejoradas, respectivamente, es probable que las compañías semilleras con el fin de expandir su área de venta de semilla mejorada sumen sus esfuerzos y en los próximos años invadan estas regiones con semilla mejorada lo que provocaría aún más la pérdida de diversidad genética, por lo que es urgente realizar la recolección de muestras de los maíces criollos y sus parientes silvestres.

Cuadro 1. Producción de maíz y variedades mejoradas en las regiones del estado de Michoacán. SAGARPA. 2003

Región	Producción (ton)	Superficie (ha)	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Variedades mejoradas (%)
X Ciénega de Chapala	291,726.44	66,549.12	4.38	96.38
V Oriente	245,967.93	87,441.07	2.81	20.00
I Centro	222,599.46	57,162.97	3.89	90.00
VI Tierra Caliente	115,899.00	59,958.88	1.93	29.00
II Zacapu	87,775.13	37,949.20	2.31	23.00
IV Bajío	70,539.65	27,860.33	2.53	35.00
VIII Meseta Purépecha	70,042.30	40,034.00	1.75	-----
III Patzcuaro	53,997.03	26,619.55	2.03	11.11
VII Costa	42,066.90	31,921.50	1.32	9.70
IX Valle de Apatzingan	40,353.14	23,052.80	1.75	-----
Total	1,240,966.84	458,519.42	2.71	39.27

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

El estudio de este trabajo se llevará a cabo en las 10 regiones del Estado de Michoacán (con énfasis en áreas poco exploradas como la región Costa) debido a que en algunas de ellas aún falta recolectar maíces criollos y en su totalidad teocintle. Este se localiza en la parte Centro Occidente de México, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los 17° 54' 23" y 20° 23' 37" de latitud norte y los 100° 03' 23" y 103° 44' 09" longitud oeste, con una extensión de 5 986 400 hectáreas (59 864 km).



Figura 2. Mapa territorial de ubicación geográfica del Estado de Michoacán de Ocampo.

3.2 Metodología de recolecta de maíces criollos

La recolección de germoplasma de los maíces criollos se basará usando una modificación a la metodología propuesta por Hernández (1972), considerando la experiencia vivida en la recolección de maíces criollos en el 2006. Hernández propone que para realizar una exploración etnobotánica se deben seguir los siguientes pasos. 1) Época de colecta, 2) Cantidad y selección de la muestra, 3) La diversidad genética de cada material y 4) La frecuencia de las muestras.

1) **Época de colecta.** Roberts *et al.* (1957) han sugerido que el mejor momento de hacer las colectas es durante el periodo de cosecha para poder incluir información sobre

características agronómicas de las plantas en su lugar de origen. En nuestro caso realizaremos las colectas de teocinte en noviembre del 2007 y para maíces criollos de enero a febrero del 2008.

2) Cantidad y tipo de muestra. Para las colectas de alto potencial productivo se ha sugerido obtener hasta 100 kg de semilla y para las colectas “menos” importantes de 15 a 25 mazorcas (Roberts *et al.*, 1957). En nuestro caso, según sugerencia del Dr. Ron Parra y Sánchez-González hemos recolectado 50 mazorcas para cada una de las muestras de maíz ó 5 kg de semilla con cinco de sus mazorcas ó sus respectivos olotes (los cuales a veces es difícil obtener). En cada región, dentro del “exceso de diversidad genética” vamos a definir qué se desea coleccionar (Bellón y Brush, 1994). Roberts (1950) menciona que en el caso del maíz las razas más productivas son las que más usan los agricultores y en mejoramiento genético, por lo cuál; se coleccionará los maíces nativos de cada raza de maíz que aparentemente son más productivos. Sin embargo, existen maíces de usos especiales como Tabloncillos, Elotes Occidentales, Elotes Cónicos, Tsiri Charápití, Tsiri Uaruti, Chalqueño Colorado, etc. que se encuentran en menor frecuencia y que también deben ser recolectados, sobre todo debido a que presentan problemas de pérdida de diversidad. En las colectas del 2006, en las razas Maíz Dulce y Conejo fue difícil recolectar muestras grandes debido a que los agricultores solo los siembran en “pocos surcos”, el primero solo por antojo de comer elotes dulces, “pinole” ó “garapiñados” y el segundo para tener pronto elotes (antes que Vandeño), por lo que sólo dejan unas cuantas mazorcas para la siembra. En nuestro caso vamos a recolectar 50 mazorcas seleccionadas al azar ó 2 a 5 kilogramos de semilla.

3 y 4) Frecuencia de la muestra. El hombre constituye una parte importante del medio en que han evolucionado las plantas. Por consiguiente, debe hacerse un esfuerzo especial de obtener muestras de todas las regiones étnicas del Estado. Benz (1986) menciona que cada grupo étnico tiene sus propios criterios de selección por lo que estos han llegado a generar sus propias razas de maíz. Esta afirmación se ha sustentado mucho principalmente en Oaxaca, donde cada tipo específico de maíz se distribuye en cada uno de los grupos indígenas de ese Estado (Cuevas, 2005); sin embargo, en otros casos no sucede así. Aunque el maíz se cultive bajo condiciones ecológicas prácticamente iguales, la diferencia étnica arrojará diversidad genética en los maíces. Si bien, en Michoacán existen los grupos étnicos Purépecha (Meseta Purépecha) ubicada en el eje Neovolcánico de Michoacán, Mazahua y Otomí en Oriente del Estado en el mismo eje Neovolcánico y Náhuatl en la Costa y Tierra Caliente, la frecuencia del muestreo la definiremos con base en la

diversidad genética de cada raza de maíz, sin olvidar que el énfasis de la selección debe ser donde están estos grupos étnicos.

3.3 Metodología de recolecta de maíces criollos y teocinte

El Estado de Michoacán está dividido en 10 regiones socioeconómicas (INEGI, 2004), las cuales son: Región Centro, Ciénega de Zacapu, Pátzcuaro-Zirahuen, Bajío, Oriente, Tierra Caliente, Costa, Meseta Purépecha, Valle de Apatzingan y Ciénega de Chapala. En el año 2006 en algunas regiones del Estado ya se recolectó maíz criollo; sin embargo, aún falta por tener una muestra amplia que represente toda la variabilidad genética intra-racial, por lo cual en este proyecto se llevará a cabo la exploración etnobotánica en dichas regiones, dando prioridad en aquellas donde existen razas aún no recolectadas. El mismo Dr. Sánchez nos sugirió que se recolectará en la Sierra Madre del Sur debido a que según él esta región no ha sido recolectada. Para realizar la exploración etnobotánica, usamos mapas de caminos y carreteras, cartas fisiográficas, etc. actualizadas del Estado de Michoacán las cuales fueron divididas en “cuadrantes” de 15 “minutos” de latitud y longitud cada una (ver Figura 3). Dentro de cada “cuadrante”, dependiendo de la accesibilidad del área (en algunas regiones no hay muchas vías de comunicación como Tierra Caliente y Costa, montañas peligrosas, narcotráfico, o en general son peligrosas para recolectar) y diversidad del maíz y teocinte será el número de colectas.

Permisos de recolecta de maíces criollos y teocinte

Para recolectar los maíces criollos y teocintes en el Estado de Michoacán se tramitó una LICENCIA DE COLECTOR CIENTÍFICO ante la SEMARNAT (se anexa copia). Para el caso de la recolecta de maíces criollos en comunidades se solicitó permiso al comisariado ejidal, comunal, jefe de tenencia o firma de autorización del dueño del maíz. En este último caso, la mayoría de las personas nos firmó los permisos y en algunos casos el firmar documentos (permisos) les generaba desconfianza. Para la firma, algunos productores no sabían firmar y se les pidió su credencial de elector para ponerle a la hoja de colecta su número de identificación o su huella digital. En el caso de los permisos de recolecta de maíz y teocintes en áreas protegidas, no fue necesario tramitarlo ante SEMARNAT debido a que en nuestro caso no se recolectó en estas áreas.



Figura 3. Cuadrículo (10 x 16= 160 cuadros) dividido cada 15 minutos (latitud y longitud) el cual se superpondrá sobre los siguientes mapas para realizar la recolección de maíces criollos y teocinte. a) mapa con las 10 regiones socioeconómicas de Michoacán según INEGI, b) mapa de caminos y carreteras de Michoacán de la SCT y c) carta fisiográfica de Michoacán.

En nuestro caso, se recolectó dos colectas de cada raza ó tipo de maíz por localidad cuando menos cada 5 km. dentro de cada “cuadrante”, los cuales permitirán un mejor muestreo del área. Lo anterior, también se hizo para recolectar teocinte. En cada lugar de recolecta se anotó su latitud, longitud, altitud, usos, características agronómicas, criterios de selección, origen, uso antropocéntrico y otros que están indicados en el anexo 1 de la convocatoria de CONABIO. Para el caso de maíces que se distribuyen de manera escasa en el Estado se consideró para su recolección aquellos lugares ya recolectados por el Proyecto LAMP (LAMP, 1991).

En una primera fase (2006) en algunas regiones del Estado se empezó a recolectar maíces criollos, pero en otras aún faltaba por recolectar más colectas. En el caso de teocinte, en ninguna de las regiones donde se distribuye se ha habido recolectado, por que en todas ellas se recolectó. Para el caso de teocinte también se recolectó en aquellos sitios que fueron recolectados por Sánchez y Ordaz (1987).

3.4 Identificación racial de maíces criollos

Para lograr una buena identificación racial de las colectas de maíz se consideró las características que se indican en el anexo 1 de la convocatoria de CONABIO, pero además de las características que proponen Sánchez y Goodman (1993) como apropiadas para hacer una caracterización racial. Una vez que se terminó la recolección de muestras de maíz se procedió de manera preliminar a su identificación racial, para ello nos basamos en la similitud de características morfológicas de las razas ya descritas por Wellhausen *et al* (1951), Hernández y Alanís (1970), Sánchez (1989), Muñoz (2003) y Ron *et al* (2006). En nuestro estudio existieron varios tipos de maíz que no han sido caracterizados y que con exactitud no sabemos a que raza pertenecen. Para ello, este año ya se inició el proceso de caracterización de los nuevos maíces. Para la identificación racial nos auxiliamos del apoyo de los Dres. José de Jesús Sánchez González de la Universidad de Guadalajara y Juan Manuel Hernández Casillas de INIFAP.

Para la toma de datos agronómicos del anexo 2 de la convocatoria de CONABIO, debido a que las muestras de maíz no presentan el mismo error de muestreo (al escoger las mazorcas para semilla por el agricultor por tener diferentes criterios de selección ó mazorcas por el recolector) y de manejo agronómico homogéneo, los maíces recolectados se separaron en dos grupos climáticos para su siembra. El primer grupo estuvo constituido por maíces de clima subtropical y tropical. Estos maíces fueron sembrados a finales de mayo en el Campo Experimental “La Carreta” de la Universidad Autónoma Chapingo (1820 msnm). El segundo grupo estuvo constituido por maíces de clima de Transición y Tierras Altas y fueron sembrados a finales de mayo y a principios de junio en Zacapu (1950 msnm), Morelia (1900 msnm) y Erongarícuaro (2000 msnm), Mich. Las colectas de maíz y teocinte que se recolectaron en noviembre del 2007 y enero del 2008 fueron sembradas en febrero en Ziracuaretiro, Mich. (1200 msnm). Las colectas de maíz y teocinte se sembraron por grupos raciales para evitar “sombreo” (hay razas altas, bajas, tardías, precoces, etc.) en parcelas de cuatro surcos de 5 m de longitud.

3.5 Metodología para recolectar maíces silvestres (principalmente teocinte)

En Michoacán el teocinte raza Balsas (*Zea mays* L. ssp *parviglumis*) se distribuye principalmente en la parte tropical desde la región Tierra Caliente hasta Apatzingán (Taretan) y el Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*) en la parte subtropical desde la

región Centro a las orillas del Lago de Cuitzeo hasta la Ciénega de Chapala. La recolección de maíz teocinte se realizó tal y como lo indica el anexo 1 de la convocatoria de CONABIO, y esta empezó en Noviembre (datos ya obtenidos en exploraciones preliminares realizadas en abril y mayo del 2007 en las regiones Tierra Caliente y Centro). Debido a que el maíz teocinte en Michoacán se distribuye principalmente en áreas montañosas (cerriles) la recolecta se dirigirá principalmente a estos lugares siguiendo la misma metodología de maíz (usando “cuadrantes”). El Dr. Sánchez ya tiene ubicados los sitios donde existe teocinte en Michoacán y en éstos se realizó la recolección (se anexan hojas de los sitios y mapas proporcionados por Sánchez). Para ello, se usó el mapa de Michoacán que contiene sus 10 regiones (INEGI), cartas fisiográficas, mapas de caminos y carreteras de Michoacán actualizadas por la SCT, etc. Algo similar hizo Sánchez y Ordaz (1987) cuando recolectó los teocintes en México, al dividirlo en siete áreas, en nuestro caso, nosotros dividimos el Estado en 160 “cuadrantes” (aunque no en todos los “cuadrantes” existe teocinte) lo cual nos permitió un mejor muestreo de la diversidad racial de teocintes en Michoacán. A dichos mapas se les sobrepuso un cuadro con “cuadrantes” como el que se indica la Figura 3 (En los mapas ya existe dicha división). Para el como recolectar el teocinte se usó la metodología propuesta por Sánchez y Ordaz (1987) la cual consiste en la obtención de 2 a 3.0 kg. de semilla limpia de más de 500 plantas en cada localidad. La colecta de maíces teocintes se llevó acabo cuando las plantas estaban completamente secas, para poner una lona ó manta de 1 m de bajo de las plantas, para “sacudirlas” y posteriormente recolectar las semillas. Después se pasaron por una criba de 3 x 3 mm. con el fin de eliminar la basura y semilla de otras especies. En el sitio de colecta se tomaron en cuenta los datos del Anexo 1 de la convocatoria CONABIO. A finales de septiembre y principios de octubre del 2008 se procedió a ir a los lugares de recolecta y se tomó tres plantas de teocintle para la toma de datos que solicita la CONABIO en el anexo 1. Para el caso de la latencia en las semillas de teocinte raza Balsas se realizaron varios tratamientos con ácido giberélico (GA_3). Los tratamientos fueron de 0, 50, 100, 250, 500, 1000, 1500, 3000, 4000 y 5000 ppm de GA_3 . Estos tratamientos fueron sometidos a un proceso de inhibición de unas 72 horas. Posteriormente se les tiró el GA_3 y se les puso a germinar en charolas de unicel con una capa de algodón debajo de las semillas. El agua que se usó después del proceso inhibición con GA_3 fue natural. También, se colocaron varios focos de 20 watts cubiertos por un hule de plástico, dando la apariencia de una cámara de germinación. Para la germinación de la semilla no fue necesario remover la cubierta de la semilla.

3.6 Identificación racial de teocinte

Las colectas de teocinte de las razas Balsas y Mesa Central se sembraron en febrero del 2008 en Ziracuaretiro, Mich. en condiciones de riego. El objetivo fue para tomar datos que sean difíciles de tomar en campo y para su identificación racial. Para la identificación racial se solicitó el apoyo del Dr. José de Jesús Sánchez y el artículo de Buckler *et al.* (2006) sobre la filogeografía de las subespecies silvestres del género *Zea mays*.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Colectas de maíces criollos

Cuadro 2. Número de colectas y regiones de colecta de los maíces criollos recolectados desde el 2005 hasta el 2008, principalmente en el Estado de Michoacán.

Maíz	No. de colectas	Región de distribución
RAZAS DE MAÍZ DESCRITAS POR WELLHAUSEN <i>et al.</i> (1951)		
1. Argentino	20	C. de Chapala
2. Celaya	29	Oriente, Centro, Bajío y C. de Chapala
3. Elotes Occidentales	24	Centro, Bajío y C. de Chapala
4. Conejo	29	Tierra Caliente
5. Zamorano Amarillo	33	Ciénega de Chapala y Altos de Jalisco
6. Vandeño	27	Tierra Caliente
7. Elotes Cónicos	34	Oriente, Centro y Pátzcuaro
8. Pepitilla	21	Oriente y Tierra Caliente
9. Cónico	16	Centro y Pátzcuaro
10. Chalqueño	31	C. de Zacapu y Oriente
11. Mushito	37	M. Purépecha, Centro, Pátzcuaro y Costa?
12. Maíz Dulce	14	Centro y Ciénega de Chapala
13. Tuxpeño	32	Tierra Caliente, Apatzingán y Costa
14. Tabloncillo	9	Ciénega de Chapala
TIPOS DE MAÍZ RECOLECTADOS DEL 2005 AL 2008 POR CHAPINGO		
15. Maíz Ancho	31	Centro, C. de Chapala y T. Caliente
16. Purépecha	24	Meseta Purépecha
17. Tamaulipas	63	Tierra Caliente
18. Maíz Ancho Híbrido	8	Tierra Caliente (Tzitzio)
19. Chalqueño Colorado	10	Ciénega de Zacapu
20. Maíz Rosita	13	Centro
21. Tsiri Charápiti	30	Pátzcuaro
22. Maizón	18	Parte de transición en la montaña (Costa)
23. Maíz Prieto de Tierra Caliente	24	Tierra Caliente
24. Maíz Amarillo Elotero de la Costa	16	Costa

Continuación Cuadro 2

25. Elotero de Sinaloa	26	Costa y Apatzingán
26. Maíz Amarillo de Tierra Caliente	6	Tierra Caliente
27. Reventador	7	Costa
28. Maíz Amarillo de Montaña	3	Parte alta de la montaña (Costa)
29. Olotón	11	Parte alta de la montaña (Costa)
30. Tabloncillo Perla	19	Costa y Apatzingán
31. Maíz de Ecuaro	30	M. Purépecha y Pátzcuaro
Total	695	

En el Cuadro 2 se indica que desde el 2005 hasta el 2008 se recolectaron 695 muestras de maíces criollos en el Estado de Michoacán. De estas colectas se identificaron 31 tipos de maíz, 17 más a las reportadas en 1951 por Wellhausen y colaboradores. Los nuevos tipos de maíces proceden de áreas poco ó con nula recolección como fueron la región Tierra Caliente, Apatzingán, Pátzcuaro y Costa. Además, también se pudo constatar que los maíces criollos los conservan y aprovechan agricultores de agricultura campesina, ya sea étnico indígena ó mestizo. La mayoría de los agricultores continúan conservando sus maíces criollos debido a que estos se adaptan mejor, tienen mejor calidad física (rinden mucho en masa, el grano es grande, mazorca no olotona) y química (los elotes y tortillas son más sabrosas) que los maíces mejorados. No cabe duda que el maíz criollo ha sido y sigue siendo mejorado por los agricultores para calidad química y física de grano, tal y como lo demuestran los resultados obtenidos por Vidal *et al.* (2008) y Antuna *et al.* (2008), respectivamente. A pesar de éstas bondades, algunos maíces criollos se están perdiendo debido a que no se adaptan a las condiciones cambiantes del ambiente (sean tardíos), tecnológicas (altos y se acaman por lo que es difícil aumentar la densidad de población para aumentar la producción de maíz) y de mercado (son muy duros, mezcla de color de grano, no rinden, etc.). Los maíces que fue difícil recolectar y que de alguna manera indica su estado de conservación fueron: Celaya, Zamorano Amarillo, Tabloncillo, Elotes Occidentales, Argentino, Dulce, Conejo, Vandeño, Maíz Prieto de Tierra Caliente y Mushito. Los maíces sin problemas de pérdida diversidad son: Tamaulipas en Tierra Caliente, Tuxpeño y Maizón en la Costa, Chalqueño en la Ciénega de Zacapu y Oriente, y Purépecha y Maíz de Ecuaro en la Meseta Purépecha.

4.2. Descripción de las razas de maíz en Michoacán

4.2.1 Razas de maíz descritas por Wellhausen *et al.*, (1951)

Zamorano Amarillo

Las plantas son altas, de aproximadamente 2.4-3.0 m, la mazorca se ubica entre 1.40 y 1.60 m, tienen entre 18 a 22 hojas, una precocidad de mediana a tardía (83-88 días) para florear y los granos son de color amarillo. Presenta mazorcas largas de 18-20 cm, un diámetro de 3.5 a 5.0 cm y con 10 a 14 hileras. La derivación del nombre “Zamorano” proviene de la ciudad de Zamora, lugar donde se sembraba en abundancia en este Valle, y lo de Amarillo, debido al color del grano. En los Altos de Jalisco se distribuye en Tepatitlán, Acatic, Arandas (Sánchez, 1989) y San Julián, a una altitud de 1600 a 2000 msnm (Figura 4).



Figura 4. Mazorcas de la raza “Zamorano Amarillo” del Estado de Michoacán y Jalisco.

En Michoacán se le encuentra en Carapan, Chilchota, Charapan, Tangancícuaro, Zamora, Chavinda, Tlazazalca, Churintzio y Penjamillo, a una altitud de 1500 a 1700 msnm. Basados en apariencia de la mazorca y autofecundación, Wellhausen *et al.*, (1951) indica que al menos cuatro razas de maíz intervinieron en su formación: 1) Maíz “Cónico Occidental”, 2) “Complejo Serrano de Jalisco”, 3) “Tabloncillo” y 4) “Celaya”. Por su parte, Hernández (1986) basado en caracteres químicos indica que “Zamorano Amarillo” está asociado con “Mushito de Michoacán”, “Ancho”, “Jala”, “Comiteco” y “Motozinteco”.

Raza Celaya

La raza “Celaya” tiene plantas medianamente altas, de 2 a 3 m, medianamente tardías, de pocos hijos y hojas numerosas. Tiene una mazorca de longitud media, medianamente delgada y cilíndrica, con un número promedio de 12.4 hileras de granos, el color del grano es blanco dentado y pericarpio sin color. El diámetro de la mazorca es de 4.3 a 4.7 cm y el del olote de 20 a 27 (Figura 5). El nombre de “Celaya” deriva de la ciudad de Celaya, Gto., lugar donde se cultivaba más esta raza. La raza “Celaya” es dominante en la región denominada el Bajío (Guanajuatense y Michoacano). Esta región se ubica entre los 1200 a los 1800 msnm.



Figura 5. Mazorcas de la raza “Celaya” del Estado de Michoacán y Guanajuato.

También se encuentra en la región de Chapala en el Estado de Michoacán y Jalisco. En esta región las plantas son un poco más altas que la raza “Celaya” y se le domina “Argentino”. Esta raza es una de las más productivas de México. Dentro de sus progenitores figuran las razas “Tuxpeño” y “Tabloncillo”. En algunos lugares se le conoce como maíz “grueso” ó “ancho”. En este último caso hay colectas (Venta de Carpio, Contepec) que tienen apariencia a “Tabloncillo” (ocho hileras y grano ancho).

Vandño

La raza “Vandño” también conocida como planta Alta ó “Maíz Cuervo” tiene plantas de altura mediana de aproximadamente 2.5 a 3 m, periodo vegetativo mediano, con pocos “hijos”, plantas de mediana intensidad de color púrpura. Las espigas son largas con ramificaciones numerosas. Las mazorcas son medianamente cortas, medianamente gruesas, cilíndricas con pequeño adelgazamiento hacia el ápice, un número de hileras de 13.2, los

granos son de color blanco dentado (Figura 6). Es la raza más común a lo largo de la Costa del Pacífico, desde Chiapas hasta Michoacán, a elevaciones de 0 a 500 msnm. Los posibles progenitores de la raza “Vandeño” son la raza “Tuxpeño” y el “Zapalote Grande”.



Figura 6. Mazorcas de maíz de la raza Vandeño de Tierra Caliente, Mich.

Conejo

La raza “Conejo”, “tresmesino” ó “Planta Morada” tiene plantas con una altura de 1.6 a 1.9 m, las mazorcas se encuentran ubicadas a poca altura del tallo, son de 12 a 18 cm de longitud, con 8 a 10 hileras de grano mediano, muy parecidos al Tabloncillo. Dentro de sus progenitores se encuentran las razas “Nal-Tel” ó el “Zapalote Chico” y posiblemente el “Tabloncillo”. Posiblemente por su precocidad (rápido), se le puso “Conejo”. En la Figura 7A y 7B se muestran mazorcas contaminadas con “Maíz Tamaulipas” y no contaminadas.



Figura 7. Mazorcas de la raza Conejo “puro” (7B) y “contaminadas” (7A) de Tierra Caliente.

Maíz Dulce

La raza “Maíz Dulce” tiene plantas de altura mediana, abundante ahijamiento, número mediano de hojas con anchura y longitud medianas, sus espigas son largas, con número mediano de ramificaciones. Las mazorcas son cortas, anchas y cilíndricas, con ligero adelgazamiento en los dos extremos, tiene de 14 a 16 hileras.

El diámetro de la mazorca es de 4.4 a 4.8 cm y el del olote de 2.4 a 2.8 cm. Los granos son arrugados, con endospermo azucarado, blanco ò amarillo, pericarpio sin color ó rojo (Figura 8). El nombre derivó del carácter dulce de los granos. Se usa principalmente para confituras, tales como pinole, harina endulzada hecha de los granos tostados y molidos, y ponteduro. Esta raza se encuentra distribuida en el Estado de Jalisco, Michoacán y Guanajuato a altitudes intermedias de 1000 a 1500 msnm. Se considera que el maíz “Dulce” fue introducido de América del Sur. En el Estado de Michoacán, esta raza se distribuye principalmente a los alrededores del lago de Cuitzeo y en la Ciénega de Chapala.



Figura 8. Mazorcas de “Maíz Dulce” del Estado de Michoacán.

Elotes Occidentales

La raza “Elotes occidentales” se consideraba una sub-raza del maíz “Harinoso de Ocho”. Debido a la gran variación que ha generado esta raza; actualmente, ha formado un complejo intra-racial. Se distribuye en el Occidente de México, en los Estados de Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Nayarit a una altitud de 1200 a 1600 msnm. Es una raza de grano harinoso de color colorado (Figura 9). Se usa principalmente para hacer pozole y para elote.



Figura 9. Mazorcas de maíz de la raza “Elotes Occidentales” de Michoacán.

Chalqueño

La raza “Chalqueño” presenta plantas de 2 a 5 m de altura, su periodo vegetativo es de 5 a 6 meses, número reducido a mediano de “hijos”, número mediano de hojas y relativamente anchas. Tiene mazorcas de longitud mediana a gruesa, con 16.6 hileras, mazorca cónica, grano blanco sucio y 4.9 a 5.2 cm de diámetro (Figura 10). Las espigas son largas, con pocas ramificaciones. La derivación del nombre fue tomado de la ciudad de Chalco, Edo. de México, lugar donde se cultiva extensamente. Se distribuye principalmente en la Mesa Central a una altitud de 1800 a 2300 msnm. En el Estado de Michoacán se le encuentra en la región Oriente de manera natural e introducida en la Ciénega de Zacapu. Se sugiere que los progenitores de esta raza son las razas “Cónico” y “Tuxpeño”.



Figura 10. Mazorcas de la raza “Chalqueño” de la Ciénega de Zacapu, Mich.

Elotes Cónicos

La raza “Elotes Cónicos” fue descrita como una sub-raza de la raza “Cónico”. Actualmente se considera una raza y fue descrita por Sánchez (1989). Se distribuye principalmente en la Mesa Central a altitudes de 2000 a 2800 msnm, la cual es el área de adaptación de la raza “Cónico”.

La raza “Elotes Cónicos” es de grano de color negro y se usa principalmente para la elaboración de tortillas y para elote (Figura 11). En Michoacán ésta raza se distribuye en la región Oriente y en la de Pátzcuaro-Zirahuen y en el Sur de Guanajuato.



Figura 11. Mazorcas de la raza “Elotes Cónicos” colectados en Michoacán

Cónico Occidental

Las plantas son cortas a intermedias, con un promedio de 1.7 m, muy precoces, de pocos “hijos”, sistema radical débilmente desarrollado y con gran tendencia al acame, hojas escasas y caídas, con textura gruesa y coriácea anchas en relación con su longitud, con coloración y pubescencia prominentes. Las espigas son cortas con muy pocas ramificaciones dispuesta es un espacio corto de la parte gruesa de la parte central, pocas secundarias y terciarias ausentes. Sus mazorcas son de forma cónica con adelgazamiento pronunciado y uniforme de la base del ápice, en promedio tiene 16 hileras y pedúnculo pequeño. Sus granos son medianamente pequeños y dentados (Figura 12). Es una raza altamente resistente al Chahuixtle que prevalecen en la Mesa Central de México. El nombre de esta raza se debe a que la mazorca es de forma cónica. Es una raza predominante en la Mesa Central con altitudes que varían de 2200 a 2800 msnm. Se distribuye en: Estado de México, Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Veracruz, Querétaro,

Guanajuato, Zacatecas y parte de Michoacán, principalmente la región Pátzcuaro-Zirahuen (Quiroga, Tzintzúnzán, Huiramba, Villa Morelos y Lagunillas.



Figura 12. Mazorcas del Maíz “Cónico Occidental” del área de Quiroga, Mich.

Tabloncillo

Plantas de 2.4 m, muchos “hijos” tallos delgados, número intermedio de hojas de anchura y longitud media. Las espigas son largas, con pocas ramificaciones dispuestas ampliamente a lo largo del eje central, dándole un aspecto abierto a la espiga, espigas secundarias frecuentes y terciarias ausentes. Las mazorcas son de longitud media, delgadas, cilíndricas con un promedio de 9.1 hileras y una frecuencia alta de ocho. Los granos son muy anchos, de espesor mediano y cortos, textura del endospermo generalmente harinosa, por lo regular de color blanco, aleurona sin color y pericarpio ahumado o sin color (Figura 13).



Figura 13. Mazorcas de la raza “Tabloncillo” de la Ciénega de Chapala

El nombre de esta raza se debe a que sus granos son anchos cortos y gruesos con apariencia a una tablita. Se distribuye principalmente en las llanuras de Jalisco y Nayarit a una altitud de 0 a 1500 msnm. En Michoacán se le encuentra principalmente en la región Ciénega de Chapala colindando con Jalisco.

Mushito de Michoacán (área de Ario de Rosales)

La raza “Mushito” recibe el nombre de “Maíz Flojo” en área de Ario de Rosales y Villa Madero, y “Marceno” en las partes cerriles donde termina la Meseta Purépecha y empieza la región subtropical del Bajío en los municipios de Quiroga, Chucándiro, Coeneo, Purépero, Carapan y Santiago Tangamandapio, Mich. Tiene una altura de planta de 2.80 a 3.40 m, la mazorca se ubica a los 1.30 a 2.00 m, 19 a 22 hojas por planta y una precocidad de 82 a 102 días a floración masculina. Las mazorcas tienen una longitud de 15 a 19 cm (Mushito de Oaxaca) y el “Mushito de Michoacán” alrededor de 25 cm (Figura 9A, a la izquierda). El diámetro de mazorca es de 3.8 a 4.1 cm, de 12 a 14 hileras de granos por mazorca, granos medio duros, de color blanco, rojo y negro (Sánchez, 1989). Las espigas son de tamaño mediano, en promedio de 66 cm, de 9 a 13 ramas laterales por espiga, con alta concentración en la parte central de la espiga (Figura 14). Wellhausen *et al.*, (1951) menciona que esta raza es muy productiva y crece a los 2400 msnm cerca de Suchistepec, Oax., y en la Meseta Purépecha en Michoacán. En nuestro estudio, en la Meseta Purépecha se le encontró principalmente en las comunidades del Arenal, La Palma, El Calabozo, Tzatzio, El Manzanillo Chico, El Tepamal, Pablo Cuin, Urapa, La Mesa y San José Cuen en el municipio de Ario de Rosales, Mich. y en Chucándiro, Coeneo, Purépero, Carapan y Santiago Tangamandapio, Mich. Sánchez (1989) indica que la raza “Mushito” puede estar asociada a la raza “Chalqueño” y que este “Chalqueño” es un derivado de la raza “Mushito” con adaptación a las condiciones ambientales específicas (baja luminosidad) de la región (2000 a 2400 msnm).

En nuestro estudio encontramos que en el área de Ario de Rosales, Mich., había colectas (2133 msnm, clima fresco) que dentro de su variación tenían mazorcas olotonas (Figura 14E, mazorca a la derecha) las cuales presentaban características similares al maíz “Olotón” de la región montañosa de la Costa (Figura 14C, mazorcas de la derecha) y en otras colectas (1893 msnm, clima de transición) plantas altas y delgadas (Figura 14D) con mazorcas de ocho hileras con grano cristalino (Figura 14C, mazorcas del centro; la de la izquierda) similares a la raza “Tabloncillo Perla” (Figura 14C, mazorcas de la izquierda) de

la misma región Costa pero que se distribuye en lugares cálidos. Mazorca y totomoxtle largo típico de la raza Mushito (Figura 14F).

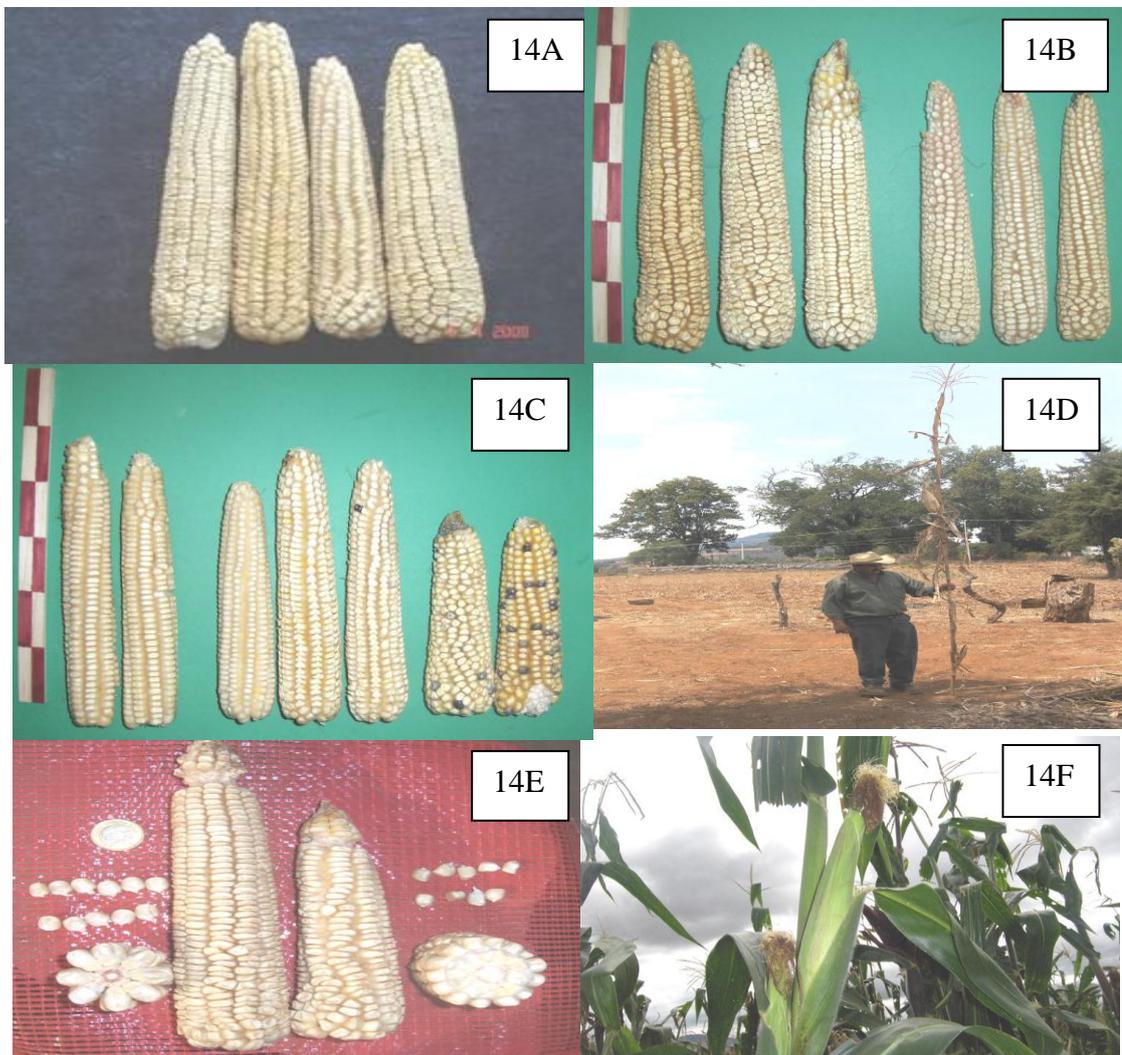


Figura 14. Mazorcas de la raza "Mushito de Michoacán" (Figura 14A) y de "Mushito" con la raza "Purépecha" (Figura 14B), las cuales han sido confundidas por mucho tiempo. Mazorcas y planta de la raza "Mushito de Michoacán" las cuales presentan mazorcas y planta parecidas a sus progenitores de la región montañosa de la Costa.

De acuerdo a lo antes expuesto, es posible que los progenitores de la raza "Mushito de Michoacán" sean las razas "Tabloncillo Perla" y "Olotón" de la región Costa (Náhuatl) y que ésta raza sólo tenga algo de parentesco evolutivo con la raza "Mushito de Oaxaca" debido a que la raza Comiteco que es uno de sus progenitores contiene en su formación a la raza Olotón (Wellhausen *et al.*, 1951). Para conocer si existe alguna relación genética

entre éstos maíces es recomendable evaluarlos en sus áreas de distribución y comparar sus características con otras razas que tengan relación genética.

Purépecha (variante de la raza Mushito)

El maíz “Purépecha” ó “Maíz Violento” como lo conoce la gente de Ario de Rosales, Mich., tiene una altura de planta que varía de 2.78 a 3.63 m y la mazorca se ubica entre 1.47 a 2.03 m. Las mazorcas tienen una longitud de 13.93 a 20.23 cm y un diámetro de 3.75 a 4.53 cm. Tiene de 4.13 a 5.13 hojas arriba de la mazorca y de 8.07 a 11.40 debajo de la misma. La hoja de la mazorca tiene una longitud de 84.97 a 106.93 cm y un ancho de 0.04 a 1.32 cm. Las espigas tienen una longitud total de 31.07 a 40.87 cm con un pedúnculo de 24.47 a 31.87 cm y una parte ramificada de 6.90 a 11.23 cm (Mijangos, 2005) (Figura 15). Varios investigadores han indicado que la raza “Purépecha” clasificada por Mijangos (2005) derivó de la raza “Chalqueño” y que las diferencias morfológicas se debían a adaptaciones adquiridas a lo largo del tiempo a las condiciones ambientales de la Meseta Purépecha (Sánchez y Goodman, 1992; Sánchez *et al.*, 2000a). De acuerdo a Mijangos la raza “Purépecha” no tiene ningún parentesco con la raza “Chalqueño” y que debe ser considerada como una raza independiente debido a que los maíces de la Meseta Purépecha son más antiguos que la raza moderna incipiente “Chalqueño”. En nuestro estudio, los resultados visuales de recolecta de maíces de la Meseta Purépecha (Ario de Rosales, Quiroga, Chucándiro, Coeneo, Purépero, Carapan y Santiago Tangamandapio, Mich.) indican que la raza “Purépecha” es una raza derivada de la raza “Mushito de Michoacán” (Figura 14B) la cual fue adaptada a las condiciones ambientales altas de la Meseta Purépecha (Cherán, Paracho, Sevina, Charapan). En el área de Ario de Rosales, Mich. la raza “Purépecha” se encuentra cultivada de manera simpátrica con “Mushito”, la primera en los terrenos “planos” donde “hiela” y el “Mushito” en las “laderas” de los cerros debido a que es más tardío, y en las partes cerriles altos donde termina la Meseta Purépecha colindando con la región Bajío (subtropical) se siembra únicamente la raza “Mushito” ó “Maíz Marceño”. Por comentarios de los agricultores de Ario de Rosales, Mich., el maíz “Mushito” no se siembra en Salvador Escalante debido a que es más frío, pero si se siembra el maíz “Purépecha” (Figura 15). En cuanto a morfología de la mazorca las dos razas presentan características similares; sin embargo, la raza “Mushito” es más tardía, planta más alta y grano más pesado.



Figura 15. Mazorcas de la raza “Purépecha” de la parte central de la Meseta Purépecha (izquierda y centro) y plantas de la raza Purépecha de tallo púrpura y verde de Mushito.

4.2. Clasificación de colectas del 2005 hasta el 2007

4.2.1 Descripción racial

Maíz de color o Rosita

Este maíz tiene una altura de planta que va de los 2.43 a los 2.85 m, una longitud de mazorca de 13.20 a 16.35 cm, un diámetro de mazorca de 4.0 a 4.88 cm y de 11.70 a 13.70 hojas por planta. Los granos son de color rosa y harinosos con un ancho de 0.62 a 1.18 cm y una longitud de 0.79 a 1.26 cm. Las espigas tienen una longitud promedio de 60.58 a 72.78 cm y la parte ramificada de la misma va de 10.03 a 14.64 cm. Debido a que este maíz es de grano harinoso la gente lo prefiere más para pozole y elotes que la raza “Elotes Occidentales”. Sus elotes son muy dulces y suaves. La gente a la que se le solicitó semilla de este maíz comentó que el maíz “Elotes Occidentales” empezó a “perder color” hasta que quedo de color rosa (Figura 16). El área de distribución de este maíz se ubica en la región Centro de Michoacán, en los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón, Charo y Morelia.



Figura 16. Mazorcas del “Maíz Rosita” de la región Centro

Tsiri Charápiti (Maíz Colorado)

La altura de planta que va de los 2.10 a los 2.78 m, una longitud de mazorca de 15.15 a 17.67 cm, un diámetro de mazorca de 4.11 a 4.62 cm y de 10.80 a 12.94 hojas por planta. Los granos son semi-harinosos, de color rojo con un ancho de 0.90 a 1.32 cm y una longitud de 1.03 a 1.32 cm. La longitud de la espiga va de 55.25 a 75.75 cm y la parte ramificada de la misma es de 6.52 a 13.30 cm. Las vainas de las hojas y el grano tienen una alta concentración de antocianinas de color rojo, de ahí el nombre de “Charápiti” (Figura 17). El grano es más duro que el de la raza “Elotes Occidentales” y del “Maíz Rosita”, por lo cual las pozoleras de la región del Lago de Pátzcuaro lo prefieren debido a que si no se vende todo el pozole lo pueden volver a hervir y el grano no se hace masa. Además, se usa para elote en fresco, “chicales” y mazorcas rehidratadas y hervidas con piloncillo y azúcar. Su distribución es en la región de Pátzcuaro-Zirahuén.



Figura 17. Mazorcas coloradas del maíz “Tsiri Charápiti”.

Maíz Chalqueño Colorado

Se caracteriza por tener una altura de planta entre los 2.28 y 6.30 cm, con longitud de mazorca de 12.10 a 15.30 cm, diámetro de mazorca de 4.10 a 5.11 cm y de 11.70 a 13.0 hojas por planta. La mazorca es similar al de la raza “Chalqueño” aunque esta es de color rojo y de grano más harinoso. Los granos tienen un ancho de 0.92 a 1.03 cm y una longitud de 1.22 a 1.38 cm. La espiga tiene una longitud de 47.83 a 72.28 cm. (Figura 18) Un agricultor de Tiríndaro indicó que el maíz pozolero de Pátzcuaro (Tsiri Charápiti) fue traído a Tiríndaro y ahí se cruzó con el Chalqueño .



Figura 18. Mazorcas del maíz “Chalqueño Colorado” de la Ciénega de Zacapu.

De tal manera que este maíz no producía mazorca, pero después de dos ó tres años ya producía mazorcas grandes. Posiblemente, durante este tiempo los agricultores lo cruzaron con la raza “Chalqueño” que ahí se distribuye. De la raza “Chalqueño” tienen en común el tamaño, forma de la mazorca y el tipo de grano grande y largo. Del “Tsiri Charápiti” tiene el color de grano rojo, la textura semi-harinosa y la base con los granos distribuidos de manera irregular (Figura 18). Este maíz se usa para pozole y elotes y se distribuye en la Ciénega de Zacapu, principalmente en el área indígena de Tiríndaro, Naranja y Tarejero.

Maíz de Ecuaro (Tsiri Uaruti)

Este maíz ya había sido mencionado por Hernández (1973). La planta presenta una altura que va de los 2.19 a 2.66 m, una longitud de mazorca de 12.35 a 17.38 cm y un diámetro de 3.00 a 3.90 cm y de 11.30 a 12.75 hojas por planta, tiene una longitud total de la espiga de 58.00 a 73.31 cm y la longitud de la parte ramificada va de 8.00 a 13.49 cm (Figura 19).



Figura 19. Mazorcas de color Morado y Azul del Maíz de Ecuaro de la Meseta Purépecha

El grano es de color negro, azul y púrpura con un ancho de 0.81 a 0.98 cm y una longitud de 0.83 a 1.16 cm. El maíz azul y el negro se usan para tamales, pozole y elotes, el maíz púrpura o morado se usa para la extracción de antocianinas las cuales son utilizadas para hacer atoles de tamarindo, zarzamora y otros. En la Meseta Purépecha, que es el área de distribución, los agricultores lo siembran principalmente en los ecueros o solares de su casa, por lo cual recibe dicho nombre. Actualmente, debido al crecimiento de los pueblos lo están sembrando en las áreas agrícolas.

Maíz Prieto de Tierra Caliente

La planta tiene una altura de 2.17 a 2.90 m con un promedio de 7.40 a 17.93 hojas por planta. La longitud total de espiga es de 50.0 a 65.10 cm con una parte ramificada de 1.80 a 2.62 cm. Las mazorcas tienen una longitud de 12.20 a 16.35 cm y un diámetro de 2.50 a 4.41cm. El grano es de color negro con un ancho de 0.75 a 0.95 cm y una longitud de 1.02 a 1.14 cm (Figura 20). Este maíz se distribuye en la región de Tierra Caliente. De acuerdo a información de los agricultores de esta región es un maíz de planta alta, el cual es más precoz que el “Vandño”. Se usa para elote y pozole.



Figura 20. Mazorcas del maíz “Prieto de Tierra Caliente”, Mich.

Maíz Ancho

Tiene una altura de planta de 1.85 a 2.90 m con un promedio de 11.40 a 15.40 hojas por planta. La longitud de mazorca es de 12.75 a 17.05 cm y un diámetro de 4.00 a 5.20 cm. El grano es semi-harinoso con un ancho de 0.89 a 1.45 cm y una longitud de 1.07 a 1.63 cm (Figura 21). Este maíz se usa para elote y pozole. Su área de distribución se ubica

principalmente en los Estados de Morelos y Guerrero y en el Occidente de México en los Estados de Michoacán y Jalisco.



Figura 21. Mazorcas del “Maíz Ancho” de Michoacán.

Maíz Ancho Híbrido

La altura de planta de este maíz varía de 2.80 a 3.25 m con un promedio de 15.20 a 16.00 hojas por planta y espigas de 47.83 a 64.63 cm Su longitud de mazorca y diámetro varía de 15.86 a 19.14 cm y de 4.00 a 4.66 cm, respectivamente. El grano tiene un ancho de 1.10 a 1.20 cm y una longitud de 1.12 a 1.39 cm. (Figura 22). Este maíz se localiza principalmente en el municipio de Tzitzio, en la parte de montaña colindante con Morelia. Según un agricultor, este maíz es el producto de la cruce entre dos maíces de la región.



Figura 22. Mazorcas del “Maíz Ancho Híbrido” de Tzitzio, Michoacán.

Raza Mushito variante marceño

Tiene una altura de planta promedio de 2.18 a 3.18 m con 11.80 a 15.60 hojas por planta y una longitud de la espiga de 55.87 a 67.90 cm con una parte ramificada de 1.97 a 2.46. La mazorca tiene una longitud y diámetro de 10.45 a 18.18 cm y de 3.35 a 4.20 cm, respectivamente. El grano tiene un ancho de 0.93 a 1.19 cm y una longitud de 2.18 a 3.18 cm (Figura 23). De acuerdo a los agricultores del lugar este maíz tiene planta muy alta, mazorca muy larga y tallo muy grueso con raíces fuertes. Se siembra en el mes de marzo en condiciones de humedad residual. Su distribución se localiza en las partes cerriles (2200 msnm) de los municipios de Quiroga, Coeneo, Chucándiro, Carapan y Santiago Tangamandapio, Mich. colindando con la región subtropical del Bajío.



Figura 23. Mazorcas largas del maíz “Marceño”, una variante de la raza “Mushito”

Maíz Tamaulipas-Gringo

Este maíz tiene una altura promedio de planta que varía de 2.48 a 2.95 m con 13.70 a 16.10 hojas por planta y una longitud de espiga de 55.25 a 62.25 cm con una parte ramificada que va de 9.85 a 14.76 cm. La mazorca tiene una longitud y diámetro de 12.30 a 18.40 cm y 4.00 a 5.05 cm, respectivamente. El grano tiene un ancho de 0.72 a 1.16 cm y una longitud de 0.85 a 1.32 cm (Figura 24). Este maíz se localiza en abundancia en la región de Tierra Caliente y está sustituyendo a las demás razas de esta región debido a que se adapta mejor a las condiciones ambientales de precipitación y temperatura. Es un maíz de planta alta y de mazorca larga cilíndrica. Tiene una alta relación grano-olote y por eso es preferido por los agricultores.



Figura 24. Mazorcas de “Maíz Tamaulipas” de Tierra Caliente, Mich.

4.2.2 Agrupamiento racial

Para la clasificación de las colectas realizadas del 2005 al 2007 estas fueron sembradas en el 2007 en Morelia, Mich. y Acámbaro, Gto. en condiciones de temporal. Las técnicas multivariadas usadas para agrupar los maíces fueron las funciones discriminantes del Análisis Canónico Discriminante, Componentes Principales y Conglomerados.

4.2.2.1 Funciones discriminantes (FD)

Con las colectas típicas más similares seleccionadas con la distancia cuadrada de Mahalanobis (D^2) se realizó el Análisis Discriminante Canónico (ADC) con el cual se graficaron las funciones discriminantes uno y dos (FD1 y FD2) para obtener la Figura 25 que muestra como se agruparon de acuerdo a su mayor similitud.

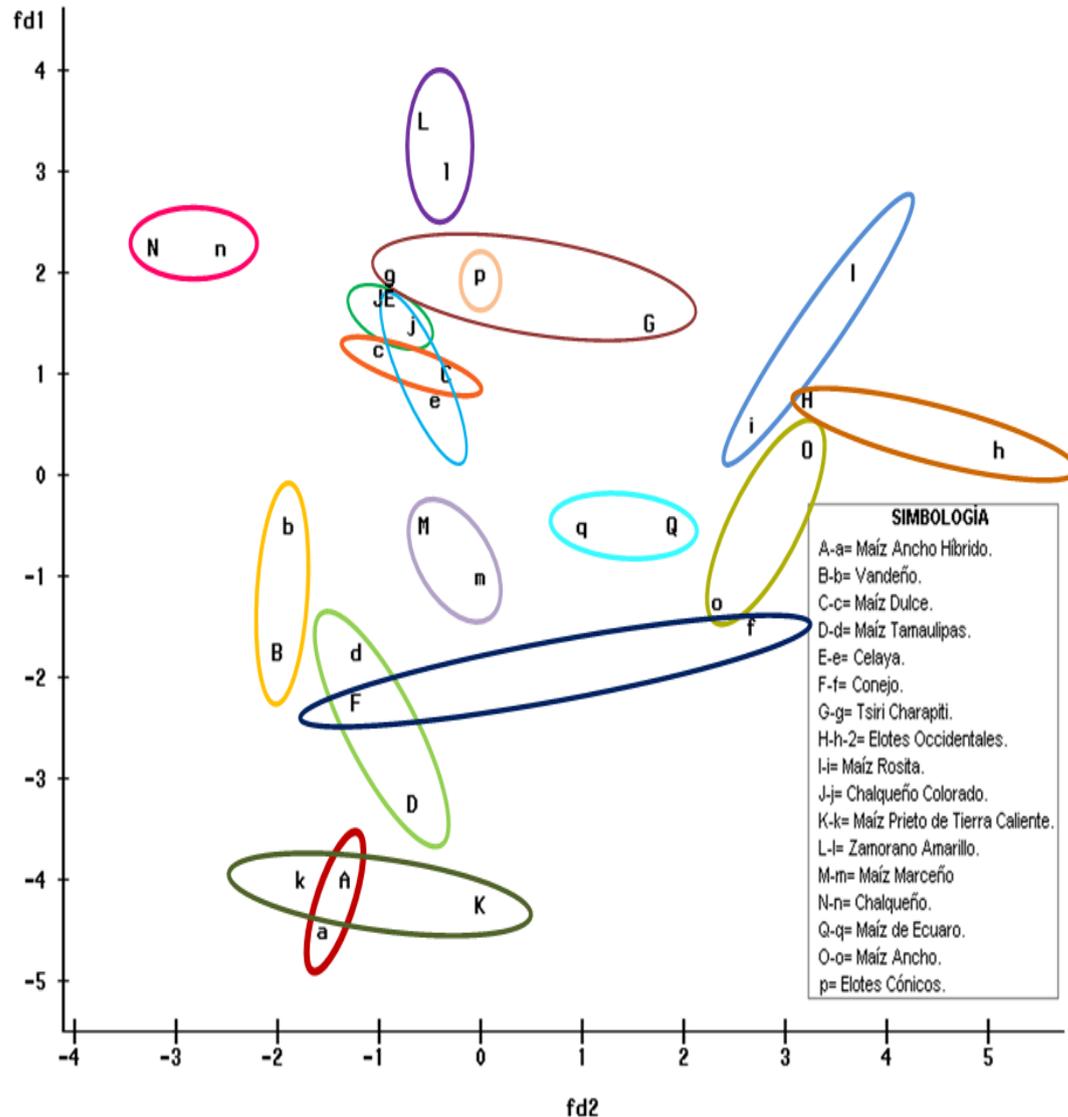


Figura 25 13. Funciones discriminantes 1 y 2 usadas en las colectas más similares de los maíces criollos de Michoacán para la separación en grupos genéticos.

4.2.2.2 Análisis de Componentes Principales

En el Análisis de Componentes Principales (ACP) las variables que presentaron mayor desviación en la matriz de correlación fueron longitud de la espiga (LE) y longitud de la parte ramificada de la espiga (LEPR) con valores respectivos de 5.10 y 2.17. La componente principal uno (CPR-1) y la dos (CPR-2) explicaron el 27 y 18% (el 46%) de la variación total. En CPR-1 las variables con mayor importancia fueron longitud de la gluma (LG), número de hojas por planta (NHP), ancho y longitud del grano (AG y LG) con valores de 0.41, 0.38, 0.37 y 0.36, respectivamente, y en la CPR-2 fueron longitud de la

espiga (LE), diámetro de la mazorca (DMZ), diámetro de médula (DM) y el índice AG/LG con valores respectivos de 0.34, 0.36, 0.41 y 0.42.

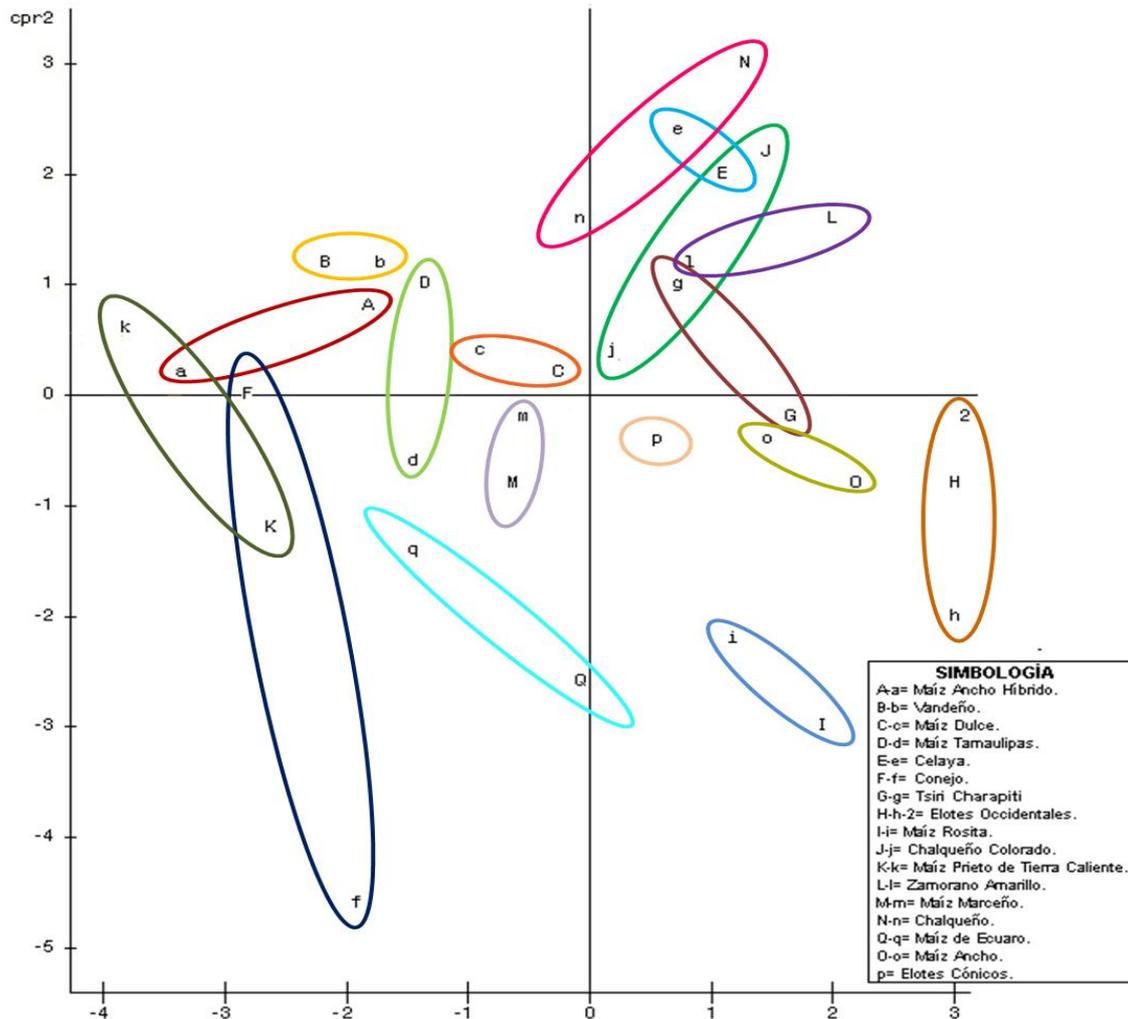


Figura 26 14. Componentes Principales 1 y 2 usadas en las colectas más similares de los maíces criollos de Michoacán para la separación de grupos genéticos.

4.2.2.3 Análisis de Conglomerados

En la Figura 27 del Análisis de Conglomerados se observa que a la distancia semiparcial R^2 (Método de Ward) al 0.05 de probabilidad se formaron siete grupos genéticos.

El primer grupo genético (G_1) estuvo constituido por dos subgrupos (SG_1 y SG_2). El subgrupo uno (SG_1) lo constituyeron las colectas 001 y 110 de la raza “Celaya” y la colecta 053 del maíz “Chalqueño Colorado”, mientras que el subgrupo dos (SG_2) fueron las colectas 232 y 235 de la raza “Zamorano Amarillo” de los Altos de Jalisco.

En el caso del grupo dos (G_2), constituido por los subgrupos SG_1 , SG_2 y SG_3 . En el primer subgrupo (SG_1) se ubicó la colecta 132 de la raza “Chalqueño”, en el segundo (SG_2) las colectas 079 y 098 de la raza “Maíz Dulce” y en el tercero (SG_3) las colectas 208 y 218 de la raza “Vandeño”. Estos dos últimos subgrupos están constituidos por dos razas de maíz con características bien definidas (Wellhausen *et al.*, 1951).

En cambio, en el grupo tres (G_3) se formaron dos subgrupos (SG_1 y SG_2). El subgrupo uno (SG_1) integrado por las colectas 003 de “Tsiri Charápiti” y 008 de la raza “Elotes Cónicos”, ambas de la ribera del lago de Pátzcuaro. Este resultado coincide con lo obtenido por Astier y Barrera (s.f.) donde postulan que la raza “Elotes Cónicos” es uno de los progenitores de “Tsiri Charápiti”. En el subgrupo dos (SG_2) se ubicaron las colectas 167 y 169 del “Maíz Marceño” y la colecta 192 del “Maíz Tamaulipas” de la región de Tierra Caliente. En este último caso es difícil conocer si entre el “Maíz Marceño” existe parentesco con el “Maíz Tamaulipas” debido a que el primero se recolectó a 2376 msnm en la localidad de las Cruces de Barreras en el Municipio de Chucándiro en la región Centro y el “Maíz Tamaulipas” se recolectó en el municipio de Tzitzio en la región de Tierra Caliente. Sin embargo, de acuerdo a lo discutido anteriormente sobre el origen de la raza “Mushito” y “Tamaulipas” es muy probable que en el origen de ambos maíces participe un maíz de ocho hileras.

Por otra parte, en el grupo cuatro (G_4) únicamente lo integraron las colectas 062 de la raza “Chalqueño” y la colecta 052 de “Chalqueño Colorado”, ambas de la región Ciénega de Zacapu. De acuerdo a lo anterior, posiblemente que la raza “Chalqueño” sea uno los progenitores del maíz “Chalqueño Colorado” ya que como se puede observar en las Figura 6 (este informe) 9 y 12 (tesis de Jovita Tovar) ambos maíces presentan características de mazorca similares. Otro posible progenitor del “Chalqueño Colorado” pudiera ser el “Tsiri Charápiti” de la ribera del Lago de Pátzcuaro ya que en la Figura 25 del Análisis Discriminante Canónico se encuentra muy próximo a este maíz y en la Figura 26 del Análisis de Componentes Principales se encuentra intercalado también con éste.

Para el caso del grupo 5 (G_5) únicamente lo integró un subgrupo (SG_1) con las colectas 204 de la raza “Conejo” de Tierra Caliente y 030 y 031 del “Maíz de Ecuaro” de la Meseta Purépecha. La presencia de la raza “Conejo” compartiendo características con el “Maíz de Ecuaro” quizás se deba a que en el origen de éste tipo de maíz intervenga la raza “Tabloncillo Perla” vía la raza Purépecha (“Tabloncillo Perla” x “Olotón”) que es un maíz tipo “Mushito” adaptado a las condiciones ambientales altas de la Meseta Purépecha.

El grupo seis (G_6) lo conformaron dos subgrupos (SG_1 y SG_2), los cuales contienen únicamente germoplasma de la región de Tierra Caliente. El subgrupo uno (SG_1) fue integrado por la colecta 216 de la raza “Conejo” y las colectas 191 y 200 del “Maíz Prieto de Tierra Caliente” y el subgrupo dos (SG_2) por las colectas 196 y 202 del “Maíz Ancho Híbrido” y la colecta 195 del “Maíz Tamaulipas”. La integración de la colecta 216 de la raza “Conejo” con las colectas 191 y 200 de “Maíz Prieto de Tierra Caliente” se puede deber a que el señor Juan Martínez de Tiringucha, Huetamo siembre en el mismo terreno el maíz “Conejo” junto con su “Maíz Prieto” y que entre éstos haya flujo genético. En el caso del traslape entre las colectas 195, 196 y 202 es difícil suponer a que se debió este resultado debido a que las tres colectas fueron colectadas en diferente lugar.

Finalmente, el grupo siete (G_7) lo integraron tres subgrupos (SG_1 , SG_2 y SG_3). En el subgrupo uno (SG_1) se encuentran las colectas 007 del “Tsiri Charápiti” de Erongarícuaro, Mich., 241 del “Maíz Ancho” de San Martín de Hidalgo, Jalisco y 103 de la raza “Elotes Occidentales” de Pénjamo, Gto. También, en el grupo tres (G_3) se encuentra la colecta 003 “Tsiri Charápiti” de Quiroga, Mich., compartiendo características con la 008 de la raza “Elotes Cónicos” de Erongarícuaro, Mich., ambas de la región Pátzcuaro-Zirahuén. Por lo antes expuesto, es posible que en el origen genético de “Tsiri Charápiti” participen las razas “Elotes Cónicos”, “Maíz Ancho” y “Elotes Occidentales”. El subgrupo dos (SG_2) por las colectas 172 de la raza “Elotes Occidentales” de Sixto Verduzco, Mich., y 075 y 077 del “Maíz Rosita” de Tarímbaro, Mich. Por la distancia geográfica entre estos dos maíces sería difícil suponer que entre la raza “Elotes Occidentales” y el “Maíz Rosita” pudiera existir flujo genético que ocasionara cierto parentesco entre ellos, ya que, de acuerdo a los Análisis Discriminante Canónico, de Componentes Principales y de Conglomerados el “Maíz Rosita” únicamente se encuentra compartiendo características con la raza “Elotes Occidentales” por lo que es posible que este maíz se originó de forma directa de esta raza, tal como lo indicó el productor que lo siembra en relación a que la raza “Elotes Occidentales” empezó a cambiar de color rojo a rosa y el grano se hizo más harinoso. En el subgrupo tres (SG_3) se ubicaron las colectas 100 de la raza “Elotes Occidentales” de Pénjamo, Gto., y la 221 del “Maíz Ancho” de Morelia, Mich. Como se puede observar, la raza “Elotes Occidentales” formó parte en los tres subgrupos e indicaría que posiblemente esta raza haya dado origen a los maíces “Tsiri Charápiti”, “Maíz Ancho” y “Rosita”.

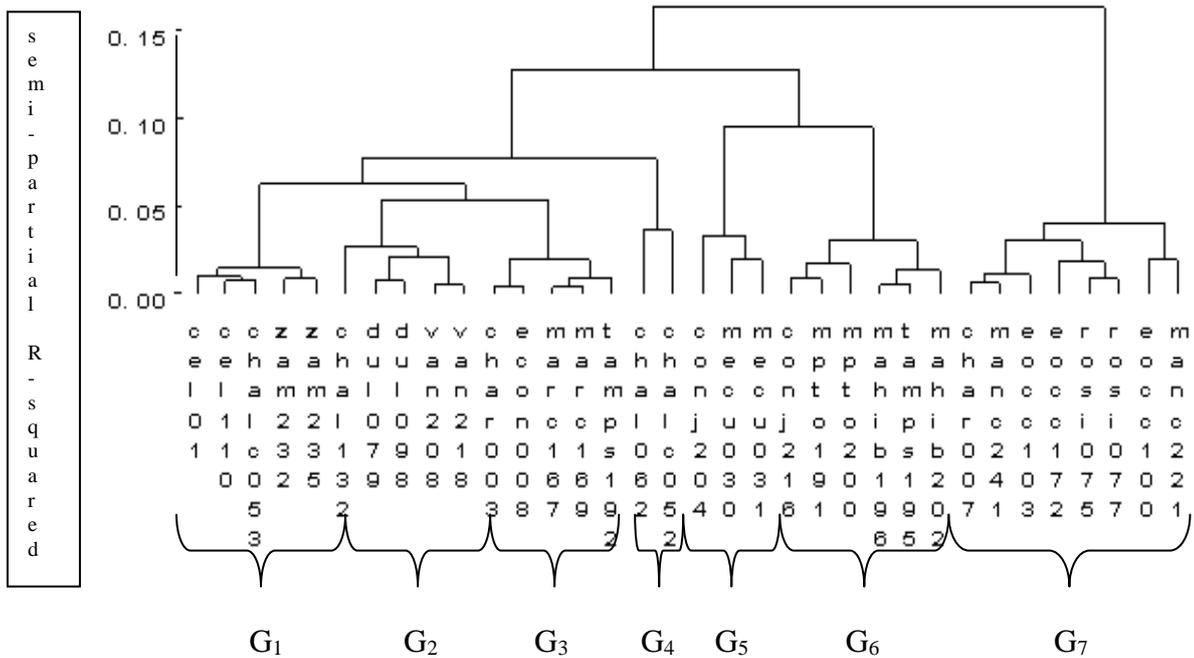


Figura 27. Dendrograma de agrupamiento de las colectas más similares en los maíces criollos de Michoacán.

4.2.2.3 Relaciones filogenéticas propuesta para los maíces criollos del Estado de Michoacán

En la Figura 28 se observa que en el origen de las razas de maíz del Estado de Michoacán intervienen razas procedentes de la región Noroeste de México (líneas de color amarillo), del Sur y del Golfo de México (líneas de color rojo) y de la Mesa Central y Guatemala (líneas de color azul). Es posible que esta combinación de tres tipos de germoplasma (trópico seco, trópico húmedo y templado) aunado a la presencia de una gran variación de condiciones climáticas y étnicas sean las responsables de la presencia de al menos 17 nuevos tipos de maíz.

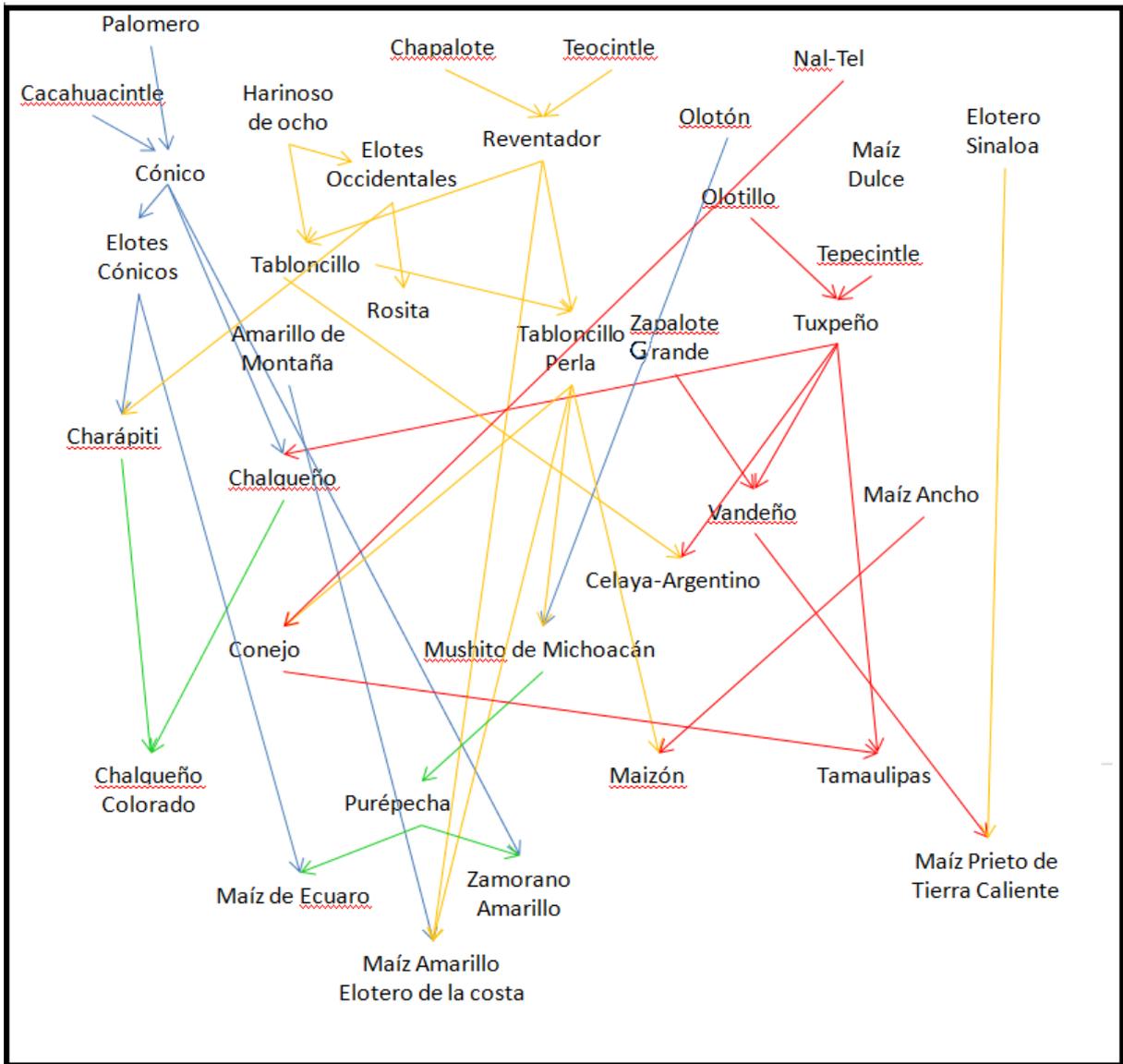


Figura 28. Relaciones filogenéticas propuesta para los maíces criollos del Estado de Michoacán. (Adaptado de Wellhausen *et al.*, 1951 y Hernández, 1986).

4.3. Clasificación de colectas 2008

A continuación se indican sin describir las características agronómicas de los maíces criollos recolectados durante el 2008 en el Estado de Michoacán. Éste mismo año, estos tipos de maíz fueron sembrados en Morelia para su clasificación en el trabajo de tesis del alumno Moisés Sitt Millán del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia (ITVM). De éste trabajo de investigación se entregará una copia a la CONABIO

Maíz Amarillo de Tierra Caliente



Figura 29. Mazorcas del “Maíz Amarillo de Tierra Caliente”, Michoacán.

Maizón



Figura 30. Mazorcas del maíz “Maizón”.

Olotón



Figura 31. Mazorcas del maíz Olotón.

Elotero de Sinaloa



Figura 32. Mazorcas de maíz “Elotero de Sinaloa”.

Maíz Amarillo Elotero de la Costa



Figura 33. Mazorcas del “Maíz Amarillo Elotero de la Costa”

Tabloncillo Perla



Figura 34. Mazorcas de la raza “Tabloncillo Perla”

Reventador



Figura 35. Mazorcas de la raza “Reventador”.

Argentino



Figura 36. Mazorcas del “Maíz Argentino”.

Veracruzano (Tuxpeño)



Figura 37. Mazorcas de la raza Tuxpeño.

Maíz Amarillo de Montaña



Figura 38. Mazorcas de “Maíz Amarillo de Montaña”.

4.4 Colectas de Teocintle

Cuadro 3. Colectas de teocintle raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y Mesa Central (*Zea mayz* L. spp *mexicana*) realizadas durante el 2007 y 2008 en el Estado de Michoacán.

Raza	No. de muestras	Región
Balsas	43	Tierra Caliente y Apatzingan
Mesa Central (Cuitzeo)	21	Centro
Mesa Central (Chapala)	31	Ciénega de Chapala
Total	95	

En el Cuadro 3 se indica el número de colectas y área de distribución de cada una de las razas Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*). En dicho Cuadro se observa que de la raza Balsas se recolectaron 43 muestras mientras que de la raza Mesa Central fueron 52. Las colectas de la raza Mesa Central fueron divididas en dos grupos debido a que de acuerdo a los datos de pasaporte y en campo pudimos darnos cuenta que las colectas de la Ciénega de Chapala son intermedias a las razas Balsas y Mesa Central. A continuación en el Cuadro 3 se describen las características cualitativas y cuantitativas de los tres tipos de teocintle.

Cuadro 4. Características agronómicas cualitativas y cuantitativas de la raza Balsas y dos tipos de la Mesa Central de muestras recolectadas en campo. 2008.

Característica	Balsas	Mesa Central (Cuitzeo)	Mesa Central (Chapala)
Longitud de la hoja (cm)	49.00	46.56	39.05
Ancho de la hoja (cm)	5.63	6.30	4.75
Número de ramas laterales	5.10	3.58	3.37
Número de hijos por planta	0	0	0
Longitud total de la espiga (cm)	44.45	47.77	38.06
Número de ramas por espiga	11.57	8.07	8.26
Longitud de la parte ramificada (cm)	13.96	9.83	8.26
Long. de la rama principal de la espiga (cm)	11.17	12.93	12.29
Ancho de la espiguilla (mm)	1.80	2.20	2.14
Longitud de la espiguilla (mm)	5.95	8.12	7.91
Longitud de la gluma (mm)	5.08	7.06	6.67
Número de nudos con mazorca	5.52	2.69	2.07
No. promedio de mazorcas por nudo	5.98	5.79	6.56
Longitud de la mazorca (cm)	4.66	5.94	4.68
Número de granos por mazorca	8.34	11.17	8.96
Peso de 100 semillas (g)	4.90	10.71	6.83
Volumen de 100 semillas (ml de agua)	5.00	6.43	5.17
Longitud del grano (mm)	5.37	5.30	5.24
Anchura del grano (mm)	4.09	6.14	4.88
Precocidad (días)	Tardía	Intermedia	Intermedia
Respuesta a la germinación con GA ₃	No responde	4 mil ppm	5 mil ppm
Respuesta a la germinación a Temperatura (°C)	± 30-40	± 30	±30-40
Número de hijos en campo sin competencia	Alta	Baja	Baja
Respuesta al fotoperiodo	No	Si	Si
Área de distribución geográfica	Amplia	Mediana	Mediana
Adaptación	Tropical	Subtropical	Subtropical
Número de muestras (n)	N=17	N=14	N=9

En el Cuadro 4 se observa que la raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) en comparación a la raza Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*) tipo Cuitzeo y Chapala presenta mayor longitud de la hoja, número de ramas laterales de la planta, número de ramas de la espiga, longitud de la parte ramificada, número de nudos con mazorca y longitud del grano con valores absolutos respectivos de 49.00 cm, 5.10, 11.57, 13.96 cm, 5.52 y 5.37 mm. Además, la raza Balsas es más tardía, no responde a la aplicación de ácido giberélico GA₃, tiene mayor número de hijos por planta cuando se siembra en competencia completa en condiciones de campo, no responde al fotoperiodo cuando se siembra en diferentes fechas de siembra y ambientes y tiene una distribución geográfica amplia en condiciones tropicales. Por otra parte, las colectas de la raza Mesa Central tipo Cuitzeo en comparación a la raza Balsas y Mesa Central tipo Chapala presentan mayor ancho de hoja, longitud total de la espiga, longitud de la espiguilla, longitud de la gluma, longitud de la mazorca, peso de 100 semillas, volumen de 100 semillas y anchura de grano con valores absolutos respectivos de 6.30 cm, 47.77 cm, 8.12 mm, 7.06 mm, 5.94 cm, 11.17, 10.71 g, 6.43 ml de agua y 6.14 mm., respectivamente. En cambio, la raza Mesa Central tipo Chapala comparte características propias como son: menor longitud de espiga (39.05 cm), ancho de hoja (4.75 cm), longitud total de la espiga (38.06 cm), longitud de la parte ramificada (8.26 cm) y número de nudos con mazorca (2.07), e intermedio longitud de la espiguilla (7.91 mm), longitud de la gluma (6.67 mm) y peso de 100 semillas (86.83 g), así como mayor número promedio de mazorcas por nudo (6.56) y el responder a 5 mil ppm de ácido giberélico (GA₃). También, la raza Mesa Central tipo Chapala comparte características con la raza Balsas en los caracteres longitud de mazorca con valores respectivos de 4.68 y 4.66 cm, número de granos por mazorca con valores respectivos de 8.96 y 8.34, volumen de 100 semillas con valores respectivos de 5.17 y 5.00 ml de agua y respuesta a la germinación a temperaturas de ± 30 a 40°C y con la tipo Cuitzeo en número de ramas laterales con valores respectivos de 3.58 y 3.37, número de ramas por espiga con valores respectivos de 8.07 y 8.26, longitud de la rama principal de la espiga con valores respectivos de 12.29 y 12.93, ancho de la espiguilla con valores respectivos de 2.20 y 2.14, precocidad intermedia, número de hijos por planta cuando se siembra en campo en condiciones de competencia completa (datos no mostrados) y responde al fotoperiodo. De acuerdo a lo anterior, podemos decir que la raza Mesa Central tipo Chapala aún comparte características de la mazorca como son: longitud, número de granos y volumen con la raza Balsas y con la raza Mesa Central tipo Cuitzeo características de la espiga como son: número de ramas laterales, número de ramas por espiga, longitud de la rama principal de la

espiga y ancho de la espiguilla. Otras características que comparten son: precocidad intermedia, número de hijos por planta y en la respuesta al fotoperiodo. Por la similitud en algunas de sus características es probable que el teocintle tipo Chapala sea un tipo intermedio entre la raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y la raza Mesa Central de Cuitzeo (*Zea mays* L. spp *mexicana*?). También pudiera existir una alta probabilidad de que el teocintle raza Balsas primero se introdujera de la región Balsas por el hombre a la región Ciénega de Chapala en donde éste realizó un pequeño proceso de pre-domesticación al reducir el número de ramas laterales por planta y ramas de la espiga, y aumentar ligeramente la longitud y número de granos por mazorca, y peso y volumen del grano. Posteriormente, el teocintle fue llevado a la rivera del lago de Cuitzeo donde ahí se continuó el proceso de domesticación aumentándole al teocintle el ancho de la hoja, la longitud de la espiga, espiguilla y gluma, la longitud de la mazorca, el número de granos por mazorca, el peso, anchura y volumen del grano, redujo la precocidad y eliminó la dormancia de las semillas.



Figura 39 27. Plantas de teocintle de las razas Balsas (izquierda), Mesa Central tipo Ciénega de Chapala (Centro) y Mesa Central tipo Cuitzeo (derecha).



Figura 40. Planta de la raza Balsas (A), Mesa Central tipo Chapala (B) y Mesa Central tipo Cuitzeo (C).

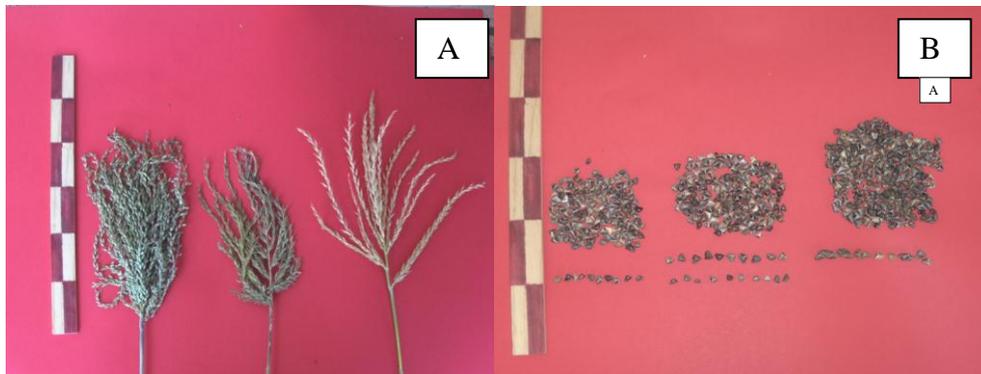
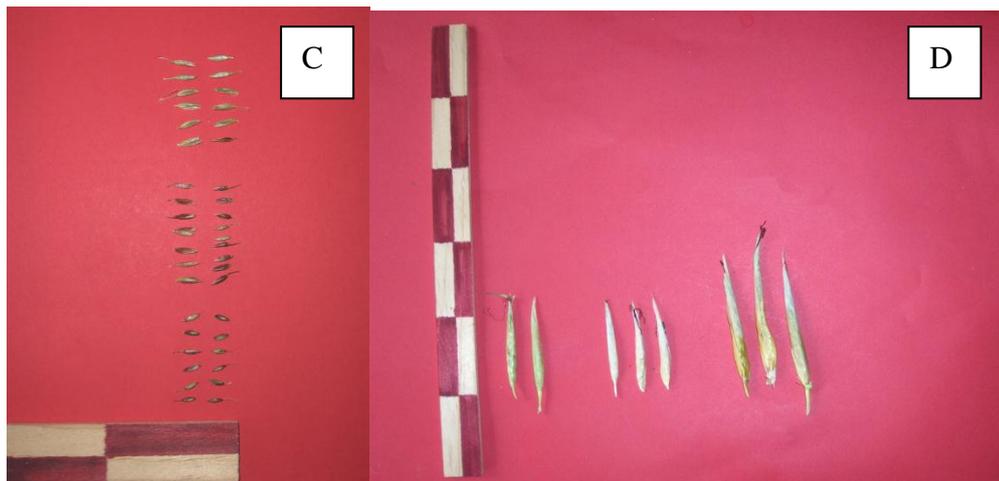


Figura 41A y B. Espigas y granos de la raza Balsas (izquierda), Mesa Central tipo Chapala (centro) y Mesa Central tipo Cuitzeo (derecha).



Figuras 42 30 C y D. Tamaño de espiguilla y mazorca de la raza Balsas (abajo e izquierda), Mesa Central tipo Chapala (centro) y Mesa Central tipo Cuitzeo (arriba e izquierda).

4.5 Bases de datos

4.5.1 Maíces criollos

De las 695 colectas de maíces criollos recolectadas desde el 2005 hasta el 2008 se realizaron tres bases de datos, dos en Excel y una en JPG. La primera contiene información referente a datos de pasaporte, una segunda datos de mazorca y una tercera datos de fotos de longitud y ancho de mazorca de la mayoría de las colectas. Para fotos la información se entregó el 15 de octubre del 2008 a la CONABIO en dos volúmenes en DVD y los archivos en Excel de datos de pasaporte y características de la mazorca vía Internet.

4.5.2 Teocintle

De las 95 colectas de teocintle se realizaron tres bases de datos en Excel, una sobre información referente a datos de pasaporte, una segunda sobre datos de población y una tercera sobre datos cuantitativos y cualitativos del teocintle. Esta información fue enviada el 18 de octubre vía internet a la CONABIO.

4.6. Domesticación del maíz (para discusión).

Referente a la domesticación del maíz Kato (1984) sugiere que ésta pudo ocurrir en cuatro centros en México y uno en las Tierra Altas de Guatemala. Esta domesticación ocurrió aproximadamente hace 10 mil años (Doebley, 2004) a partir de la raza de teocintle Balsas (*Zea mays L. spp parviglumis*). En México, Pipierno y Flanery (2001) indican que el maíz fue domesticado en el sur de México en la región del río Balsas en los estados de Michoacán, Estado de México, Guerrero ó en el estado de Oaxaca, mientras que Miranda (2003) sugiere que ésta ocurrió en el Occidente de México entre los paralelos 19⁰ y 21⁰ norte, en el área donde convergen la cuenca del río Balsas, Eje Volcánico Transversal y la cuenca de los ríos Lerma-Santiago. Sobre el origen genético del maíz, después de varios estudios genéticos, arqueológicos, citogenéticos, etc. no cabe duda que el maíz evolucionó del teocintle raza Balsas (*Zea mays L. spp parviglumis*); sin embargo, aún existe duda del lugar ó lugares donde fue domesticado. Apoyándonos en la idea de que el hombre durante su etapa de nómada no se alimentaba únicamente de maíz sino que también de otras plantas como el frijol (*Phaseolus spp*, el chile *Capsicum spp*), el jitomate (*Lycopersicon spp*) y de animales entre los que figuraba el guajolote (*Meleagris gallipavo*), es en este último en el que se nos apoyaremos para reforzar las hipótesis de Pipierno y Flanery (2001) de que el maíz se empezó primero a domesticar en la región Balsas y posteriormente en el Occidente de México (Miranda, 2003).

4.6.1. Evidencias zoogenéticas (guajolote)

En el estudio sobre valoración y diferenciación genética del guajolote doméstico de traspatio (*Meleagris gallipavo*) explotado en cinco regiones fisiográficas de Michoacán López-Zavala *et al.* (2008) indican que el guajolote de la región Balsas y el de la Sierra Madre del Sur presentan los valores más altos de heterocigosidad (H_e) con valores de 0.621 y 0.690, respectivamente, y fue menor en los de la Costa, con un valor de 0.558 (Cuadro 1). En endogamia (F_{is}), los guajolotes de las regiones Sierra Madre del Sur y Costa presentaron los mayores valores respectivos de 0.285 y 0.261, aunque no se explica porque en los guajolotes de la Sierra Madre del Sur existe un alto número de loci en estado heterocigote y homocigote. Los valores altos de heterocigotes en los guajolotes de la región Balsas son consistentes al tener menor endogamia (F_{is}) con un valor de -0.133. (Cuadro 5). La mayor endogamia en los guajolotes de las regiones Sierra Madre del Sur y los de la Costa podría deberse a la deriva génica debido a poblaciones pequeñas de guajolotes traídas de otros lugares. Como se sabe, una de las rutas de migración del grupo étnico Náhuatl de la región Costa Michoacana venía de Nayarit, pero también había migraciones humanas del Pacífico sur al Pacífico norte.

Cuadro 5. Heterocigosidad esperada (H_e), endogamia (F_{is}) y diferenciación genética (F_{st}) de guajolotes domésticos de cinco regiones fisiográficas del Estado de Michoacán.

	Bajío	Eje Neovolcánico	Balsas	Sierra Madre del Sur	Costa	Total
H_e	0.633	0.595	0.621	0.690	0.558	0.619
F_{is}	0.138	0.058	-0.133	0.285	0.261	0.133
F_{st}	-	-	-	-	-	0.109

En el Cuadro 6 se observa que los guajolotes silvestres de Jalisco y Durango presentan el mayor número de loci en estado de equilibrio de Hardy-Weimberg, 4 y 3; respectivamente y le siguieron los guajolotes de la región Balsas y Costa con 2 cada uno. Por otra parte, los guajolotes de las regiones Bajío, Eje Neovolcánico Transeversal y Sierra

Madre del Sur presentaron el mayor número de loci en estado de desequilibrio de Hardy-Weimberg, con 3 loci cada uno. Por el número de loci en estado de equilibrio es probable que los guajolotes de la región Balsas y Costa sean más antiguos que los de las regiones Bajío, Eje Neovolcánico Transversal y Sierra Madre del Sur, y que estos últimos tengan su origen de los guajolotes de los dos primeras regiones.

Cuadro 6. Loci en equilibrio y desequilibrio de Hardy-Weimberg en guajolotes domesticados (*Meleagris gallipavo*) de cinco regiones de Michoacán y dos silvestres de Jalisco y Durango

	En Equilibrio ($X^2=NS$)			En Desequilibrio (X^2 Significativo*)		
	Doméstico	Silvestre	Total	Doméstico	Silvestre	Total
Bajío	1	2	3	3	1	4
Eje Neovolcánico	1	1	2	4	1	5
Balsas	2	2	4	2	1	3
Sierra	1	2	3	3	1	4
Costa	2	2	4	2	1	3
Jalisco**	4	3	7	0	0	0
Durango**	3	3	6	1	0	1

* ($P < .05$)

** Poblaciones Silvestres

En la Figura 43 del dendograma se observan tres grupos genéticos, el primero formado por los guajolotes silvestres de Jalisco y Durango. El segundo grupo genético de guajolotes esta integrado por los guajolotes domesticados de las regiones Costa y Sierra Madre del Sur y finalmente el tercer grupo esta integrado por los guajolotes de las regiones Balsas, Bajío y Eje Neovolcánico Transversal. Debido a los loci en estado de desequilibrio de Hardy-Weimberg es probable que los Guajolotes de la Sierra Madre del Sur fueron introducidos de la región Costa la cual esta habitada por el grupo étnico indígena Nahuatl de ascendencia del estado de Nayarit. En el caso del grupo genético tres también es probable que los guajolotes del Eje Neovolcánico Transversal y del Bajío tengan su descendencia de los guajolotes de la región Balsas de Michoacán. Como es sabido, el imperio Purépecha tuvo sus dominios hasta la región Tierra Caliente (Balsas) y posiblemente dentro del pago de tributo los indígenas de la región Balsas hayan pagado con guajolotes; debido a lo anterior, exista esta similitud genética. De acuerdo a donde fue primero introducido el guajolote de la región Balsas los resultados sugieren que fue primero en la región Bajío debido a que los guajolotes de esta región presentan mayor número de loci en equilibrio (2) que los guajolotes del Eje Neovolcánico Transversal (1).

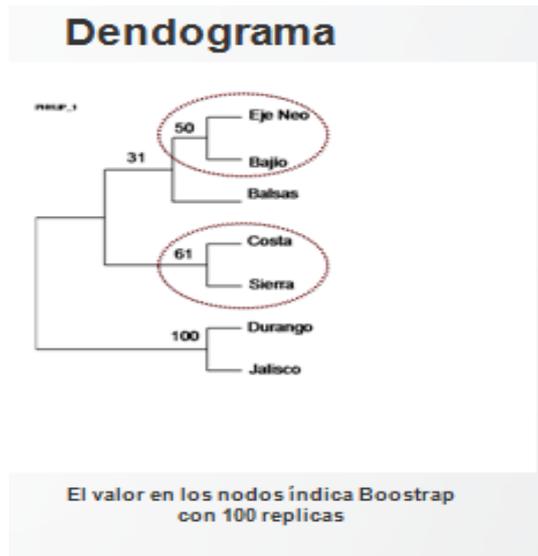


Figura 43. Dendrograma de guajolote domestico (*Meleagris gallopavo*) de cinco regiones fisiográficas de Michoacán y dos silvestres de Jalisco y Durango

6.6.2. Evidencias citogenéticas (teocintle)

Basándonos en los trabajos obtenidos en este trabajo encontramos que en la región Ciénega de Chapala (área de asentamiento del imperio Purépecha en Jacona, Mich) existe un teocintle “intermedio” entre la raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) de la región Balsas y el de la Mesa Central de Cuitzeo (*Zea mays* L. spp *mexicana*) e indicaría también que de acuerdo a los resultados obtenidos por López-Zavala *et al* (2008) en los guajolotes (*Melegris gallipavo*) es probable que la domesticación del teocintle fue iniciado primero en la región Balsas y de ahí fue llevado a la región Ciénega de Chapala (área arqueológica de Jacona, Mich.) donde se continuó la domesticación. Posteriormente, el teocintle fue llevado a la región arqueológica de Cuitzeo donde se continuó el proceso de domesticación hasta que el teocintle de ésta área se diferenció del de la región de la Ciénega de Chapala y del Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*).

V. RECOMENDACIONES

Después de haber llevado a cabo este trabajo de investigación nos pudimos dar cuenta de la enorme diversidad de maíz y teocintle que existe en Michoacán. Respecto a maíz, creo que debido a la falta de información actualizada sobre diversidad y su distribución, así como mi primera experiencia en recolecta de maíces creo que la región SIERRA MADRE DEL SUR debe ser fuertemente explorada para encontrar nuevos tipos de maíz, pero poner énfasis en los maíces poco recolectados como: OLOTÓN, MAÍZ AMARILLO DE MONTAÑA ONAVEÑO Y MUSHITO. El maíz Olotón lo encontramos muy contaminado con otro de color negro y su área de distribución es muy pequeña y ya casi no se siembra. El maíz Amarillo de Montaña, al igual que el Olotón se distribuye en la misma área del Olotón, partes muy altas de la Sierra de Coalcoman. Ambos maíces solo se siembran para elote. En el caso del Mushito de la Costa cuando lo recolecté (solo una colecta) no creí que fuera Mushito y no le puse mucha atención, la gente lo conoce como maíz SERRANO. Continúe recolectando y cuando lo hice en el área de Ario de Rosales me dí cuenta que el Mushito también se distribuye en la Costa. Ningún investigador menciona que el Mushito existía en la Costa. En Ario de Rosales, Mich. encontré colectas de Mushito con características de planta bien definidas de Tabloncillo Perla y de mazorca de Olotón, por lo que intuí que el Mushito fue traído de la Costa a la Meseta Purépecha, dando origen al maíz Purépecha y posiblemente al Complejo Serrano de Jalisco. (El Dr. Chuy Sánchez dice que en mazorca no encuentra diferencias entre Mushito y Purépecha, en las cuales coincido con el, pero en planta si las hay. En ciertos lugares, en la Meseta Purépecha se siembran en la misma comunidad, el Purépecha en lo plano (donde hiela y por ser precoz) y el Mushito en las laderas (por ser muy tardío)). Existen otras partes de la Sierra de Coalcoman que no se recolectaron, “no por miedo”, sino que la Sierra esta muy sola y se requiere de un guía. La Sierra de Coalcoman se conecta con las Sierras del Sur de Jalisco y Colima y un compañero de Chapingo encontró maíces de la Costa de Michoacán y de Nayarit, Sinaloa en éstos lugares, posiblemente debido a que de acuerdo al libro la RELACIÓN DE MICHOACÁN hasta ahí se distribuyó la etnia Nahuatl. Creo que debe recolectarse el SISTEMA MONTAÑOSO del VOLCÁN de COLIMA, SIERRAS DE PIHUAMO, TAMAZULA hasta MAZAMITLA continuando por la SIERRA DE COTIJA (la gente de ahí dice que en la sierra existen otros maíces) hasta la MESETA PURÉPECHA. Por el mayor área de distribución del Mushito y su Complejo racial ya formado (Purépecha y Complejo Serrano de Jalisco) y de que en la Costa existen sus

progenitores (Pabloncillo Perla y Olotón), es probable que el Mushito fue llevado de Michoacán a Oaxaca. El Dr. Sánchez menciona que en el Maíz Amarillo Elotero de la Costa que uno de sus progenitores es el Onaveño, debemos buscar si ahí existe, yo no lo encontré. En general, a pesar del gran esfuerzo en la recolecta de maíces criollos ahora nos damos cuenta que aún faltó mucho que recolectar y el CRUCO-Chapingo lo puede hacer. En teocintle debido a la pérdida de diversidad genética creo solo falta definir áreas de conservación *in situ*, una en la Ciénega de Chapala, otra en Cuitzeo, y otra en Tierra Caliente y ver si el teocintle de la Ciénega de Chapala es otra sub-especie.

VI. CONCLUSIONES

Una vez recolectado el maíz en las 10 regiones del Estado de Michoacán durante tres años y uno de teocintle en las regiones de Tierra Caliente y Apatzingán (Balsas), y Centro y Ciénega de Chapala (Mesa Central) encontramos las siguientes conclusiones.

1. En 1951 se identificaron 14 tipos de maíces criollos y ahora después de 61 años se encontró otros 17 maíces, por lo que en total en el Estado existen 31 maíces criollos.
2. Los nuevos maíces criollos se recolectaron principalmente en la región Costa y en segundo término en la región Meseta Purépecha donde se establecieron las etnias Náhuatl y Purépecha, respectivamente, las cuales no habían sido exploradas de manera sistemática.
3. La mayor diversidad genética del maíz se encontró en áreas de agricultura campesina étnica indígena y mestiza, pero la mayor cantidad de usos antropocéntricos este se ubicó con los campesinos de origen indígena.
4. Por la dificultad en recolectar y el tamaño de muestra recolectado los maíces que presentan mayor pérdida de diversidad son: Conejo, Maíz Dulce, Celaya, Zamorano Amarillo, Vandeño, Elotes Occidentales, Tabloncillo y Mushito.
5. Los maíces criollos que aparentemente no presentan problemas de pérdida de diversidad son: Tuxpeño, Tamaulipas, Purépecha (un tipo de Mushito), Maíz de Ecuaro y Chalqueño.
6. En Michoacán se habían reportado las raza de teocintle Balsas en el área tropical (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y la Mesa Central en la subtropical (*Zea mays* L. spp *mexicana*), en este trabajo de investigación se encontró que el teocintle de Ciénega de Chapala el cual también había sido clasificado como *Zea mays* L. spp *mexicana* es un tipo “intermedio” entre la raza Balsas y Mesa Central de Cuitzeo, pero además comparte características propias.
7. Debido a que en la región subtropical se encontró que el teocintle de la región Arqueológica de Jacona (Ciénega de Chapala) es diferente al de Cuitzeo debe ser considerado como un tipo diferente al de raza Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*) de la zona Arqueológica Cuitzeo-Huandacareo.
8. Es probable que el teocintle raza Balsas haya sido primero introducido en la zona arqueológica de Jacona donde se inició un proceso de pre-domesticación y de ahí posteriormente fue llevado a la zona arqueológica de Cuitzeo-Huandacareo donde éste

proceso continuó por mas tiempo debido a que éste tipo de teocintle en comparación a la raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) fue modificado por el hombre al reducir el número de ramas laterales y de la espiga, aumentar la longitud total de la espiga, la longitud y ancho de la espiguilla, y además aumentar la longitud de la mazorca, número de granos por mazorca, peso y volumen de 100 semillas.

9. El teocintle raza Balsas (*Zea mays* L. spp *parviglumis*) y el Mesa Central (*Zea mays* L. spp *mexicana*) presentan problemas de pérdida de diversidad debido a que en los lugares donde se recolectó semilla las poblaciones eran pequeñas y en muchos casos éstos fueron recolectados en campos de los agricultores donde los consideran una maleza.

VII. BIBLIOGRAFÍA CITADA

Antuna G. O., S. A. Rodríguez H., G. Arámbula V., A. Palomo G., E. Gutiérrez A., A. Espinoza B., E. F. Navarro O., E. Andrio E. 2008. Calidad nixtamalera y tortillera en maíces criollos de México. Rev. Fitotecnia Mexicana 31 (3):23-27.

Beadle, G. W. (1939). Teocintle and the origin of maize. J. Heredity 30: 245-247.

- Beaumont, P. (1873).** Del maíz, que los indios, llaman Tlaolli y los Tarascos ahtairi, de las bebidas que de el se hacen y género de tortillas. *En: Crónicas de Michoacán.* 1972. Biblioteca del estudiante Universitario 12. UNAM. pp: 175-196
- Bellón, M. R. and S. B. Brush. (1994).** Keepers of maize in Chiapas, México. *Economic Botany* 48: 196-209.
- Benz, B F. (1986).** Taxonomy and evolution of Mexican maize. Unpublished Ph. D. dissertation. University of Wisconsin. 433 p.
- Brush, S. B. (1992).** A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economy Botany* 45: 153-165.
- Buckler, E. S., M. M. Goodman, T. P. Holsford, J. E. Doebley y J. J. Sánchez G. (2006).** Phylogeography of the wild subspecies of the *Zea mays*. *Maydica* 51: 123-134.
- Chávez, E. (1913).** Cultivo del maíz. Estación Agrícola Central. Dirección General de Agricultura. Secretaría de fomento. Boletín No. 74. México. 815 p.
- Doebley, J. (2004).** The genetics of maize evolution. *Ann. Rev. Genetics.* 38:37-59
- Doebley, J. F., M. M. Goodman, C. W. Stuber (1985).** Isoenzymatic variation in the races of maize from Mexico. *Am. J. Bot.* 72(5): 629-639.
- Eastham, K. y J.Sweet (2002).** Genetically modified organism (GMs): The significance of gene flow through pollen transfer. Environment issue report No. 2. UK. 75 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(1): 3-30.
- Hernández X., E. (1972).** Exploración etnobotánica de maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8(2) 46-51
- Hernández X., E. (1973).** Consumo humano de maíz y aprovechamiento de tipos con valor nutritivo. *En: Memoria del simposio sobre desarrollo y utilización de maíces de alto valor nutritivo.* Junio de 1972. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. pp: 149-156.
- James, A. F. (2000).** A case Study of *bacillus thuringiensis* (Bt) and its transfer to development Counties. ISAAA BRIEFS No. 2. Ithaca, NY. 42 p.
- Kato Y., T. A. (1984).** Chromosome morphology and the origin of maize and its races. *Evol. Bot.* 17:219-253.**Krattiger, A F. (1997).** A case study of *Bacillus*

thuringiensis (Bt) and its transfer to developing countries. ISAAA. UK. 38 p.

LAMP. (1991). Catálogo del germoplasma de maíz. Tomo I y II. ARS Special Publication, Beltsville USA.

López-Zavala R., H. Cano-Camacho, O. Chassin-Noria, A. K. Oyama. 2008. Valoración y diferenciación genética del guajolote domestico de traspatio (*Meleagris gallopavo*) explotado en cinco regiones fisiográficas de Michoacán, México. 4^{to} Congreso Estatal de Ciencia y Tecnología. (COECYT)-Michoacán. 30 y 31 de octubre del 2008. Morelia, Mich.

Lyman, J. M. (1984). Progress and planning for germplasm conservation of major food crops. Plant Genet. Resources Newsletter 60:3-21.

Mck Bird, R. (1982). Maize and teocintle germplasm bank. *In: Maize for Biological Research.* W. F. Sheridan (ed). Plant Molecular Biology Associatio. Charlottesville, Virginia.

Mapes S., C. (1987). El maíz entre los Purépechas de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. América Indígena XLVII:345-379.

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M. M. Goodman, J. J. Sánchez G., E. Buckler, J. Doebley (2002). A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. Proceedings of the National Academy of Sciences. 99:6080-6084.

Mijangos C., J. O. (2005). Estudio de la diversidad genética y relaciones filogenéticos de maíz de la Sierra Tarasca de Michoacán. Tesis de D. C., Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, edo. de México. 168 p.

Miranda C., S. (2003). El origen genético y geográfico del maíz (*Zea mays* L.) *En: Centli-Maíz.* A. Muñoz O. director. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Méx. pp: 147-159.

Molina N., L. (1998) Razas, diversidad y erosión genética del maíz en el Valle de Zamora, México. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 148 p.

Muñoz O., A. (2003). Diversidad de ambientes, tipos de mazorca y otros atributos a nivel de nicho-región central de Michoacán. *En: Centli-Maíz.* Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, estado de México pp: 88-93

National Academy of Sciences. (2003). Ecological, Genetic, and Social Factors Affecting Environmental Assessment of Transgenic Plants. <http://books.nap.edu/catalog/10258.html>.

Ortega. P., R. (1985). Variedades y razas mexicanas de maíz y su evaluación en e cruzamientos con líneas de clima templado como material de partida para

fitomejoramiento. Abbreviated spanish translation of Ph. D. thesis, N. I. Vavolov National Institute of Plants. Leningrad, U.S.S.R. 22 p.

Plucknett, D. L., N. J. H. Smith, J. T. Williams, N. M. Anishetty (1983). Gene banks and the world food. Princeton University Press, Princeton

Ramírez L., D. (1998). Variedades criollas de maíz, razas y conservación de la diversidad genética *in situ* en tres zonas agrícolas de la Meseta Purépecha, Michoacán. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 111 p. **Roberts, L. M., U. J. Grant, R. Ramírez, W. H. Hathaway and D. L. Smith en colaboración con Mangelsdorf 1957.** Razas de maíz en Colombia. Publication 510. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D C. 144 p.

Romero P., J. y R. Ortega P. 1996. Sistemas de cultivo, variedades y erosión genética en maíz en el sureste de Tierra Caliente, Michoacán. Rev. Geografía Agrícola 22-23: 113-129.

Ron P., J., J. J. Sánchez G., A. A. Jiménez C., J. A. Carrera V., J. G. Martín L., M. Morales R., L. de la Cruz L., J. G. Rodríguez F., S. A. Hurtado de la P., S. Mena M. (2006). Maíces nativos del Occidente de México I. Colectas 2004. Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 153 p.

Ruiz C., J. A., J. J. Sanchez G. , M. Aguilar S. (2001). Potential distribution of teosinte in Mexico: A GIS approach. Maydica 46: 105-110.

Sánchez G., J. J., M. M. Goodman (1992). Relationships among the Mexican races of maize. Econ. Bot. 46: 72-85.

Sánchez G., J. J.; M. M. Goodman and Rawlings (1993). Appropriate Characters for Racial Classification in Maize. Econ. Bot. 47(1):44-59.

Sánchez G., J. J., M. M. Goodman, C. Stuber (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. Econ. Bot. 54: 43-59.

Sánchez G., J. J., T.A. Kato Y., M. Aguilar S., J. M. Hernández C., A. López R. y J. A. Ruiz C. (1998). Distribución y caracterización del teocintle. Libro Técnico Núm. 2. Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 150p.

Sánchez G., J. J., R. Miranda M., L. De la Cruz L. (2004). Recolección y conservación de las especies silvestres del genero *Zea* (Teocintle) en México. *Informe de actividades 2002-2003*, Preparado para la Secretaría de Medio Ambiente y

Recursos Naturales, Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental, Dirección General de Vida Silvestre (No publicado).

Sánchez G., J. J. y A. Ruíz C. (1996). Distribución del teocintle en México. Pp. 20-38. *En:* J. A. Serratos, M. C. Willcox y F. Castillo (eds.). Flujo genético entre maíz criollo, maíz mejorado y teocintle: implicaciones para el maíz transgénico. México, D. F. CIMMYT.

Sánchez G, J. J. y L. Ordaz S. (1987). Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. 2. El Teocintle en México. distribution y situación actual de las poblaciones. IBPGR, Rome. 50 p.

Stakman, E. C., R. Bradfield y P. C. Mangelsdorf (1969). Campañas contra el hambre. Ed. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana . México. 343 p.

Taba, S. (1988). A local germplasm bank information management system. CIMMYT. 52 p.

Vidal M. V. A., G. Vázquez C., B. Coutiño E., A. Ortega C., J. L. Ramírez D., R. Valdivia B., M. de J. Guerrero H., F. de J. Caro V., y O. Cota A. 2008. Calidad proteica en colectas de maíces criollos de la Sierra de Nayarit, México. Rev. Fitotecnia Mexicana 31 (3):15-21.

Wellhausen, E. J., L. M. Roberts, y E. Hernández X. En colaboración con P. C. Mangelsdorf (1951). Razas de maíz en México. Su origen, características y distribución. OEE-SAG. Folleto No.5. México, D. F. 236 p.

Wilkes, H. G. (1972). Genetic erosion in teocintle. Plant Genetics Resources Newsletter 28: 3-10.
