



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA

**VARIACIÓN INTRA-RACIAL DE MAÍCES NATIVOS Y
SISTEMA LOCAL DE ABASTECIMIENTO DE SEMILLAS
EN EL ALTIPLANO POBLANO-TLAXCALTECA**

LUIS FLORES PÉREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2014



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS
CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Luis Flores Pérez**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Pedro Antonio López**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Variación Intra-Racial de Maíces Nativos y Sistema Local de Abastecimiento de Semillas en el Altiplano Poblano-Tlaxcalteca**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 17 de junio de 2014.

Luis Flores Pérez

Vo. Bo. Dr. Pedro Antonio López
Nombre completo y Firma

Km. 125.5 carretera federal México-Puebla (actualmente Boulevard Forjadores de Puebla), C.P. 72760, Puebla, Puebla.
Teléfonos: (222) 285 14 42, 285 14 43, 285 14 45, 285 14 47, 285 07 38; exts. 2018, 2056, 2058.
Correos electrónicos: edar@colpos.mx ; admisionescampuspuebla@colpos.mx

La presente tesis, titulada: **Variación intra-racial de maíces nativos y sistema local de abastecimiento de semillas en el altiplano Poblano-Tlaxcalteca**, realizada por el alumno: **Luis Flores Pérez**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

ASESOR:



DR. ABEL GIL MUÑOZ

ASESOR:



DR. AMALIO SANTACRUZ VARELA

ASESOR:



DR. JOSÉ LUIS CHÁVEZ SERVIA

Puebla, Puebla, México, junio de 2014

VARIACIÓN INTRA-RACIAL DE MAÍCES NATIVOS Y SISTEMA LOCAL DE ABASTECIMIENTO DE SEMILLAS EN EL ALTIPLANO POBLANO- TLAXCALTECA

Luis Flores Pérez, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2014

La presente investigación tuvo por objetivo analizar la variación intra-racial en maíces nativos e identificar el sistema local de abastecimiento de semillas entre agricultores de los valles altos del estado de Puebla y parte de Tlaxcala, México. El trabajo se desarrolló en dos etapas: en la primera se evaluaron 41 poblaciones nativas de maíz procedentes de las regiones de los valles de Serdán, Libres-Huamantla y Puebla; se incluyeron 19 testigos raciales, dos testigos comerciales y dos variedades experimentales. Se registraron 40 variables morfológicas y se aplicaron análisis de varianza y técnicas multivariadas como análisis de componentes principales y de conglomerados. En la segunda etapa se describieron y analizaron los mecanismos de acceso e intercambio de semillas entre agricultores; para ello se entrevistó a 86 productores de maíz que en conjunto conservaban 193 lotes de semillas; se realizó análisis de varianza a las variables cuantitativas y a las cualitativas una prueba de ji-cuadrada y un análisis de correspondencias. Las poblaciones nativas de maíz se asociaron con las razas Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos y sub-raza Elotes Chalqueños, identificándose variación entre y dentro de los grupos resultantes. Dicha variación obedece a las fluctuaciones ambientales y al proceso dinámico de selección de los agricultores sobre las poblaciones nativas de maíz. Hubo diferencias entre subregiones en mecanismos de acceso, intercambio y pérdida de lotes de semilla. Los agricultores identifican lotes de semilla, principalmente por el color de grano, excepto para la raza Cacahuacintle, la cual fue identificada por uso del grano. Las poblaciones nativas son preferidas sobre las mejoradas, en caso necesario de obtener o reponer semilla.

Palabras clave: Diversidad local, intercambio de semillas, población de maíz nativa, valles altos, variación intra-racial.

INTRA-RACIAL VARIATION OF NATIVE MAIZE AND LOCAL SYSTEM OF SEED SUPPLY AT THE POBLANO-TLAXCALTECA PLATEAU

Luis Flores Pérez, M. S.

Colegio de Postgraduados, 2014

The purpose of this study was to analyze intra-racial variation in landraces and to identify the local seed supply systems among farmers in the highlands of the state of Puebla and part of Tlaxcala, Mexico. The research involved two stages, in the first one, 41 native maize populations from the valleys of Serdán, Libres-Huamantla, and Puebla were evaluated, along with 19 racial controls, two commercial and two experimental varieties. Forty morphological traits were measured, and analysis of variance and multivariate techniques, such as principal component and cluster analysis, were conducted. In the second step, the mechanisms for access and exchange of maize seed among farmers were described and analyzed. In order to do that, 86 maize producers, who conserved 193 seed lots overall, were interviewed. Analysis of variance was performed on quantitative traits; on qualitative traits, a chi-square test and correspondence analysis were performed. Native maize populations were associated to the races Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos, and the sub-race Elotes Chalqueños, variation among and within the resulting groups was also identified. This variation is attributed to the environmental variation, and to the dynamic selection process practiced by the farmers on native maize populations. There were differences between subregions in relation to mechanisms of access, exchange, and loss of seed lots. Farmers identify seed lots mainly by grain color, except for the race Cacahuacintle, which was identified by the use of the grain. Native maize populations were more preferred than improved varieties when farmers need to obtain seed.

Keywords: High valleys, Intra-racial variation, local diversity, maize native population, seed exchange.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico otorgado en mi estancia en el programa de Postgrado.

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios de Postgrado de Maestría en Ciencias, al Campus Montecillo por permitirme complementar mi formación académica en los Programas de Genética y Estadística.

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación (SINAREFI), del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la SAGARPA, por el apoyo económico para el desarrollo de la investigación. También se agradece el apoyo financiero complementario del Colegio de Postgraduados, a través de la Línea Prioritaria de Investigación 6 'Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos'.

A mi profesor consejero Dr. Pedro Antonio López, por sus enseñanzas, orientación, disponibilidad y apoyo incondicional en todo momento durante mi estancia en el Colegio de Postgraduados.

Al Doctor Abel Gil Muñoz, por formar parte de mi Consejo, por sus aportes y atinadas observaciones durante la fase de investigación, por brindarme un espacio de trabajo en la Unidad Académica Huejotzingo.

Al Doctor Amalio Santacruz Varela, por formar parte de mi consejo, por sus aportes en la primera fase de investigación y sus atinadas observaciones durante la investigación.

Al Doctor José Luis Chávez Servia, por formar parte de mi consejo, por su valioso aporte en la segunda fase de investigación y sus atinadas observaciones durante el desarrollo de la investigación.

Al Personal de apoyo del Grupo de Recursos Fitogenéticos que laboran en la Unidad Académica Huejotzingo, quienes apoyaron durante la fase de investigación.

A los profesores y personal administrativo del Campus Puebla, por facilitarme una estancia satisfactoria en este Programa de Postgrado.

DEDICATORIA

A mis padres Margarita y Guadalupe por toda su comprensión y apoyo incondicional en todo momento.

A mi novia Irma por sus palabras de aliento, consejos, comprensión y todo su apoyo moral en todo momento.

A mis hermanas Esperanza, Marisela y Sandra, por todo su apoyo, sus palabras para alentarme y su comprensión durante mi estancia de postgrado.

A mis hermanos Oscar y Roberto, por todo su apoyo y comprensión para poder realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

A mis amigos Miguel, Víctor, Rapahel y César por su apoyo y amistad; a los compañeros de clase con quienes tuve oportunidad de convivir durante este tiempo.

¡Muchas gracias!

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1. Problema de Investigación	4
2. Objetivos	5
3. Hipótesis	5
CAPÍTULO I. VARIACIÓN INTRA-RACIAL DE MAÍCES NATIVOS DEL ALTIPLANO DE MÉXICO	9
1.1 Resumen	9
1.2 Abstract	10
1.3 Introducción	11
1.4 Materiales y Métodos	13
1.4.1 Ubicación geográfica del área de estudio	13
1.4.2 Material genético	14
1.4.3 Diseño experimental, manejo agronómico y variables evaluadas	16
1.4.4 Análisis estadístico	17
1.5 Resultados y discusión	18
1.5.1 Análisis de varianza combinado	18
1.5.2 Análisis de componentes principales	20
1.5.3 Análisis de conglomerados	21
1.6 Conclusiones	29

	Página
1.7 Agradecimientos	30
1.8 Literatura Citada	31
CAPITULO II. SISTEMAS DE ACCESO E INTERCAMBIO LOCAL DE SEMILLAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE PUEBLA, MÉXICO	38
2.1 Resumen	38
2.2. Abstract	39
2.3 Introducción	40
2.4 Materiales y Métodos	43
2.4.1 Población de estudio	43
2.4.2 Encuesta	44
2.4.3 Análisis estadístico	45
2.5 Resultados y Discusión	47
2.5.1 Análisis de varianza	47
2.5.2 Prueba de ji-cuadrada	47
2.5.3 Análisis de correspondencias	56
2.6 Conclusiones	58
2.7 Agradecimientos	60
2.8 Literatura Citada	61
CONCLUSIONES GENERALES	69
APENDICE	71

ÍNDICE DE CUADROS

Página

CAPÍTULO I.

Cuadro 1.1. Información de las 41 poblaciones nativas de maíz estudiadas en el altiplano del estado de Puebla, 2012. 15

Cuadro 1.2. Variables fenológicas y morfológicas registradas. 17

Cuadro 1.3. Significancia estadística de cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 40 variables morfológicas medidas en 64 poblaciones de maíz en el altiplano de Puebla, México, 2012. 19

Cuadro 1.4. Promedios por grupo de poblaciones para las variables morfológicas que presentaron mayor asociación con los tres primeros componentes principales. 26

CAPÍTULO II.

Cuadro 2.1. Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza de un modelo completamente aleatorio, y comparación de medias entre subregiones de estudio. Encuesta 2013. 47

Cuadro 2.2. Diversidad de lotes de semilla y acceso a los mismos entre agricultores de tres regiones geográficas de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.	48
Cuadro 2.3. Tiempos de siembra continua de lotes de semilla y destinos de la producción de poblaciones nativas de maíz cultivadas por agricultores de tres regiones geográficas de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.	51
Cuadro 2.4. Distribución de lotes de semilla entre los agricultores de las subregiones centro, oriente y poniente de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.	53
Cuadro 2.5. Causas de pérdida de lotes de semilla entre agricultores de tres subregiones geográficas de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO I.	
Figura 1.1. Dispersión de poblaciones de maíz, con base en los tres primeros componentes principales y su relación con las variables originales más importantes.	21
Figura 1.2. Clasificación de la variación morfológica de poblaciones nativas de maíz y testigos raciales y comerciales en el altiplano de Puebla, México.	23
CAPÍTULO II.	
Figura 2.1. Subregiones y municipios en los que se condujo el estudio.	44
Figura 2.2. Dispersión de agricultores en el plano de dos dimensiones principales del análisis de correspondencia múltiple, de acuerdo al sistema local de semillas (n= 193), en la región centro de Puebla y Tlaxcala.	57

INTRODUCCIÓN GENERAL

La mayor parte del alimento del mundo proviene de siete especies de gramíneas: trigo, arroz, centeno, avena, cebada, sorgo y maíz (Hipp, 2004). De acuerdo con Reyes (1990), el maíz junto con el trigo y el arroz, constituye uno de los recursos naturales renovables más relevantes en toda la historia de la humanidad, apenas igualada por el frijol. El cultivo del maíz tiene gran importancia en todos los órdenes de la vida humana, científica, tecnológica, social, económica y política. Ortega *et al.* (2011) apuntan que el maíz ha sido, junto con otras plantas cultivadas, el sustento capital de varias civilizaciones en Mesoamérica y gradualmente se ha convertido en el cereal de mayor trascendencia para la humanidad. Vázquez *et al.* (2011) agregan que en los albores de la civilización mesoamericana, el valor de este cereal fue más allá del alimenticio ya que formó parte fundamental de las prácticas religiosas, del pensamiento, poesía, literatura y enseñanza, entre otros aspectos.

En Mesoamérica, los indígenas domesticaron e iniciaron la selección del maíz, contribuyendo relevantemente a la formación de variedades y razas; así los agricultores las han conservado por siglos y los científicos las han estudiado y clasificado para su conservación, mantenimiento y mejoramiento (Reyes, 1990). Cabe mencionar que la diversidad generada a través del tiempo responde tanto a las condiciones de los numerosos nichos ecológicos existentes en nuestro país, como a las necesidades de uso de los campesinos (Muñoz, 2005; Ortega *et al.*, 2011).

En el proceso de dispersión del maíz, impactado por el ambiente y por la selección aplicada por los igualmente diversos grupos antiguos mesoamericanos, se han ido

formando razas definidas, con características propias, que a pesar del constante intercambio genético, han sido preservadas en cuanto a su identidad fenotípica por los agricultores (Ortega *et al.*, 2011).

Uno de los primeros conceptos de raza (en maíz) fue formulado por Anderson y Cutler, (1942), quienes la describieron como “un grupo de individuos relacionados, con suficientes características en común como para permitir su reconocimiento como tal”. Posteriormente, Hernández y Alanís (1977) la definieron como “una población con un conjunto sustancial de características en común que la distinguen como grupo y la diferencian de otras poblaciones, con capacidad de transmitir con fidelidad dichas características a las generaciones posteriores y que ocupa un área ecológica específica”. Con respecto a esta definición, Ortega (2003) señala que sería más correcto referirse a una raza como un conjunto de poblaciones en vez de una población, y argumenta al respecto. En seguimiento a lo anterior, en el presente documento se entenderá por población o variedad nativa al “conjunto de individuos que se reproducen en un ambiente local, aunque su origen evolutivo no sea la localidad o región donde actualmente se reproducen. Este grupo de individuos es el resultado de un proceso de selección empírica dirigida por el agricultor para satisfacer sus necesidades de consumo y para enfrentar sus particulares condiciones socioeconómicas y naturales de producción. Una de sus características es que presentan una amplia variación en su estructura genética, aunque esta variación no es aleatoria, sino que es el producto del proceso de selección natural y artificial que las originó” (López, 2011).

Según los trabajos de Wellhausen *et al.* (1951), los maíces nativos de México pueden ser agrupados en razas. Tales autores destacan que, considerando el país en conjunto,

México supera a cualquier otro país, en términos de la riqueza de sus razas y variedades de maíz. De acuerdo con Kato *et al.* (2010), el número de razas actualmente presentes en México oscila entre 41 y 65.

La diversidad del maíz en México no es estática; por el contrario, es una diversidad que está en constante cambio, con modificaciones que son favorecidas o desfavorecidas por el proceso de selección natural y artificial, a través de la intervención del hombre. Además de la selección, el flujo genético del germoplasma de maíz ha jugado un papel muy importante en la generación y conservación de la diversidad del maíz en México, a través de los sistemas informales de abastecimiento de semillas, los cuales han sido generados por los propios agricultores —principalmente tradicionales, minifundistas y temporaleros—. Estos sistemas tienen niveles de influencia variables en los diferentes ámbitos geográficos, y por lo general guardan escasas o nulas relaciones con los sistemas formales de abastecimiento de este insumo. El movimiento de semillas es muy dinámico entre las diferentes regiones y micro-regiones agrícolas, en México las principales razones para la siembra continua de semilla nativa están la fe, confianza, adaptación, fácil acceso, su origen nativo, la calidad de grano, la facilidad de venta regional y otros factores económicos asociados a costos y dificultades en el acceso a semilla mejorada (Guillén-Pérez *et al.*, 2002; Trueba, 2012).

En los estados de Puebla y Tlaxcala, ubicados en el altiplano central de México, la superficie destinada para la siembra del maíz en el año 2012 fue de 692,910.8 has, de las cuales el 90.5% se desarrolló bajo condiciones de temporal, la mayor producción de maíz en estas entidades la encabezan los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Cholula, Libres y Huamantla respectivamente, de manera particular en los municipios que forman

parte de estos DDR's se sembraron 120,215, de la cuales el 94.4 % se siembran bajo condiciones de temporal (SIAP, 2013). En esta área del altiplano se han conducido estudios que documentan la diversidad de los maíces nativos, los cuales tienen afinidad con las razas Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos y Cacahuacintle, y con la subraza Elotes Chalqueños (Alvarado 2010, Gil *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Hortelano *et al.*, 2012). Sin embargo, al presente, en el altiplano Poblano-Tlaxcalteca no se ha documentado el sistema local de abastecimiento de semillas.

La presente tesis está estructurada en cuatro capítulos, el primero corresponde a la Introducción General; el segundo contiene el escrito en formato de artículo científico que trata sobre la diversidad morfológica de los maíces nativos del altiplano central del estado de Puebla y parte del estado de Tlaxcala, el cual ya fue enviado para su publicación a una revista científica; el tercero contiene un artículo sobre intercambio local de semilla entre agricultores del altiplano central del estado de Puebla y Tlaxcala y finalmente un apartado de Conclusiones Generales de la investigación.

1. Problema de investigación

En los valles altos de los estados de Puebla y Tlaxcala el maíz es de gran importancia; en ellos la producción de este cultivo se realiza principalmente en condiciones de temporal, con la utilización mayoritaria de semilla de poblaciones criollas o nativas. Aunque hay estudios previos sobre la diversidad de las poblaciones nativas en estos valles, en ellos no se ha documentado el nivel de variación entre o dentro de grupos o conjuntos de poblaciones que reúnen ciertas similitudes entre ellas, ni el nivel de similitud de estas poblaciones con las razas reportadas para los valles altos en México. Tampoco se han descrito ni analizado los mecanismos que orientan el proceso de

conservación de germoplasma de maíz dentro del sistema local de intercambio de semillas que practican los agricultores en estos valles, ni cómo es que este sistema de intercambio interviene en la generación de diversidad entre las poblaciones nativas de maíz.

2. Objetivos

1) Identificar y analizar la variación intra-racial en las poblaciones de maíz nativo que tienen afinidad con las razas reportadas para los valles altos de los estados de Puebla y Tlaxcala, México.

2) Precisar y analizar el sistema local de abastecimiento de semillas presente entre los agricultores de los valles altos de los estados de Puebla y Tlaxcala, México.

3. Hipótesis

1) Existe variación entre y dentro de los grupos formados por poblaciones nativas de maíz relacionadas con las razas reportadas en los valle altos de los estados de Puebla y Tlaxcala, México.

2) El sistema local de abastecimiento de semillas es un sistema abierto con flujo de germoplasma dentro y entre las comunidades de los valles altos de los estados de Puebla y Tlaxcala, México.

4. Literatura Citada

- Alvarado B G (2010) Diversidad de maíces nativos en tres nichos ecológicos del altiplano Poblano-Tlaxcalteca. Tesis de grado de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 106 p.
- Anderson E, H C Cutler (1942) Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Missouri Botanical Garden 29(2): 69-88.
- Burgos M L A, J L Chávez S, J Ortiz C (2004) Variabilidad morfológica de maíces criollos de la Península de Yucatán. *In*: Chávez-Servia J L, J Tuxill, D I Jarvis (eds). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agrosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 18-25.
- Gil M A, P A López, A Muñoz O, H López S (2004) Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In*: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agrosistemas Tradicionales. Chávez-Servia J L, J Tuxill, D I Jarvis (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 58-66.
- Hipp A (2004) El maíz por dentro y por fuera. The Rosen Publishing Group. New York, N. Y. p 4.
- Hernández X E y F Alanís G (1970) Estudio morfológico de cinco razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México: Implicaciones filogenéticas y fitogeográficas. Agrociencia 5 (1): 3-30.

- Hortelano S R, A Gil M, A Santacruz V, S Miranda C, L Córdova T (2008) Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34:189-200.
- Hortelano S R, A Gil M, A Santacruz V, H López S, P A López, S Miranda C (20012) Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35 (2): 97-109.
- Kato Y T A, C Mapes S, L M Mera O, J A Serratos H, R A Bye B, (2009) Origen y Diversificación del Maíz, una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- López P A (2011) Introducción. *In:* Handal, S. A.; B Cantú M, O A Villarreal E B, P A López, L López R, A Cruz A, F Camacho R (eds.). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado.* Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, D. F. pp. 195-241
- Ortega C A, M J Guerrero H, O Cota A, R E Preciado O (2011) Situación actual de los maíces nativos y sus parientes silvestres en México. *In:* Preciado O R E, S Montes H (2011) *Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México.* Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. Chapingo Edo. De México. pp. 15-41.
- Ortega P R (2003) La diversidad del maíz en México. *In:* G Esteva y C Marielle (Coords.) *Sin maíz no hay país.* Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. México, D. F. pp. 123-154

Poehlman J M (1983) Mejoramiento Genético de las Cosechas. Editorial Limusa S. A. México D. F. 263 p.

Reyes C P (1990) El Maíz y su Cultivo. A. G. T. Editor. S. A. México D. F. 460 p.

Vázquez C M G, A Ortega C, M J Guerrero H, B Coutiño E (2011) Evaluación bioquímica e industrial de razas nativas de maíz de la región serrana de Sonora. *In: Preciado O R E, S Montes H (2011) Amplitud, Mejoramiento, Usos y Riesgos de la Diversidad Genética de Maíz en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. Chapingo Edo. De México. pp 97-142.*

Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X, P C Mangelsdorf (1951) Razas de Maíz en México: Su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.

CAPÍTULO I.

VARIACIÓN INTRA-RACIAL DE MAÍCES NATIVOS DEL ALTIPLANO DE PUEBLA, MÉXICO¹

1.1 Resumen

En el altiplano del estado de Puebla, México se ha estudiado la diversidad existente en poblaciones nativas de maíz a través de la asociación de éstas con alguna de las razas reportadas para valles altos; sin embargo, la variación de las poblaciones dentro de esas razas ha sido poco estudiada. El objetivo del estudio fue caracterizar morfológicamente a poblaciones de maíces nativos del altiplano del estado de Puebla y definir las relaciones existentes entre y dentro de las razas a las que pertenecen. En 2012 se evaluaron 41 poblaciones nativas de maíz procedentes de las regiones de los valles de Serdán, Libres-Huamantla y Puebla; se incluyeron 19 testigos raciales, dos testigos comerciales y dos variedades experimentales. Se registraron 40 variables morfológicas y se aplicó un análisis de varianza, además de técnicas multivariadas como el análisis de componentes principales y de conglomerados. Se detectaron diferencias estadísticas entre poblaciones para la mayoría de las variables, lo que se considera un indicador de diversidad. Las poblaciones nativas se asociaron con las razas Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos y sub-raza Elotes Chalqueños, y se identificó variación dentro de los grupos resultantes, lo que sugiere que el ambiente y el proceso dinámico de selección de los agricultores, favorecen una variación entre y dentro de grupos representativos de las razas en esta zona.

Palabras clave: Diversidad Intra-racial, Poblaciones nativas, Raza, Variación morfológica.

¹ Enviado para su publicación como artículo científico a la Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de Cuyo, en Argentina.

1.2 Abstract

Diversity among native maize populations in the highlands of the state of Puebla, Mexico has been studied through the association of those populations with some of the reported maize races; however, population variation within races has been little studied. The aim of the study was to characterize morphologically populations of native maize from the highlands of the state of Puebla and to define relationships among and within races to which they belong. In 2012, 41 native maize populations from the valleys of Serdan, Libres-Huamantla and Puebla were evaluated; 19 representative-race populations, two commercial and two experimental populations were included as controls in the trials. Forty morphological variables were recorded and an analysis of variance was applied, as well as multivariate techniques such as principal component and cluster analyses. Statistical differences among populations for most of the variables were detected and it is considered as an indicator of diversity. Native maize populations were associated with Chalqueño, Conico, and Elotes Conicos races and sub-race Elotes Chalqueños, variation among and within groups was identified, suggesting that the environment and the dynamic process of selection from the farmers on native maize populations, support an important variation among and within groups representative of the maize races in this area.

Keywords: Intra-racial diversity, morphological variation, native populations, race.

1.3 Introducción

El maíz es uno de los cereales de mayor importancia en la alimentación humana; en México constituye el alimento básico en la dieta de la población, sobre todo de los estratos con menores ingresos económicos. Según cifras del SIAP (44), durante el 2012 se produjeron poco más de 22 millones de toneladas de maíz a nivel nacional, de las cuales el 57.6 % se produjo en las zonas temporaleras; en el estado de Puebla el volumen de producción fue cercano a un millón de toneladas y el 79,5 % se obtuvo bajo temporal, principalmente en los Distritos de Desarrollo Rural de Libres y Cholula.

Castillo *et al.* (5) apuntan que la mayor parte de la diversidad de maíz nativo se encuentra en los campos de los agricultores debido, entre otros factores, a que en México las variedades mejoradas se siembran en sólo el 15 % del área destinada a este cultivo, particularmente en las partes altas y en los estados del sur del país, donde predominan las poblaciones nativas o autóctonas. Perales *et al.* (38) señalan que el conocimiento de variedades modernas y tradicionales es común entre los productores de maíz; no obstante, en el altiplano de México es conocido el uso preponderante de materiales nativos, aunque son pocos los estudios orientados a explicar esa preferencia.

Chávez *et al.* (8) señalan que las poblaciones de maíz cultivadas por los pequeños agricultores son altamente dinámicas, debido a diversos factores de manejo y del ambiente, tales como la recombinación genética por el flujo de polen entre poblaciones vecinas y el movimiento de semilla entre agricultores mediante el intercambio, ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones apartadas; además, la intervención del

hombre a través del manejo agronómico ha favorecido la amplia adaptación de las diferentes razas y variedades de maíz en México (40).

Anderson y Cutler (1) se refieren a la categoría de “raza” como “un grupo de individuos relacionados, con suficientes características en común como para permitir su reconocimiento como tal”, y las poblaciones de una raza deben tener un número significativo de características y genes en común. Según los trabajos de Wellhausen *et al.* (45) los maíces nativos de México pueden agruparse en razas y destacan que México supera a cualquier otro país en términos de la riqueza de sus razas y variedades nativas de maíz.

De acuerdo con Kato *et al.* (23), el número de razas en México oscila entre 41 y 65, de las cuales destacan las razas Cónico, Elotes Cónicos, Chalqueño y Cacahuacintle, por su importancia económica para la Mesa Central (45), o de las tierras altas centrales (41), reportándose variantes inter-raciales como la sub-raza Elotes Chalqueños, caracterizada por predominar el grano pigmentado (18). La variación inter e intra-racial, no es una variación discreta y debe considerarse como una variación de tipo continuo ya que no es posible establecer claramente límites de variación entre las poblaciones nativas de maíz las cuales, de acuerdo con López *et al.* (26), pueden definirse como un conjunto de individuos que se reproducen en un ambiente local, aunque su origen evolutivo no sea la localidad o región donde actualmente se reproducen. Este grupo de individuos es el resultado, en parte, de un proceso de selección dirigida por el agricultor para satisfacer sus necesidades de consumo y representan opciones para enfrentar sus particulares condiciones socioeconómicas y naturales de producción. Estas poblaciones son diferentes y distinguibles unas de otras por lo que es posible precisar su identidad en

términos agromorfológicos y genéticos. Una característica particular es que presentan una amplia variación en su estructura genética poblacional, aunque esta variación no es aleatoria, sino que es el producto de procesos de selección natural y artificial operados por los agricultores. La caracterización de las poblaciones nativas de maíz a través de la medición y análisis de las características morfológicas y fenológicas ha demostrado ser una técnica útil y confiable para estudiar la diversidad existente entre razas de maíz (41, 45), dentro de razas (18,19) y entre poblaciones nativas de regiones específicas (20, 21, 35).

En el centro del estado de Puebla, en los Valles de Serdán, Libres y Puebla, estudios previos han evidenciado que las poblaciones nativas de maíz poseen caracteres similares a las descritas en poblaciones típicas de las razas Chalqueño y Cónico (2, 20, 21); sin llegar a establecer claramente el grado de correspondencia o similitud de las poblaciones nativas con las razas reportadas ni las relaciones entre esas poblaciones nativas. Con base en lo anterior y para orientar la selección de poblaciones nativas sobresalientes y favorecer la conservación *in situ* de las razas de maíz representadas, el objetivo en la presente investigación fue identificar el nivel de variación de poblaciones de maíces nativos en la región centro, en el altiplano del estado de Puebla.

1.4 Materiales y métodos

1.4.1 Ubicación geográfica del área de estudio

Como parte de la actividad de conservación de razas de maíz *in situ*, adoptada por el Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI), y con base en estudios previos (20, 21), se organizó una colecta de

germoplasma entre 2009 y 2010 en el altiplano del estado de Puebla, México, en los valles de Serdán (18°59'51" y 19°20'39" LN, 097°21'12" y 097°33'38" LO, altitud de 2405 a 2991 msnm), Libres-Huamantla (19°11'27" y 19°37'09"LN, 097°40'22" y 097°55'12" LO, altitud de 2345 a 2517 msnm) y Puebla (19°06'22" y 19°17'31" LN, 097°58'27" y 098°33'44"LO, altitud de 2209 a 2591 msnm) (23). En los valles de Serdán y Libres-Huamantla predominan los suelos regosol y litosol, y prevalecen tres tipos de clima: el templado subhúmedo, semifrío subhúmedo y semiseco templado con lluvias en verano. En el valle de Puebla predominan los suelos regosol, fluvisol y cambisol y los climas templado subhúmedo y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (22).

1.4.2 Material genético

Se evaluaron y caracterizaron 41 poblaciones nativas de maíz, procedentes de 23 localidades del área de estudio (Cuadro 1.1). Se incluyeron 19 poblaciones como testigos raciales: cinco típicas de la raza Chalqueño, cuatro de Cónico, dos de Cacahuacintle, cuatro de Palomero Toluqueño y dos de Elotes Cónicos; se incluyeron dos testigos comerciales: H-40 y Sintético Serdán y dos poblaciones experimentales del Sintético Serdán: SSC1 y SSC2, con características similares a la raza Chalqueño.

Cuadro 1.1. Información de las 41 poblaciones nativas de maíz estudiadas en el altiplano del estado de Puebla, 2012.

Código	Municipio	Localidad	Color	Raza
<i>Región Valle de Serdán (S)</i>				
SAL210A6	Aljojuca (A)	San Antonio Jalapasco (L)	Azul (A)	Ch
SAL283B6	Aljojuca (A)	San Antonio Jalapasco (L)	Blanco (B)	Ch
Say628B4	San Juan Atenco (a)	Santa Cruz Coyotepec (y)	Blanco (B)	ChxEh
SaK629B4	San Juan Atenco (a)	San Juan Atenco (K)	Blanco (B)	Ch
STe632B6	Tlachichuca (T)	Santa Cecilia Tepetitlán (e)	Blanco (B)	Ch
STe423C6	Tlachichuca (T)	Santa Cecilia Tepetitlan (e)	Crema (C)	Ch
STf634B6	Tlachichuca (T)	San Francisco Independencia (f)	Blanco (B)	Ch
STf635B6	Tlachichuca (T)	San Francisco Independencia (f)	Blanco (B)	Ch
STG633B6	Tlachichuca (T)	San Miguel Zoapan (G)	Blanco (B)	Ch
STj644A4	Tlachichuca (T)	José María Morelos (j)	Azul (A)	Eh
STj630B4	Tlachichuca (T)	José María Morelos (j)	Blanco	Ch
STu643A6	Tlachichuca (T)	Tlachichuca (u)	Azul (A)	Eh
STu642A6	Tlachichuca (T)	Tlachichuca (u)	Azul (A)	Eh
STu631B6	Tlachichuca (T)	Tlachichuca (u)	Blanco (B)	Ch
SVx404C4	Guadalupe Victoria (V)	San Luis Atexcac (x)	Crema (C)	Ch
<i>Región Valle de Puebla (P)</i>				
PES641A6	Acajete (E)	Nuestra Señora del Monte (S)	Azul (A)	Eh
PES626B6	Acajete (E)	Nuestra Señora del Monte (S)	Blanco (B)	Ch
PES627B6	Acajete (E)	Nuestra Señora del Monte (S)	Blanco (B)	Ch
PFM622B7	San Felipe Teotlalcingo (F)	San Matías Atzala (M)	Blanco (B)	Me
Phg639A4	Huejotzingo (h)	San Miguel Tianguizolco (g)	Azul (A)	Ec
Phg1A4	Huejotzingo (h)	San Miguel Tianguizolco (g)	Azul (A)	Ec
Phg3A4	Huejotzingo (h)	San Miguel Tianguizolco (g)	Azul (A)	Ec
Phg645R4	Huejotzingo (h)	San Miguel Tianguizolco (g)	Rojo (R)	Ec
Phg2R4	Huejotzingo (h)	San Miguel Tianguizolco (g)	Rojo (R)	Ec
Phm623B6	Huejotzingo (h)	San Mateo Capultitlán (m)	Blanco (B)	Ch
PJz651A4	Juan C. Bonilla (J)	Santa María Zacatepec (z)	Azul (A)	Eh
PJz524B6	Juan C. Bonilla (J)	Santa María Zacatepec (z)	Blanco (B)	Ch
PPn640A7	Puebla (P)	La Resurrección (n)	Azul (A)	Ec
PPQ625B7	Puebla (P)	San Miguel Canoa (a)	Blanco (B)	ChxCo
PPn648P7	Puebla (P)	La Resurrección (n)	Pinto (P)	Ec
PPn646R7	Puebla (P)	La Resurrección (n)	Rojo (R)	Eh
PRr638A4	San Lorenzo Chiauizingo (R)	San Lorenzo Chiauizingo (r)	Azul (A)	Eh
Pti636A6	Santa Rita Tlahuapan (t)	San Rafael Ixtapalucan (i)	Azul (A)	Eh
Pti637A6	Santa Rita Tlahuapan (t)	San Rafael Ixtapalucan (i)	Azul (A)	Eh
Pti621B4	Santa Rita Tlahuapan (t)	San Rafael Ixtapalucan (i)	Blanco (B)	ChxCo
Pti647R4	Santa Rita Tlahuapan (t)	San Rafael Ixtapalucan (i)	Rojo (R)	Ec
<i>Región Libres-Huamantla (L)</i>				
LcO149B4	San José Chiapa (c)	San José Ozumba (O)	Blanco (B)	Ch
LCX49M4	Cuyoaco (C)	Tenextla (X)	Amarillo (M)	Ch
LHZ356M4	Huamantla (H)	Ignacio Zaragoza (Z)	Azul (A)	Ch
LNI166A4	Nopalucan (N)	Santa María Ixtiyucan (I)	Azul (A)	Ch
LYU327C4	Altzayanca (Y)	Loma de Junguito (U)	Crema (Cr)	Ch

El código contiene la información relativa a cada accesión en el siguiente orden: región-municipio-localidad-número de accesión-color de grano-grupo de pertenencia. Razas: Ch= Chalqueño; C= Cónico; Eh= Elotes Chalqueños; Ec= Elotes Cónicos; Me= Influencia de mejorados.

1.4.3 Diseño experimental, manejo agronómico y variables evaluadas

El diseño empleado fue un látice 8x8 con tres repeticiones (9). La unidad experimental consistió de dos surcos de cinco metros de largo por 85 cm de ancho, con 11 matas por surco, espaciadas cada 50 cm y con dos plantas por mata. Los experimentos se sembraron en San Francisco Independencia (LOC 1, 19°04'08"L N, 097°25'49" LO, 2660 msnm), Acajete (LOC 2, 19°08'30"L N, 097°57'27" LO, 2602 msnm) y Santa María Zacatepec (LOC 3, 19°07'24" LN, 098°21'55" LO, 2209 msnm), en el estado de Puebla, México, el 21 y 31 de marzo y 3 de mayo del 2012, respectivamente.

Se emplearon dos fórmulas de fertilización: 150-60-00 (N-P-K) para los experimentos de San Francisco Independencia y Acajete, y 150-60-60 para el de Santa María Zacatepec. En los primeros casos, en la primera labor se aplicó un tercio del nitrógeno (N) y todo el fósforo (P) y en el tercer caso un tercio del N todo el P y potasio (K). El resto del N se aplicó en la segunda labor en las tres localidades. Todas las prácticas de cultivo se realizaron de acuerdo con el manejo del agricultor.

Se midieron dos variables fenológicas y 26 morfológicas que incluyeron variables vegetativas, de espiga, mazorca, grano y se calcularon 12 índices (Cuadro 1.2). En el caso de las variables fenológicas, los datos se registraron por unidad experimental, mientras que para las variables restantes se muestrearon cinco plantas con competencia completa, marcadas después de la floración femenina. Mayores detalles sobre medición de variables puede consultarse en diversos estudios (19, 20, 32, 42).

Cuadro 1.2. Variables fenológicas y morfológicas registradas.

Variable	Descripción	Variable	Descripción
<i>Fenológicas</i>		<i>Grano</i>	
DFM	Días a 50% de floración masculina	LARGR	Largo de grano, en cm
DFF	Días a 50% de floración femenina	ANGR	Ancho de grano, en cm
<i>Vegetativas</i>		GRGR	Grosor de grano, en cm
HJARR	Hojas arriba de la mazorca	VOLGR	Volumen de grano, en cm ³
HJAB	Hojas debajo de la mazorca	P100GRA	Peso de 100 granos, en g
LHOJA	Longitud de hoja, en cm	PHECT	Peso hectolítrico
ANHOJA	Ancho de hoja, en cm	<i>Índices calculados</i>	
AREA	Área Foliar, en cm ²	IHARR_HAB	Índice IHARR/HAB
ALP	Altura de planta, en cm	IAH_LH	Índice IAH/LH
ALMZ	Altura de Mazorca, en cm	IAM_APL	Índice IAM/APL
<i>Espiga</i>		ILP_LTES	Índice LP/LTES
LTES	Longitud total de espiga, en cm	IPR_LTES	Índice PR/LTES
LPED	Longitud de pedúnculo, en cm	ILRC_LTES	Índice LRC/LTES
LPR	Longitud de la parte ramificada, en cm	IAP_LTES	Índice AP/LTES
LRC	Longitud de la rama central, en cm	IAPLTES_LTES	Índice APLTES/LES
RAMPRIM	Ramificaciones primarias	IDMZ_LMZ	Índice DMZ/LMZ
RAMSEC	Ramificaciones secundarias	IHIL_DMZ	Índice IHIL/DMZ
PMS	Porcentaje de materia seca del grano	IPLYAGR	Índice PLYAGR
LPEDM	Longitud de pedúnculo de mazorca, en cm	IGGR_LGR	Índice GGR/LGR
<i>Mazorca</i>			
LMZ	Longitud de mazorca, en cm		
DIAMMZ	Diámetro de mazorca, en cm		
NHIL	Número de hileras de grano		
PGRHIL	Promedio de granos por hilera		
DIAMOLO	Diámetro de olote, en cm		

1.4.6 Análisis estadístico

Con la información obtenida en tres localidades se realizó un análisis de varianza combinado (30). Posteriormente, y para precisar las variables a emplear en el análisis multivariado, se escogieron aquellas que presentaron diferencias ($p < 0.05$) entre poblaciones, se calculó la matriz de correlaciones de Pearson y se procedió a descartar aquellas variables con valores altos de correlación ($r > 0.7$). Finalmente se seleccionaron

16 variables y con sus promedios se realizó el análisis de componentes principales aquí presentado. Se calculó la matriz de distancias euclidianas y se realizó un análisis de conglomerados, aplicando el método de agrupamiento de mínima varianza entre grupos (Ward) y se construyó el dendrograma correspondiente. Todos los análisis se llevaron a cabo con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (43).

1.5 Resultados y discusión

1.5.1 Análisis de varianza combinado

Se encontraron diferencias estadísticas entre “Poblaciones” ($p \leq 0.01$) en 39 de 40 variables e índices (Cuadro 1.3). Entre “Localidades” hubo diferencias estadísticas en 35 ($p \leq 0.01$) y tres variables e índices ($p \leq 0.05$). Finalmente, sólo en 16 variables e índices existió significancia estadística ($p \leq 0.01$ y $p \leq 0.05$) para la interacción “Poblaciones×Localidades”. Como ha sido señalado por otros autores (3, 18, 20, 27, 32), las diferencias entre poblaciones indican que existe gran variación morfológica entre los genotipos evaluados y esa variación permite describir y clasificar a las poblaciones nativas en grupos distinguibles, así como las relaciones fenéticas dentro y entre grupos (13, 33). Las diferencias entre localidades denotan que la expresión de las características morfológicas de los genotipos es afectada por el ambiente, el que influye sobre la fisiología y fenología de la planta (31), afectando la expresión del fenotipo (12), evidenciando la plasticidad fenotípica (10). La no significancia de la interacción en diferentes variables demuestra que los ambientes afectaron de manera similar a esas características, las que son útiles en estudios de caracterización ya que no son afectadas cuando se cambia de ambiente de evaluación (19, 42).

Cuadro 1.3. Significancia estadística de cuadrados medios del análisis de varianza combinado de 40 variables morfológicas medidas en 64 poblaciones de maíz, en el altiplano de Puebla, México, 2012.

Variables	Fuentes de variación			Cuadrado medio del	C.V. (%)
	Poblaciones (P)	Localidades (L)	P×L		
DFM	272,791 **	56297,974 **	35,521 **	20,0770	3,94
DFF	360,793 **	86902,537 **	62,029 **	42,6280	5,40
HJARR	0,582 **	12,799 **	0,258 ns	0,2445	13,52
HJAB	4,054 **	19,055 **	0,405 ns	0,3794	7,89
LHOJA	167,496 **	27738,225 **	62,964 **	36,9206	8,15
ANHOJA	3,613 **	281,907 **	0,405 ns	0,5084	8,01
AREA	30420,012 **	4180714,832 **	5231,163 ns	4260,6800	12,85
ALP	3395,50 **	608055,109 **	601,167 ns	521,7690	9,63
ALMZ	3080,546 **	330394,707 **	392,936 ns	356,7730	13,92
LTES	69,644 **	2512,425 **	30,824 *	22,2288	6,92
LPED	18,174 **	388,669 **	9,726 *	7,0265	9,33
LPR	15,094 **	772,646 **	3,495 ns	3,0230	26,96
LRC	29,473 **	136,318 **	14,732 **	9,4239	9,04
RAMPRIM	21,891 **	529,340 **	3,819 ns	4,4957	35,37
RAMSEC	0,388 **	35,167**	0,221 **	0,1546	65,54
PMS	0,025 **	0,108 **	0,004 **	0,0025	6,01
LPEDM	13,763 ns	12,171**	588,060 **	7,1070	16,29
LMZ	4,445 **	59,299 **	1,773 **	1,0396	6,92
DIAMMZ	0,724 **	12,219 **	0,057 ns	0,0484	4,48
NHIL	12,046 **	127,651 **	1,198 ns	1,0744	7,13
PGRHIL	25,912 **	1137,127 **	7,149 *	5,1766	8,06
DIAMOLO	0,429 **	2,683 **	0,106 ns	0,1102	13,72
LARGR	0,096 **	0,697 **	0,010 **	0,0057	4,74
ANGR	0,062 **	0,065 **	0,002 ns	0,0015	4,63
GRGR	0,009 **	0,089 **	0,001 ns	0,0007	5,90
VOLGR	0,119 **	0,075 **	0,004 ns	0,0034	9,42
P100GRA	346,923 **	0,427 ns	22,137 **	13,4123	8,63
PHECT	3975,319 *	3528,981 *	2328,153 **	850,6991	8,33
IHARR_HAB	0,022 **	0,047 **	0,005 ns	0,0052	15,21
IAH_LH	0,001 **	0,009 **	0,001 ns	0,0001	8,88
IAM_APL	0,013 **	0,448 **	0,002 ns	0,0019	7,84
IAP_LTES	0,006 **	0,774 **	0,002 *	0,0015	12,76
IAPLTES_LTES	0,002 **	0,255 **	0,001 ns	0,0004	9,21
ILP_LTES	0,003 **	0,004 *	0,002 ns	0,0013	8,59
IPR_LTES	0,003 **	0,127 **	0,001 ns	0,0007	27,93
ILRC_LTES	0,003 **	0,036 **	0,002 ns	0,0018	8,54
IDMZ_LMZ	0,002 **	0,004 *	0,001 ns	0,0007	7,94
IHIL_DMZ	0,724 **	0,022 ns	0,056 ns	0,0429	6,95
IPLYAGR	0,031 **	0,206 **	0,001 ns	0,0009	5,86
IGGR_LGR	0,007 **	0,119 **	0,001 **	0,0005	8,15

Grados de libertad: Poblaciones=63; Localidades=2; Poblaciones×Localidades=126; Error=315. **=diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$); *=diferencias significativas ($p \leq 0.05$); ns= diferencias no significativas. Las variables en negritas fueron incluidas en el análisis multivariado.

1.5.2 Análisis de componentes principales

Los tres primeros componentes principales (CP) explicaron 59,2 % de la variación total (Figura 1.1). El primer CP se asoció de manera positiva con días a floración, longitud y diámetro de mazorca y de manera negativa con peso de materia seca del grano, diferenciando a poblaciones tardías y con mayor longitud y diámetro de mazorca. El segundo CP se relacionó de forma positiva con número de hojas arriba de la mazorca, diámetro de olote y relación entre longitud de la rama central y longitud de la espiga, de manera negativa se asoció con relación de altura de mazorca y de planta, siendo útil para identificar a poblaciones con más hojas arriba de la mazorca y olote más grueso, pero con baja altura de mazorca en relación a la altura total de la planta. El tercer CP estuvo relacionado positivamente con la relación del número de hileras respecto al diámetro de mazorca y de forma negativa con longitud total y del pedúnculo de la espiga y con la relación del grosor y largo del grano, ayudando a diferenciar poblaciones con una mayor densidad de hileras de grano en la mazorca, con menor longitud total y del pedúnculo de la espiga y con grano menos redondo (Figura 1.1). Algunas de las variables que influyeron sobre los tres primeros CP coinciden con las identificadas por otros autores (4, 18, 20, 21, 32), por lo que constituyen un conjunto de variables útiles para definir y clasificar la diversidad entre poblaciones nativas dentro de razas (19).

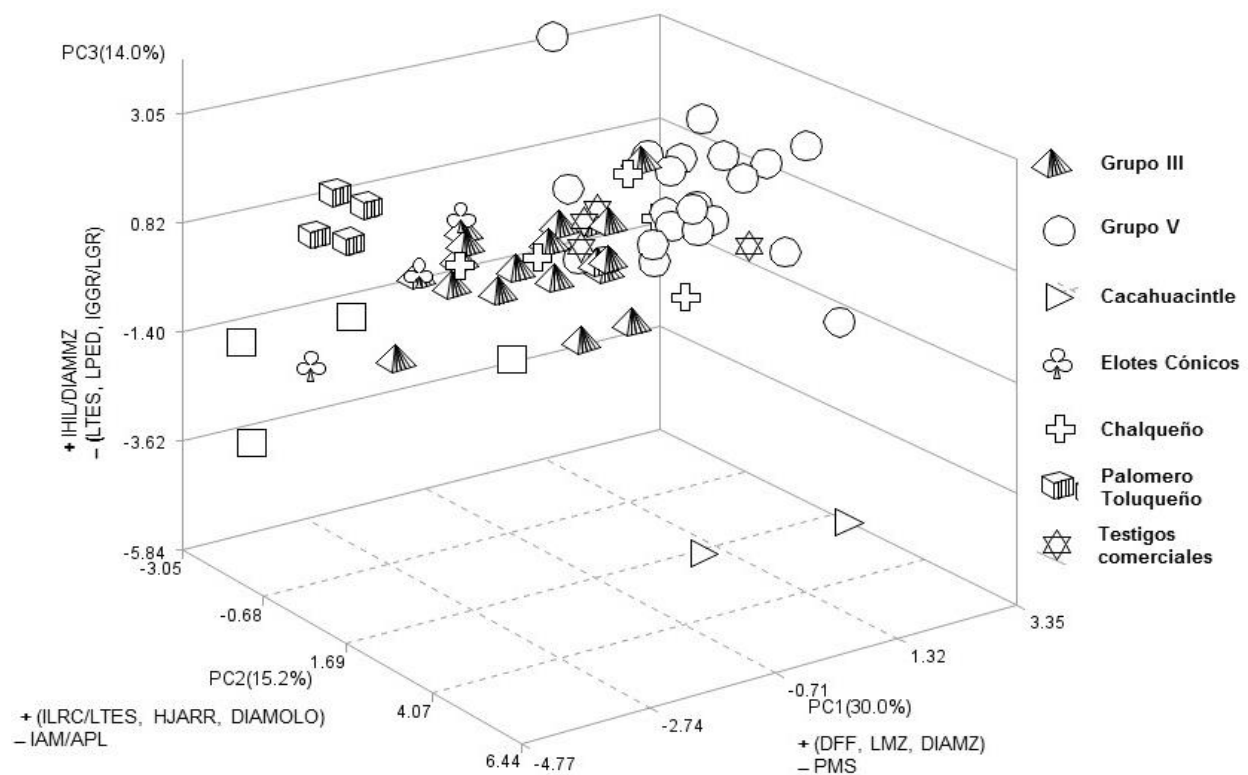


Figura 1.1. Dispersión de poblaciones de maíz, con base en los tres primeros componentes principales y su relación con las variables originales más importantes.

1.5.3 Análisis de conglomerados

En la Figura 2.1 se observa que a una distancia de corte de 0.1 unidades se forman dos grandes conjuntos de poblaciones (A y B); mientras que a un corte de 0.05 unidades se identifican cinco grupos distribuidos dentro de los conjuntos mencionados. El conjunto A se formó con los grupos I y II, los que incluyeron al híbrido comercial y a poblaciones típicas raciales de Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos y Palomero Toluqueño. En el conjunto B se agruparon las poblaciones nativas, distribuidas en los grupos III y V, con

representantes de las razas Chalqueño, Cónico y Elotes Cónicos, así como un testigo comercial y dos experimentales (tipo Chalqueño); este conjunto también incluyó al grupo IV, formado con dos poblaciones de la raza Cacahuacintle. Lo anterior demuestra que las características fenológicas y morfológicas son útiles para identificar el patrón de variación *in situ* de poblaciones de maíz nativas e introducidas, como lo han evidenciado diferentes autores, separando además a los materiales nativos de los introducidos, como consecuencia de la adaptación diferencial de cada grupo de poblaciones a las condiciones ambientales de las regiones de estudio (2, 20, 27, 32, 38).

El grupo III se integró con 26 poblaciones en total: 19 nativas provenientes de Serdán (26,3%), Puebla (47,4%) y Libres (26,3%), tres testigos raciales (Chalqueño, Cónico y Elotes Cónicos), un testigo comercial y dos variedades experimentales, estas tres últimas tipo Chalqueño. En cuanto a color de grano, las poblaciones de este grupo fueron de grano blanco (44%), azul (28%), rojo (12%), crema (8%) y morado (8%). El grupo V se formó con 24 poblaciones en total: 22 nativas con origen en Serdán (45,5%) y Puebla (54,5) y únicamente dos testigos de la raza Chalqueño. El color de grano dentro de este grupo se distribuyó de la siguiente forma: blanco (58,3%), azul (29,1%), crema, rojo y pinto con una población por cada color (12,6% en total).

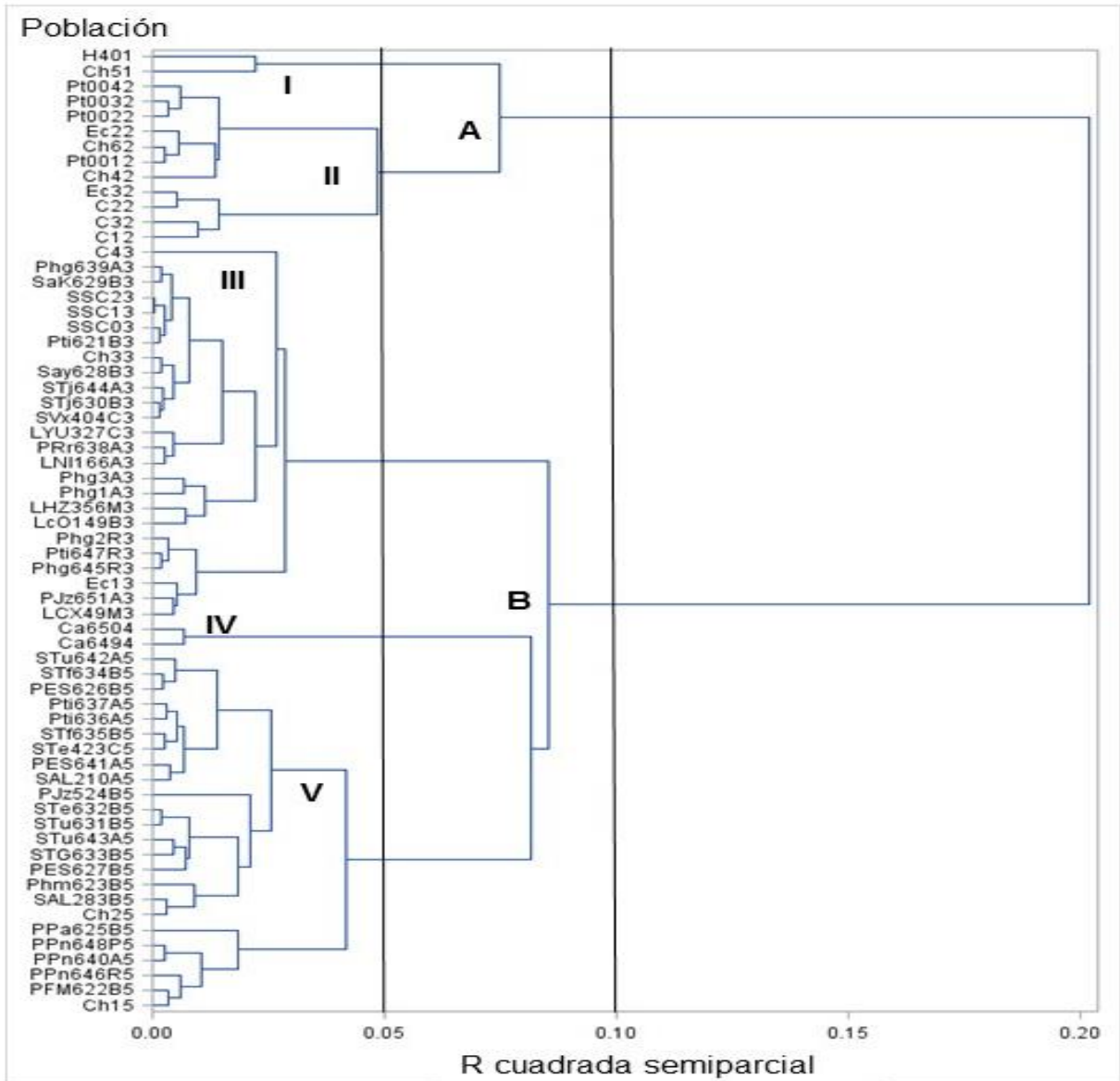


Figura 1.2. Clasificación de la variación morfológica de poblaciones nativas de maíz y testigos raciales y comerciales en el altiplano de Puebla, México. Códigos poblaciones en cuadro 1. Razas: Ca = Cacahuacintle Ch = Chalqueño, C= Cónico, Ec = Elotes Cónicos, Pt = Palomero Toluqueño.

El color blanco de grano fue predominante en los grupos III y V, coincidiendo con lo reportado por otros autores (2, 20); es de hacer notar que las poblaciones con maíces pigmentados del grupo III guardan relación con la raza Elotes Cónicos, principalmente por su precocidad, mientras que las de grano de color del grupo V son afines a la raza Chalqueño, y por la pigmentación del grano pueden considerarse como pertenecientes

a la sub-raza Elotes Chalqueños. Los resultados aquí reportados coinciden con la variación reportada para diferentes regiones del estado de Puebla (15), para el valle de Puebla (21) y para las regiones de Serdán y Libres (14), reafirmando que en estas regiones, como en muchas otras zonas temporaleras de México, existe variación entre los maíces nativos; variación que ha sido generada por los agricultores a lo largo del tiempo, creando los patrones varietales (34), los que responden a las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrollan los cultivos. Otro aspecto a resaltar es que en las tres regiones de estudio se encuentran poblaciones nativas relacionadas con las razas reportadas para valles altos, lo que sugiere un intenso intercambio de germoplasma entre los agricultores de esas regiones, e incluso de regiones distantes, como ha sido reportado para otras zonas (7, 29, 32, 38, 39); sin embargo, las poblaciones nativas relacionadas con Elotes Cónicos tienen su origen exclusivamente en la región de Libres.

Con base en la información del Cuadro 1.4, los conjuntos A y B difieren en la mayoría de las características, siendo las poblaciones del conjunto B más tardías, con mazorcas más largas y anchas, al igual que el olote y con la mazorca principal ubicada más arriba de la mitad de la altura total de planta, con grano más plano.

El grupo I se formó con poblaciones intermedias y espigas relativamente cortas, pero con un mayor número de hojas arriba de la mazorca; mazorca y olote son intermedias en sus dimensiones y la mazorca se ubica por debajo de la parte media de la planta, mientras que la rama central de la espiga es mayor que la parte media de la longitud total de la espiga y el grano es intermedio en cuanto a redondez. El grupo II contó con las poblaciones más precoces, con espiga corta pero pedúnculo largo, pocas hojas arriba

de la mazorca y con dimensiones intermedias a cortas en la mazorca, olote más delgado; la mazorca se ubica en la mitad superior de la planta y la rama central de la espiga es la mitad de la longitud total de la misma; el grano es plano. En el grupo III se encontraron poblaciones intermedias en cuanto a precocidad, con longitud de la espiga intermedia pero el pedúnculo de la misma es largo, pocas hojas arriba de la mazorca, con longitud y diámetro de la mazorca intermedios, pero con olote delgado; la mazorca se ubica arriba de la mitad de la altura total de la planta y la rama central de la espiga es la mitad de la longitud total de la misma, el grano es el más plano y de color variable, blanco y pigmentado. El grupo IV se formó con poblaciones precoces y con espigas largas, con pocas hojas arriba de la mazorca y con mazorcas y oletes largos y anchos; la mazorca se ubica casi a la mitad de la altura total de la planta y la rama central de la espiga es un poco más larga que la mitad de la longitud total de ésta; el grano es el más redondo y blanco. En el grupo V se concentraron las poblaciones más tardías, espigas largas, pocas hojas arriba de la mazorca, mazorcas largas y anchas y olote más delgado, la mazorca se ubica arriba de la mitad de la altura total de la planta y la rama central de la espiga es la mitad de la longitud total de la misma, el grano plano y se presentan colores blancos y pigmentados.

Cuadro 1.4. Promedios por grupo de poblaciones para las variables morfológicas que presentaron mayor asociación con los tres primeros componentes principales.

Variables descriptivas	Conjunto		Grupos				
	A	B	I	II	III	IV	V
DFF	114,9b	122,6a	124,7ab	113,1c	118,3bc	115,6c	127,6a
LTES	64,3b	69,1a	62,4c	64,6bc	68,3ab	71,9a	69,7a
LPED	27,7a	28,5a	24,8b	28,3a	28,6a	30,6a	28,3a
HJARR	3,6a	3,7a	4,5a	3,4b	3,6b	3,7b	3,7b
PMS	0,90a	0,81b	0,87ab	0,90a	0,84b	0,85ab	0,77c
LMZ	13,7b	15,0a	14,5ab	13,6b	14,6ab	15,3a	15,4a
DIAMMZ	4,3b	5,0a	4,7ab	4,3c	4,9ab	5,2a	5,2a
DIAMOLO	2,3b	2,5a	2,7ab	2,2c	2,3bc	3,0a	2,5bc
IAM_APL	0,52b	0,57a	0,47c	0,53b	0,56ab	0,51bc	0,59a
ILRC_LTES	0,50a	0,50a	0,54a	0,50b	0,50b	0,52ab	0,50b
IGGR_LGR	0,30a	0,28b	0,35b	0,29c	0,27c	0,41a	0,28c

Medias con la misma letra en hileras, entre conjuntos y entre grupos, no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Las diferencias entre los conjuntos A y B denota una clara diferenciación a nivel morfológico de los materiales introducidos respecto a las poblaciones nativas, como ha sido observado por otros autores en otras regiones (6, 32). Se ha señalado que las poblaciones nativas tienen una adaptación más específica al ambiente local, seguramente por el proceso de selección a que han sido sometidas durante su cultivo por parte de los agricultores (20, 34).

Los análisis de componentes principales y de conglomerados coincidieron en la estructura de variación identificada. Los materiales más precoces se concentraron en el grupo II, formado con testigos raciales de Palomero Toluqueño, Cónico, Elotes Cónicos y Chalqueños, confirmando las descripciones para las tres primeras razas, según lo propuesto por Wellhausen *et al.* (45) y corroboradas por diversos autores (34, 35, 36, 37). El grupo IV, formado con poblaciones de la raza Cacahuacintle, se distinguió

claramente del resto de las poblaciones, por sus características particulares, principalmente en tipo de mazorca y grano (16, 17). El grupo III, formado con poblaciones relacionadas con las razas Cónico y Elotes Cónicos, se distinguió por su ciclo precoz y por la presencia de grano pigmentado. Finalmente, el grupo V, que incluyó poblaciones relacionadas con las razas Chalqueño y sub-raza Elotes Chalqueños, fue el más tardío, con mazorcas largas y gruesas, y granos pigmentados; este comportamiento concuerda con lo reportado para estas razas en diferentes regiones del altiplano de México (20, 21, 34, 35, 39, 45).

Las diferencias en precocidad entre las poblaciones nativas se relaciona con el hecho de que los productores realizan selección para las variantes de condiciones ambientales de su región, siendo así que en ambientes favorables se cultivan poblaciones tardías (tipo Chalqueño), en los ambientes intermedios se cultivan poblaciones de ciclo intermedio y en los ambientes restrictivos se siembran los materiales precoces (tipo Cónicos y Elotes Cónicos), esto coincide con lo reportado por otros autores para valles altos (4, 18, 20, 25).

Por lo anterior, es posible concluir que las poblaciones nativas del altiplano del estado de Puebla guardan relación con las razas reportadas como abundantes en la región, pero no existe un patrón de agrupamiento con base en su origen geográfico, como ha sido reportado en otras áreas (11). Esto es, que en toda el área explorada pueden encontrarse conviviendo poblaciones pertenecientes a las diferentes razas (Chalqueño, Cónico, Cacahuacintle, etc.). Una posible explicación de ello puede ser el intercambio de semilla que puede presentarse entre regiones agrícolas vecinas, como lo han reportado otros investigadores para otras zonas (7, 29, 38). Lo anterior apoya el planteamiento de que

las poblaciones nativas están involucradas en un proceso muy dinámico; por un lado se están diferenciando unas de otras por los efectos de la selección que practica el agricultor sobre ellas (20, 21, 28) y por la selección en diferentes condiciones de manejo y tecnológicas (29, 32, 39) y por otro lado comparten una proporción de su fondo genético por el intercambio de germoplasma entre agricultores, haciendo un tanto difusa su identidad a nivel racial. Todo esto evidencia que la diversidad en las poblaciones de maíces nativos es muy dinámica en la agricultura tradicional (7, 18).

1.6 Conclusiones

Existe variación morfológica entre las poblaciones nativas de maíz del altiplano de Puebla; sin embargo, no se trata de una variación discreta, sino que, aún dentro de los grupos formados se mantiene un nivel de variación en relación con la precocidad, las características de la mazorca, color y forma del grano, principalmente. Además, la variación identificada no necesariamente responde al origen geográfico de las poblaciones nativas, lo que puede llevar a plantear la hipótesis de que existe un proceso de intercambio de germoplasma entre los agricultores de las diferentes regiones agrícolas vecinas, e incluso con otras regiones agrícolas del altiplano.

1.7 Agradecimientos

Los autores agradecen al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la SAGARPA, el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación. También se agradece el apoyo financiero complementario del Colegio de Postgraduados, a través de la Línea Prioritaria de Investigación 6 'Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos'.

1.8 Literatura Citada

1. Anderson, E.; Cutler, H. C. 1942. Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification. Ann. Missouri Botanic Garden 29(2): 69-88.
2. Alvarado, B. G. 2010. Diversidad de maíces nativos de tres nichos ecológicos del altiplano Poblano-Tlaxcalteca. Tesis de grado de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 106 p.
3. Ángeles-Gaspar, E.; Ortiz-Torres, E.; López, P. A.; López-Romero, G. 2010. Caracterización y rendimiento de maíces nativos de Molcaxac, Puebla. Rev. Fitotec. Mex. 33(4):287-296.
4. Antonio, M. M.; Arellano, V. J. L.; García, de los S. G.; Miranda, C. S.; Mejía, C. J. A.; González, C. F. V. 2004. Variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. Rev. Fitotec. Mex. 27: 9-15.
5. Castillo, G. F.; Arias, R. L. M.; Ortega, P. R.; Márquez, S. F. 2000. Participatory breeding, seed networks and grassroot strengthening. Mexico. In: Jarvis, D.; Sthapit, B.; Sears, L. (eds.), Conserving agricultural biodiversity in situ: A scientific basis for sustainable agriculture. International Plant Genetic Resources Institute, Rome Italy. Proceedings of a workshop. Pokhara, Nepal. 5-12 July, 1999. pp. 199-200.
6. Cervantes, S. T.; Mejía, A. H. 1984. Maíces nativos del Plan Puebla: recolección de plasma germinal y evaluación del grupo tardío. Revista Chapingo 43-44: 64-71.
7. Chávez, S. J. L.; Diego, F. P.; Carrillo, R. J. C. 2011. Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. Ra Ximhai 7(1): 107-115.

8. Chávez-Servia, J. L.; Diego-Flores, P.; Carrillo-Rodríguez, J. C. 2013. Variación fenotípica de una muestra de maíces de la región de Chalcatongo de Hidalgo, Oaxaca. *Ciencia ergo sum* 19(3): 251-257.
9. Cochran, W. G.; Cox, G. M. 1957. *Experimental designs*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., New York. 617 p.
10. DeWitt, T. J.; Scheiner, S. M. 2004. Phenotypic variation from single genotypes. *In*: DeWitt, T. J.; Scheiner, S. M. (eds) *Phenotypic Plasticity: Functional and Conceptual Approaches*. Oxford University Press, New York. pp. 1-9.
11. Diego-Flores, P.; Chávez-Servia, J. L.; Carrillo-Rodríguez, J. C.; Castillo-González, F. 2012. Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Re. FCA UNCUIYO* 44(1):157-171.
12. Falconer, D. S.; Mackay, T. F. C. 1996. *Introduction to Quantitative Genetics*. Prentice Hall, Harlow, England. 464 p.
13. Franco, T. L.; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Cali, Colombia. 89 p.
14. Gil, M. A.; López, P. A.; López, S. H.; Guerrero, R. J. de D.; Taboada, G. O. R.; Hernández, G. J. A.; Ortiz, T. E.; Santacruz, V. A., Hortelano, S. R. R.; Alvarado, B. G.; Hernández, G. C. del A.; Muñoz, T. F. 2013. Caracterización y aprovechamiento de la diversidad genética de maíz en los Valles de Libres-Serdán, Puebla. *In*: Álvarez, G. F.; Bahena, J. F.; Carranza, C. I.; Díaz, R. R.; Ocampo, F. I.; Ortiz, T. E.; Pérez, M. A.; Pérez, R. E.; Villanueva, J. J. A.; Villarreal, M. L. A. (eds). *Agricultura Sostenible Vol. 9 México*. pp. 2935-2951.

15. Gil, M. A.; López, P. A.; Muñoz, O. A.; López, S. H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *In*: Chávez-Servia, J. L.; Tuxill, J., Jarvis, D. I. (eds). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agrosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 18-25.
16. González, H. A.; Pérez, L. D. de J.; Domínguez, L. A.; Franco, M. O.; Balbuena, M. A.; Ramos, M. A.; Sahagún, C. J. (2008) Variabilidad genética, diversidad fenotípica e identificación de poblaciones sobresalientes de maíz cacahuacintle. *Ciencia ergo sum* 15: 297-305.
17. González, H. A.; Sahagún, C. J.; Pérez, L. D. J.; Domínguez, L. A.; Serrato, C. R.; Landeros, F. V.; Dorantes, C. E. 2006. Diversidad fenotípica del maíz Cacahuacintle en el Valle de Toluca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 29: 255-261.
18. Herrera, C. B. E.; Castillo, G. F., Sánchez, G. J. J.; Ortega, P. R.; Goodman, M. M. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Rev. Fitotec. Mex.* 23:335-353.
19. Herrera, C. B. E.; Castillo, G. F., Sánchez, G. J. J.; Hernández, C. J. M.; Ortega, P. R.; Goodman, M. M. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
20. Hortelano, S. R.; Gil, M. A.; Santacruz, V. A.; Miranda, C. S.; Córdova, T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34:189-200.

21. Hortelano, S. R.; Gil, M. A.; Santacruz, V. A.; López, S. H.; López, P. A.; Miranda, C. S. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 35 (2): 97-109.
22. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2013. Enciclopedia de los Municipios de México. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Puebla. Disponible en: <http://www.e-local.gob.mx> (fecha de consulta: 02/07/2013).
23. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Registro de Nombres Geográficos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Disponible en: <http://mapserver.inegi.org.mx> (fecha de consulta: 03/07/2013).
23. Kato, Y. T. A.; Mapes, S. C.; Mera, O. L. M.; Serratos, H. J. A.; Bye, B. R. A. 2009. Origen y Diversificación del Maíz, una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
25. López, H. A. de J.; Muñoz, O. A. 1984. Relación de la coloración del grano con la precocidad y la producción de maíces de Valles Altos. *Revista Chapingo.* 43. 44: 31-37.
26. López, P. A.; Villarreal, R. L.; Gil, M. A.; Ramírez, H. C.; Hernández, G. J. A., Vargas, L. S.; Delgado, A. A.; López, S. H.; Lagunes, E. L. del C.; Lobato, O. R.; Guerrero, R. J. de D.; Gutiérrez, R. N.; Herrera, C. B. E.; Valadez, R. M.; Díaz, R. R.; García, de los S. G.; Taboada, G. O. R. 2011. Diversidad de los recursos genéticos. *In: Handall, S. A.; Cantú, M. B.; Villarreal, E. B. O. A.; López, P. A.; López, R. L.; Cruz, A. A.; Camacho, R. F. (eds.). La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado.*

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México, D. F. pp. 195-242.
27. López-Romero, G.; Santacruz-Varela, A.; Muñoz-Orozco, A.; Castillo-González, F.; Córdova-Tellez, L.; Vaquera-Huerta, H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290.
28. Louette, D.; Smale, M. 2000. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113:25-41.
29. Louette, D.; Charrier, A.; Berthaud, J. 1997. *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51: 20-38
30. Martínez, G. A. 1988. Diseños Experimentales. Métodos y Elementos de Teoría. Ed. Trillas. México. pp. 405-419
31. Mercer, K.; Martínez, V. A.; Perales, H. R. 2008. Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient. *Evolutionary Applications* 1. 489-500.
32. Mijangos-Cortes, J. O.; Corona-Torres, T.; Espinosa-Victoria, D.; Muñoz-Orozco, A.; Romero-Peñaloza, J.; Santacruz-Varela, A. 2007. Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Michoacan, Mexico and the *Chalqueño* complex. *Genetics Resources and Crop Evolution* 54: 309-325.
33. Mohammadi, S. A.; Prasanna, B. M. 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants—salient statistical tools and considerations. *Crop Science* 43:1235-1248.

34. Muñoz, O. A. 2005. Centli Maíz. 2ª ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 211 p.
35. Nava, P. F.; Mejía, C. A. 2002. Evaluación de maíces precoces e intermedios en valles altos centrales de México. II. Divergencia genética. Rev. Fitotec. Mex. 25:187-192.
36. Ortega, P. R.; Sánchez, G. J. de J. 1989. Aportaciones al estudio de la diversidad de maíz de las partes altas de México. Rev. Fitotec. Mex. 12(2): 105-119.
37. Ortega, P. R.; Sánchez, G. J. de J.; Castillo, G. F.; Hernández, C. J. M. 1991. Estado actual de los estudios sobre maíces nativos de México. *In: Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México.* Ortega, P. R.; Palomino, H. G.; Castillo, G. F.; González, H. V.A.; Livera, M. M. (eds). Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Edo. de México. pp. 161-185.
38. Perales, R. H., Brush, S. B.; Qualset, C. O. 2003. Landraces of maize in central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany* 57: 7–20.
39. Romero, P. J.; Castillo, G. F.; Ortega, P. R. 2002. Cruzas de poblaciones nativas de maíz de la raza chalqueño: II Grupos genéticos, divergencia genética y heterosis. Rev. Fitotec. Mex. 25 (1): 107-115.
40. Ruiz, C. J. A.; Sánchez, G. J. de J.; Hernández, C. J. M.; Wilcox, M. C.; Ramírez, O. G.; Ramírez, D. J. L.; González, E. D. R. 2013. Identificación de razas mexicanas de maíz adaptadas a condiciones deficientes de humedad mediante datos biogeográficos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(6): 829-842.

41. Sánchez, G. J. J.; Goodman, M. M.; Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico *Economic Botany* 54:43-59.
42. Sánchez, G. J. J.; Goodman, M. M.; Rawlings, J. O. 1993. Appropriate characters for racial classification in maize. *Economic Botany* 47:44-59.
43. SAS, Institute. 2002. *SAS Procedures Guide*. Ver. 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A. 1643 p.
44. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2013. Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx> (fecha de consulta: 06/07/2013).
45. Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, X. E.; Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de Maíz en México: Su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 239 p.

CAPÍTULO II.

SISTEMAS DE ACCESO E INTERCAMBIO LOCAL DE SEMILLAS EN EL ALTIPLANO CENTRAL DE MÉXICO

2.1 Resumen

El acceso a semillas para la siembra es un elemento indispensable tanto para pequeños agricultores como para productores comerciales de maíz. En el presente estudio de caso, se describe el acceso e intercambio de semilla de maíz en tres subregiones de los valles altos del centro de Puebla y Tlaxcala, México, con base en la diversidad local definida por el agricultor y los mecanismos de intercambio y acceso a lotes de semillas. Se entrevistó a 86 pequeños productores de maíz que en conjunto conservan 193 lotes de semillas. Los resultados muestran que los agricultores diferencian siete lotes de semilla, principalmente por color de grano (blanco, rojo, azul, amarillo, pinto y moradillo), excepto para designar al tipo Cacahuacintle. Se encontró que existen diferencias significativas entre subregiones (centro, oriente y poniente) en mecanismos de acceso, intercambio y pérdida de lotes de semilla. Entre subregiones, más del 90 % de la semilla utilizada es nativa, proviene esencialmente del autoabastecimiento o de la familia (81.9 %), presenta una baja tasa de reemplazo (79.8 %) y cuando se requiere un nuevo lote de semillas, éste se adquiere en la misma comunidad (86.0 %). Esto implica que existe autoabastecimiento de semilla dentro de las comunidades, que el intercambio es bajo (55.9 %) y que se da sólo entre miembros de la familia o redes sociales cercanas. Así, se concluye que en esta región prevalece un sistema comunitario de abasto de semillas, ya que en los casos de pérdida de algunos de los lotes por efecto de sequía o heladas, el agricultor recurre regularmente a la propia localidad, por el fácil acceso a la semilla y la confianza en la adaptación del material genético adquirido e indican la existencia de conservación *in situ* de los maíces nativos a pesar de que los agricultores tienen acceso a variedades mejoradas.

Palabras clave: Conservación *in situ*, flujo de semillas, sistemas comunitarios de semillas, evolución dinámica, redes sociales.

2.2. Abstract

Access to seeds for planting is an essential element for both, small and commercial maize producers. In this study of case, the access and exchange of maize seed in three subregions of the central highlands of Puebla and Tlaxcala, Mexico, are described in terms of local diversity defined by farmers and mechanisms of exchange and access to seed lots. Eighty six small maize producers, which together conserve 193 lots of seed, were interviewed. Results show significant differences among subregions (central, eastern, and western) on mechanisms of access, exchange, and loss of seed lots. Farmers distinguish seven types of seed lots, mainly on the basis of color of grain (white, red, blue, yellow, pinto, and moradillo), except for the race Cacahuacintle, whose recognition is based on use of the grain for pozole stew. At all the three sub-regions, more than 90% of the seed is from native populations and they come largely from family self-supply or from close relatives (81.9 %); there is a low seed replacement rate (79.8 %) and when a new seed lot is required, the seed is acquired into the same community (86.0 %), which implies self-sufficiency for seed within the same community, and exchange of seed is low (55.9 %), and if it occurs, it takes place only among family members or among member of local social networks. Results show that at the highlands of Puebla and Tlaxcala a local community seed supply system prevails; if loss of some of the seed lots occurs, as a result of drought or low temperatures, the farmer normally uses seed from the same community, due to the easy access and the confidence in adaptation of the local genetic material acquired, and indicates the existence of *in situ* conservation schemes of maize landraces, even though farmers have access to improved varieties.

Keywords: *In situ* conservation, seed flow, community seed systems, dynamic evolution, social networks.

2.3 Introducción

En México se siembran anualmente 7.3 millones de hectáreas de maíz; un 82.8 % de ellas corresponden a siembras de temporal (SIAP, 2013), en las que se emplean mayormente semilla de maíces nativos. Al respecto, Trueba (2012) reportó que en las regiones Sur-Sureste y Altiplano de México, el porcentaje de utilización de ese tipo de semilla llega a ser mayor del 70 %. Perales *et al.* (2003b) apuntan que los agricultores que utilizan semilla nativa usualmente la obtienen de su propia cosecha y, en menor proporción la consiguen en su entorno cercano. Entre las razones que en México inciden en la siembra continua de semilla nativa están la fe, confianza, adaptación, fácil acceso, su origen nativo, calidad de grano, facilidad de venta regional y otros factores económicos asociados a costos y dificultades en el acceso a semilla mejorada (Guillén-Pérez *et al.*, 2002; Trueba, 2012). En relación con este último aspecto conviene señalar que en México se producen anualmente un promedio de 63,087 toneladas de semilla certificada de maíz (2003-2009), cantidad con la que potencialmente puede sembrarse alrededor del 43.2 al 47 % de la superficie cultivada, pues la demanda de semilla nativa o no mejorada alcanza las 92,054 toneladas - (SNICS, 2012; García-Salazar y Ramírez-Jaspeado, 2014).

El alto uso de semilla nativa o autogenerada por el agricultor no es exclusivo de México; Morris (2002) reportó un comportamiento similar en diferentes países en desarrollo; así en Latinoamérica se utiliza 55.1 %, en Asia (sin China), 22.1 %, en el este y sureste de África (sin Sudáfrica), 64.1 %, en África central y del este 64.0 %; esto sugiere que los sistemas locales de abastecimiento de semillas son elementos cruciales para la conservación *in situ* de la diversidad genética cultivada (Altieri y Merrick, 1987; Brush,

1991; Almekinders *et al.*, 1994; Abay *et al.*, 2011), además de que influyen en su evolución dinámica (Hodgkin *et al.*, 2007; Louette *et al.*, 1997; Pandey *et al.*, 2011; Thomas *et al.*, 2011; Calvet-Mir *et al.*, 2012; Fuentes *et al.*, 2012). Así, puede afirmarse que las poblaciones nativas actuales son producto del manejo de los lotes de semilla, selección natural y artificial que realiza el agricultor año tras año.

El sistema local de abastecimiento de semillas se puede desagregar en autogeneración u obtención (flujo o intercambio), siembra, selección y almacenamiento de semillas. Mediante cada práctica o combinación de ellas, el agricultor conserva ciclo tras ciclo las variedades nativas o autóctonas y genera una alta dinámica en la estructura genética de las poblaciones cultivadas, dando como resultado fuertes divergencias fenotípicas y/o genéticas (Pressoir y Berthaud, 2004a, b; Hodgkin *et al.*, 2007). Regularmente, el intercambio de semillas tiene lugar dentro de la misma comunidad o entre comunidades, y las redes sociales facilitan este proceso a través de diversas formas de transacción como el trueque, préstamo y devolución de la misma cantidad, compra con vecino o en mercados regionales, o donaciones familiares o de otros agricultores. En algunos casos las semillas se mueven a más de 100 km de distancia o traspasan las fronteras de los países (Latournerie *et al.*, 2004; Valdivia, 2004; Badstue *et al.*, 2006; van Etten y de Bruijn, 2007; Abay *et al.*, 2011; Pautasso *et al.*, 2013).

A pesar de su trascendencia, los sistemas locales de abastecimiento de semillas aún no están completamente estudiados porque varían entre agrosistemas, entre grupos socioculturales, y porque están vinculados con las actividades de los agricultores y sus redes o formas de organización social (Badstue *et al.*, 2006; Abay *et al.*, 2011; Leclerc y Coppens d'Eeckerbrugge, 2012; Pautasso *et al.*, 2013). Tampoco se conocen del todo

sus debilidades, aunque se han señalado algunas como el tamaño pequeño de los lotes de semillas seleccionados o el empleo de pocos individuos, que la sanidad no siempre es adecuada, que carece de un almacenamiento conveniente, que hay dudas sobre la pureza de los lotes de semillas, y apoyo insuficiente o inexistente en manejo y conservación de semillas (Castiñeiras *et al.*, 2009).

Por lo anterior, en la medida en que se entiendan mejor los sistemas locales de abastecimiento de semillas, se podrán proponer adecuaciones a los mismos que eventualmente conlleven a formular estrategias de conservación *in situ* más apropiadas a los agrosistemas locales. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue describir el sistema de abasto local de semillas en tres regiones de los Valles Altos del centro de Puebla y Tlaxcala, México en términos de la diversidad local definida por el agricultor, mecanismos de intercambio y acceso a lotes de semillas para siembra.

2.4 Materiales y métodos

2.4.1 Población de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el altiplano Poblano-Tlaxcalteca, específicamente en 15 municipios de Puebla, ubicados en los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de Cholula y Libres; y dos de Tlaxcala, pertenecientes al DDR de Huamantla, México. Estos municipios se ubican en los Valles Altos, entre los 19° 01' y 19° 36' Latitud Norte, y 97° 21' a 98°33' Longitud Oeste. En los 17 municipios considerados, durante el año 2012 se sembraron 120,215 ha de maíz, de la cuales el 94.4 % se cultivó bajo condiciones de temporal (SIAP, 2013).

Para fines de comparación, la región de estudio se dividió en tres subregiones: oriente, centro y poniente (Figura 1). Con base en trabajos previos (Gil-Muñoz *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Hortelano *et al.*, 2012) y en la información generada por el proyecto de conservación *in situ* de razas de maíz del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) en el estado de Puebla, se integró un listado de 43 agricultores productores de maíz, quienes se encontraban distribuidos en las tres subregiones objetivo y que en algún momento fueron donantes de semilla para los proyectos mencionados. Por cada agricultor donante, y mediante una selección al azar, se contactó a otro agricultor (de la misma localidad que el primero) con quien no había mediado contacto previo pero que sí sembrara maíz. De esta forma se conformó un grupo de 86 agricultores a quienes se les aplicó un cuestionario estructurado. En la subregión oriente se entrevistó a 28 agricultores, en la subregión centro 22 y en la subregión poniente a 36 agricultores.

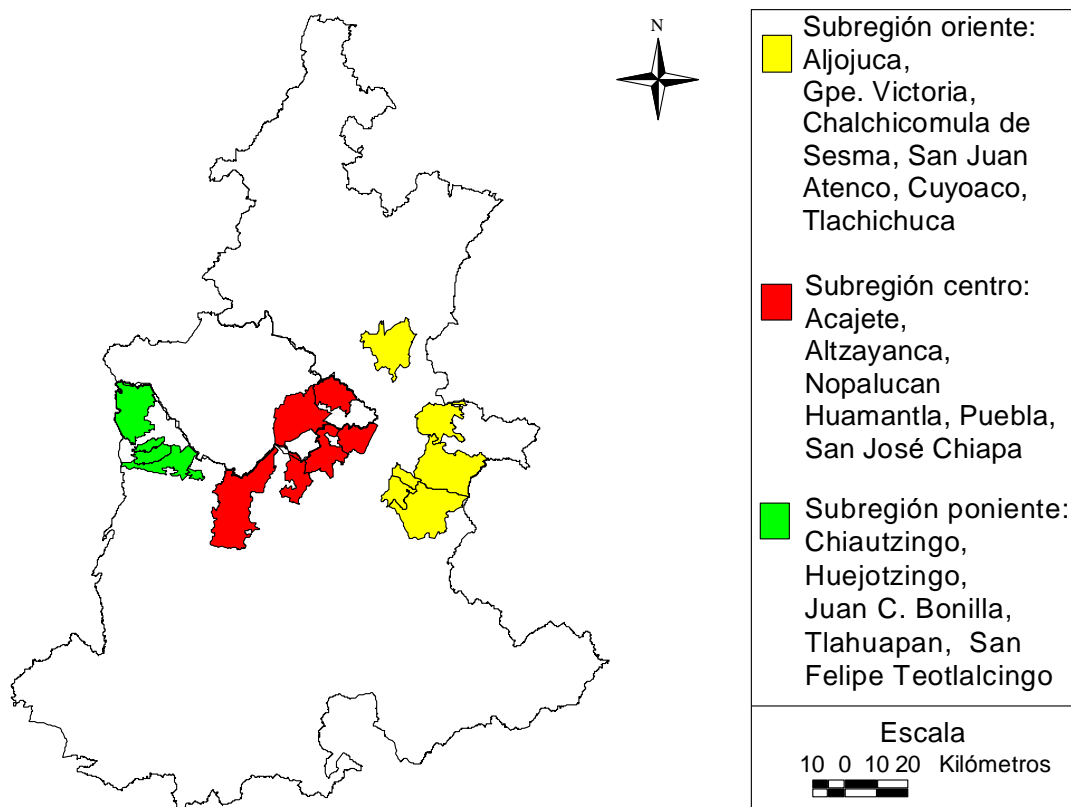


Figura 2.1. Subregiones y municipios en los que se condujo el estudio.

2.4.2 Encuesta

Se empleó un cuestionario estructurado dividido en cuatro secciones: la primera referente a localización geográfica del hogar, comunidad y aspectos sociodemográficos del entrevistado; la segunda estuvo integrada por preguntas relacionadas con la diversidad de lotes de semilla que maneja cada agricultor, los mecanismos a través de los cuales se abastece de los lotes que emplea, las razones del uso continuo de los tipos de semilla de que dispone, del recambio e intercambio de semillas, y aspectos de producción; la tercera fue orientada a captar la frecuencia y mecanismos de venta/donación de semilla; y la última, a realizar un diagnóstico rápido de la pérdida de

diversidad de lotes de semilla. En este trabajo, se utiliza el término lote de semillas para referirse al conjunto de granos de un tipo de maíz específico, seleccionado y reconocido por el agricultor, que se usa para la siembra, producción y multiplicación de semilla (Louette *et al.*, 1997).

2.4.3 Análisis estadístico

Con la aplicación de la encuesta en la región de estudio, se identificaron 193 lotes diferentes de semilla, correspondientes a los que los entrevistados emplean en sus siembras. Con esta información se construyó una base de datos ordenada por región, agricultor y lote de semilla, en la cual, para cada lote, se capturó toda la información acopiada en el cuestionario. Dependiendo del tipo de variable se realizaron dos pruebas estadísticas. Así, para el caso de 'superficie destinada para la siembra de maíz', 'rendimiento de grano estimado' y 'precio por kilo de semilla vendida', se hizo un análisis de varianza, aplicando un modelo completamente aleatorio. Ello permitió probar las diferencias entre subregiones geográficas de estudio. Éste análisis se complementó con una comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$). Para el resto de las variables, con el fin de probar las relaciones entre subregión geográfica de localización del entrevistado y variable descriptiva del sistema local de semillas, se realizó una prueba de ji-cuadrada, X^2 (Härdle y Simar, 2007). Posteriormente, se realizó un análisis de correspondencias múltiples (Härdle y Simar, 2007) en el cual se emplearon las siguientes variables cualitativas 'procedencia de la semilla', 'tipo de transacción para la adquisición de semilla', 'siembra continua', 'periodo de sustitución de un lote por otro', 'superficie sembrada por lote', 'producción obtenida regularmente', 'destino de la cosecha', 'a quién le ha proporcionado semilla', 'procedencia del agricultor al que le proporciono semilla',

'tipo de transacción al proporcionar la semilla', 'a quién recurre en caso de la pérdida de un lote' y 'por qué la conseguiría en ese lugar'. Con los resultados de este análisis se generó una gráfica en la cual se presentó la distribución de agricultores por áreas geográficas en las dos primeras dimensiones principales. Todos los análisis se realizaron en los paquetes estadísticos SPSS 19.0.0 (SPSS Inc., 2010) y SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

2.5. Resultados y discusión

2.5.1 Análisis de varianza

En el análisis de varianza del modelo aleatorio se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre subregiones de estudio para el promedio de superficie sembrada por agricultor, producción media estimada y precio de semilla vendida por kg, (Cuadro 2.1). Se observó que no sólo existen diferencias ecogeográficas entre subregiones, sino también en las características de sus sistemas de abastecimiento de semillas. La superficie sembrada y producción estimada fueron mayores en la subregión oriente del Centro de Puebla y Tlaxcala, pero en ambas la semilla se vendió a menor precio; ello puede atribuirse –entre otras causas– a que en las dos se preserva mayor cantidad de lotes de semilla, tal como se describirá en párrafos posteriores.

Cuadro 2.1. Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza de un modelo completamente aleatorio, y comparación de medias entre las subregiones de estudio. Encuesta 2013.

Fuentes de variación y regiones de comparación	Superficie sembrada (ha)	Producción estimada (ton)	Precio de semilla vendida (pesos/kg)
Cuadrado medio de regiones de estudio	59.481*	7.161**	123.494**
Comparación de subregiones de estudio:			
Poniente (A)	2.20 b	2.59 b	5.57 a
Centro (B)	3.60 ab	2.42 b	3.67 b
Oriente (C)	3.91 a	3.07 a	3.07 b

*Diferencias significativas a $p < 0.05$; **Diferencias significativas a $p < 0.01$.

2.5.2 Prueba de ji-cuadrada

La prueba de ji-cuadrada mostró una relación significativa ($p < 0.01$) entre regiones geográficas de estudio y la diversidad, tipo de semilla sembrada, origen y procedencia de la misma, y transacciones realizadas para conseguir lotes de semilla

(Cuadro 2.2). Es decir, en principio existen mecanismos generales de acceso o abastecimiento de semilla por los agricultores, pero difieren de región a región, por ejemplo, aun cuando todos los agricultores entrevistados señalaron que siembran maíces de grano blanco o crema, azul y rojo principalmente, el número de lotes de maíz rojo en la región poniente fue superior al de otros sitios y en ella se identificaron otros tipos de maíz como el pinto y el moradillo.

Cuadro 2.2 Diversidad de lotes de semilla y acceso a los mismos entre agricultores de tres regiones geográficas de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.

Preguntas y clasificación de respuesta	Región geográfica de Puebla			Frecuencia Observada (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
<i>Lotes de semilla identificados por el agricultor ($X^2 = 301.2^{**}$, $n= 193$)</i>				
Blanco o crema	40	23	28	91 (47.2)
Azul	22	14	23	59 (30.6)
Rojo	0	2	13	15 (7.8)
Amarillo	7	5	8	20 (10.4)
Cacahuacintle	5	0	0	5 (2.6)
Pinto	0	0	1	1 (0.5)
Moradillo	0	0	2	2 (1.0)
<i>Predominio del tipo de semilla sembrada ($X^2 = 306.7^{**}$, $n= 193$)</i>				
Lotes de semilla perdidos	1	0	4	5 (2.6)
Nativa o criolla	71	42	66	179 (92.7)
Mejorada	2	2	5	9 (4.7)
<i>Origen del lote de semilla sembrada ($X^2 = 194.0^{**}$, $n= 188$)</i>				
Propia o familiar	54	37	63	154 (81.9)
Otros agricultores de o fuera de la comunidad	19	7	6	32 (17.0)
Comercializadora de semillas	0	0	2	2 (1.1)
<i>Procedencia del lote de semilla sembrada ($X^2 = 421.7^{**}$, $n= 188$)</i>				
Misma localidad	48	43	61	152 (80.9)
Comunidad vecina del mismo municipio	8	0	2	10 (5.3)
Comunidad de otro municipio	15	1	6	22 (11.7)
Otro estado	2	0	2	4(2.1)
<i>Tipo de transacción para la obtención de un lote de semilla ($X^2 = 289.5^{**}$, $n= 188$)</i>				
Préstamo o donación familiar	25	27	33	85(45.2)
Préstamo de un vecino	0	1	3	4 (2.1)
Compra a vecino/otro	33	14	16	63 (33.5)
Compra en tianguis	2	0	2	4 (2.1)
Compra en tienda comercial de semillas	1	2	11	14 (17.4)
Intercambio	7	0	6	13 (6.9)
Otro	5	0	0	5 (2.7)

**Diferencias significativas a nivel $P \leq 0.01$ (prueba de X^2); Frec. obs.= frecuencia observada.

En las tres subregiones de la zona centro de Puebla y Tlaxcala, los nombres empleados por los agricultores para designar sus lotes de semillas, describen esencialmente el color de grano (blanco, azul, rojo, amarillo, moradillo o pinto), excepto cuando se mencionó el término “cacahuacintle” que se refiere a su uso para pozole. Asimismo, utilizan el término “criollo” para diferenciar el material nativo del mejorado (Cuadro 2.2). Esta clasificación o percepción de distintividad entre lotes de semilla puede asumirse como genérica porque sólo diferencia aspectos contrastantes uniformes del color de grano monocromado y no caracteres particulares de planta, dimensiones de grano o mazorca (Gibson, 2009); pero es una expresión clasificatoria común entre productores de maíz de Mesoamérica para referirse a sus variedades autóctonas, en las cuales regularmente el color blanco es el más frecuente (Johannessen *et al.*, 1970; Hernández, 1985; Aguirre *et al.*, 2000; Louette y Smale, 2000; Perales *et al.*, 2003a, b; van Etten, 2006; van Etten y de Bruin, 2007); no obstante, ello no implica que no diferencien sus variedades por otros caracteres de planta, grano, mazorca o aspectos de uso en la cocina mexicana (Hernández, 1985; Soleri y Cleveland, 2001; Perales *et al.*, 2003a y b), tal como fue el caso del tipo cacahuacintle, claramente identificado por su tipo de grano y su uso principal (elaboración de pozole). La región de estudio está comprendida dentro del centro de origen y diversificación de las razas de maíz de las zonas altas de México (Vigouroux *et al.*, 2008) y diversos trabajos locales y regionales (Gil *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010; Hortelano *et al.*, 2012) han documentado la existencia de una alta diversidad genética de maíz, la cual, como se observa, el agricultor agrupa en clases genéricas de color de grano, principalmente.

En el presente estudio de caso se estimó que más del 90 % de los lotes de semilla utilizada para la siembra corresponde a poblaciones nativas de maíz, la cual es regularmente autoabastecida por los propios agricultores, aunque también la obtienen de su familia o vecinos de la misma localidad o municipio cercanos. Estos patrones indican que la producción regional de maíz en el centro de Puebla y Tlaxcala, México está sustentada en la siembra de poblaciones nativas, con semilla que multiplican y seleccionan los propios agricultores, quienes han preservado los mismos lotes, de manera continua, por periodos de uno a 30 años (Cuadro 2.3). Entre los argumentos para la preservación de este tipo de semillas figuraron el que se siembran por tradición y por la demanda que tienen en el mercado regional (Cuadro 2.3); esto es, la producción la destinan tanto para el autoconsumo como para venta en los mercados regionales. Estos resultados también evidencian que aun cuando los agricultores del centro de Puebla y Tlaxcala tienen acceso a semilla de variedades mejoradas, como lo refieren Morris (2002), SNICS (2012) y Trueba (2012), prefieren sembrar sus poblaciones nativas, con lo cual se sigue preservando *in situ* la diversidad genética de maíces nativos.

Los datos muestran que regularmente no se reemplazan los lotes de semilla (79.8%, no reemplaza) y cuando hay reemplazo, éste ocurre con más frecuencia entre agricultores de la zona centro de Puebla (Cuadro 2.4). El patrón de intercambio documentado indica que el sistema informal de abastecimiento de semillas es determinante para mantener tanto la diversidad de maíces como la producción de grano. Los mismos patrones han sido referidos en diversos trabajos relacionados con sistemas locales de abastecimiento de semillas de maíz (Almekinders *et al.*, 1994; Louette *et al.*, 1997; Perales *et al.*, 2003b; Latournerie *et al.*, 2004; Castiñeiras *et al.*, 2009). Sin embargo, es difícil separar los

aspectos culturales de los sociales relacionados con la preservación de la diversidad genética y el intercambio de lotes de semilla en donde intervienen las redes sociales que posee cada agricultor (Badstue *et al.*, 2006; Thomas *et al.*, 2011; Calvet-Mir *et al.*, 2012; Leclerc y Coppens d'Eeckenbrugge, 2012; Pautasso *et al.*, 2013).

Cuadro 2.3. Tiempos de siembra continua de lotes de semilla y destinos de la producción de poblaciones nativas de maíz cultivadas por agricultores de tres regiones geográficas de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.

Preguntas y clasificación de respuesta	Región geográfica de Puebla			Frec. obs. (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
<i>Siembra continua de un lote de semilla ($\chi^2 = 169.4^{**}$, $n= 188$)</i>				
1-10 años	50	16	24	90 (47.9)
11-20 años	6	6	9	21 (11.2)
21-30 años	9	13	23	45 (23.9)
31-40 años	5	6	6	17 (9.0)
41-50 años	2	1	5	8 (4.3)
51-60 años	1	2	4	7 (3.7)
<i>Razones para la siembra de lotes de semilla ($\chi^2 = 375.1^{**}$, $n= 188$)</i>				
Tradicción	39	24	53	116 (61.7)
Demanda en mercado	21	15	8	44 (23.4)
Curiosidad	1	3	7	11 (5.9)
Perdida de características deseables de la variedad	8	2	0	10 (5.3)
Perdida por eventos ambientales	2	0	2	4 (2.1)
Recomendación técnica	2	0	1	3 (1.6)
<i>Reemplazo de lotes de semilla ($\chi^2 = 929.6^{**}$, $n= 193$)</i>				
No lo realiza	48	41	65	154 (79.8)
Cada año	8	2	5	15 (7.8)
Cada 2 años	7	0	0	7 (3.6)
Cada 3 años	7	1	0	8 (4.1)
Cada 4 años	2	0	0	2 (1.0)
Cada 5 años	0	0	2	2 (1.0)
Cada 6 años	1	0	0	1 (0.5)
Cada 10 años	0	0	3	3 (1.6)
Cada 15 años	1	0	0	1 (0.5)
<i>Destino de la producción de grano ($\chi^2 = 203.2^{**}$, $n= 188$)</i>				
Autoconsumo	12	16	17	45 (23.9)
Mercado	9	1	3	13 (6.9)
Ambos	52	27	51	130 (69.1)

**Diferencias significativas a nivel $P \leq 0.01$ (prueba de χ^2); Frec. obs.= frecuencia observada.

En general, en las subregiones oriente, centro y poniente de Puebla y Tlaxcala, México, un 55.9 % del total de lotes de semilla están sujetos a intercambio entre los agricultores. Dicho intercambio se realiza regularmente en la misma comunidad,

mediante venta, regalo o intercambio por otro lote de semillas ya sea entre familias o con las redes sociales más cercanas (Cuadro 2.4). Los agricultores de la zona poniente mencionaron que cuando se trata de solicitudes de sus familiares se sienten moralmente obligados a proporcionar la semilla que ellos necesiten, hecho que también fue documentado entre agricultores de los Valles Centrales de Oaxaca (Badstue *et al.*, 2006). Estos mismos patrones de fuentes de semillas de maíz fueron documentados para la región de Chimaltenango, Guatemala (van Etten y de Bruin, 2007). La mayor proporción de lotes de semilla adquiridos provienen de la propia comunidad (86.0 %), lo que confirma un bajo intercambio de lotes de semilla entre agricultores de comunidades vecinas o de otros municipios, tal como lo refieren Castiñeiras *et al.* (2009) entre productores tradicionales de maíz de México, Cuba y Perú (84.6 a 86.2 %). Louette *et al.* (1997) y Perales *et al.* (2003b), determinaron patrones similares en comunidades de Jalisco y del altiplano central de México, respectivamente.

Cuadro 2.4. Distribución de lotes de semilla entre los agricultores de las subregiones centro, oriente y poniente de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.

Pregunta y clasificación de respuesta	Región geográfica de Puebla			Frec. obs. (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
<i>Abastecimiento de semilla entre agricultores, en número de lotes ($\chi^2 = 85.8^{**}$, $n = 188$)</i>				
Lotes de semillas proporcionados	36	20	49	105 (55.9)
Lotes de semilla no intercambiados	37	24	22	83 (44.1)
<i>Destino del intercambio de lotes de semillas entre agricultores ($\chi^2 = 85.5^{**}$, $n = 193$)</i>				
No se proporcionó semilla	38	24	24	86 (44.6)
Proporcionó a : Familiar	2	10	33	45 (23.3)
Vecino	12	4	7	23 (11.9)
Conocido	11	5	8	24 (12.4)
Agricultor desconocido	11	1	3	15 (7.8)
<i>Procedencia de agricultores a los que proporcionó semilla ($\chi^2 = 220.8^{**}$, $n = 107$)</i>				
Misma comunidad	25	19	48	92 (86.0)
Comunidad vecina del mismo municipio	2	0	0	2 (1.9)
Comunidad de otro municipio	9	1	0	10 (9.3)
Otro estado	0	0	3	3 (2.8)
<i>Transacción utilizada para proporcionar semilla ($\chi^2 = 158.7^{**}$, $n = 107$)</i>				
Venta	33	12	31	76 (71.0)
Préstamo	0	2	2	4 (3.7)
Intercambia por otro lote semilla	3	3	11	17 (15.9)
Regala	0	3	7	10 (9.3)

**Diferencias significativas a nivel $P \leq 0.01$ (prueba de χ^2); Frec. obs.= frecuencia observada.

De acuerdo con los datos del Cuadro 2.5, un 63.7 % de los agricultores de la región de estudio declararon haber perdido un lote de semilla de maíz durante el tiempo que tienen sembrando este cereal. La presencia de sequías (48.7%) y heladas (47.2%) fueron las principales causas de pérdida. En la subregión centro la presencia de heladas y sequías se mencionó en igual frecuencia, mientras que en las subregiones oriente y poniente lo fueron las heladas y las sequías, respectivamente. Estas causas o razones de pérdida difieren de las documentadas por Perales *et al.* (2003b) en maíces de la región centro de México, quienes resaltan la mala estación del año, daño por plagas y mazorcas podridas o pequeñas, entre otros. Cuando los agricultores pierden un lote de semilla, indicaron que pueden conseguir un tipo similar con su familia (47.7 %), vecinos (17.6 %) o conocidos (26.4 %), y generalmente dentro de la misma comunidad (72.7 %) u otro municipio (16.8 %). Además, debido a que la mayor parte de sus siembras están sujetas

a la estación de lluvias (93.6 %) sólo tienen confianza en los lotes de semilla locales o regionales porque perciben mayor valor adaptativo en ellos (63.7 %) y porque son originarios de la comunidad (24.4 %). Esto indica que el sistema informal de semillas en las subregiones de estudio es cerrado, ya que sólo confían en sus propios acervos genéticos nativos (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5. Causas de pérdida de lotes de semilla entre agricultores de tres subregiones geográficas de Puebla-Tlaxcala. Encuesta 2013.

Pregunta y clasificación de respuesta	Región geográfica de Puebla			Frec. obs. (% del total)
	Oriente	Centro	Poniente	
<i>Pérdida de un lote de semillas ($X^2 = 14.5^{**}$; $n = 193$, lotes de semilla)</i>				
Ha perdido un lote de semilla	49	32	42	123 (63.7)
No ha perdido	25	12	33	70 (36.3)
<i>Causas para la pérdida de lotes de semilla ($X^2 = 162.4^{**}$, $n = 193$)</i>				
Sequía	30	23	41	94 (48.7)
Heladas	44	20	27	91 (47.2)
Inundación	0	0	3	3 (1.6)
Granizo, acame o desinterés del agricultor	0	1	4	5 (2.6)
<i>Cuando pierde su semilla, dónde consigue un nuevo lote ($X^2 = 192.3^{**}$, $n = 193$)</i>				
No consigue un nuevo lote de semilla	0	0	2	2 (1.0)
Familiar	31	32	29	92 (47.7)
Vecino	16	5	13	34 (17.6)
Conocido	25	5	21	51 (26.4)
Tienda comercializadora de semillas	1	2	10	13 (6.7)
Institución gubernamental	1	0	0	1 (0.5)
<i>Lugar donde consigue un nuevo lote de semilla ($X^2 = 341.9^{**}$, $n = 191$)</i>				
Misma comunidad	52	37	50	139 (72.7)
Comunidad vecina del mismo municipio	7	2	8	17 (8.9)
Comunidad de otro municipio	15	5	12	32 (16.8)
Otro estado	0	0	3	3 (1.6)
<i>Importancia de conseguir un lote de semilla en la misma comunidad ($X^2 = 888.9^{**}$, $n = 193$)</i>				
Fácil acceso para obtener un lote de semilla	21	11	15	47 (24.4)
En esta comunidad tendría acceso a un lote de semilla similar al que perdió	0	0	2	2 (1.0)
Adaptación de la variedad	41	31	51	123 (63.7)
Con la venta de semilla le proporciona asesoría técnica	0	0	1	1 (0.5)
Oferta de más variedades	0	0	2	2 (1.0)
Para conservar el mismo tipo de semilla	0	0	1	1 (0.5)
Por su origen y conocimiento de la variedad	0	0	3	3 (1.6)
Libre de plagas que no hay en la comunidad	2	0	0	2 (1.0)
Porque la institución cuenta con esa misma semilla	4	0	0	4 (2.1)
Porque la semilla de ese lugar tiene las características deseables	4	0	0	4 (2.1)
Por su rendimiento de grano	0	2	0	2 (1.0)
Por su precocidad	2	0	0	2 (1.0)
<i>Régimen de humedad para la siembra de un lote de semillas ($X^2 = 291.1^{**}$, $n = 188$)</i>				
Riego	5	0	7	12 (6.4)
Temporal	68	44	64	176 (93.6)

**Diferencias significativas a nivel $P \leq 0.01$ (prueba de X^2); Frec. obs. = frecuencia observada.

2.5.3 Análisis de correspondencias

En el análisis de correspondencias se determinó que las formas de abastecimiento e intercambio de semillas fueron de mayor valor descriptivo para el sistema informal de semillas en la región centro de Puebla y Tlaxcala. Hasta la cuarta dimensión principal se obtuvo un 81.6 % de explicación de la variación total. De entre las variables incluidas, la superficie sembrada con cada lote (coeficiente del vector propio para este factor = 0.136), el destinatario del lote de semillas (0.103), las transacciones (0.114) y el precio de venta (0.415), explicaron en mayor proporción la segunda dimensión (18.8 %), que puede interpretarse como referente al intercambio de semillas. La primera dimensión (38.3 %) se asoció con el abastecimiento de semillas; sus principales variables fueron años de uso continuo (coeficiente del vector propio para este factor = 0.0478), reemplazamiento (0.209), superficie sembrada (0.088) y formas de transacción para conseguir semillas (0.041). Con base en las dos dimensiones previamente descritas se ubicó a los agricultores entrevistados, (identificados por región a la que pertenecen), generándose así la Figura 2.2. En ella son de remarcar los patrones de manejo de semillas locales por subregiones de estudio: en la región poniente fue determinante el abastecimiento y en la región oriente lo fue el intercambio. Estos resultados muestran que el intercambio y abastecimiento son claves para el mantenimiento de la diversidad de lotes de semilla y producción de maíz; es decir, los agricultores, tienen una alta confianza en sus materiales, probablemente por la alta diversidad genética ahí documentada (Gil *et al.*, 2004; Hortelano *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010; Hortelano *et al.*, 2012).

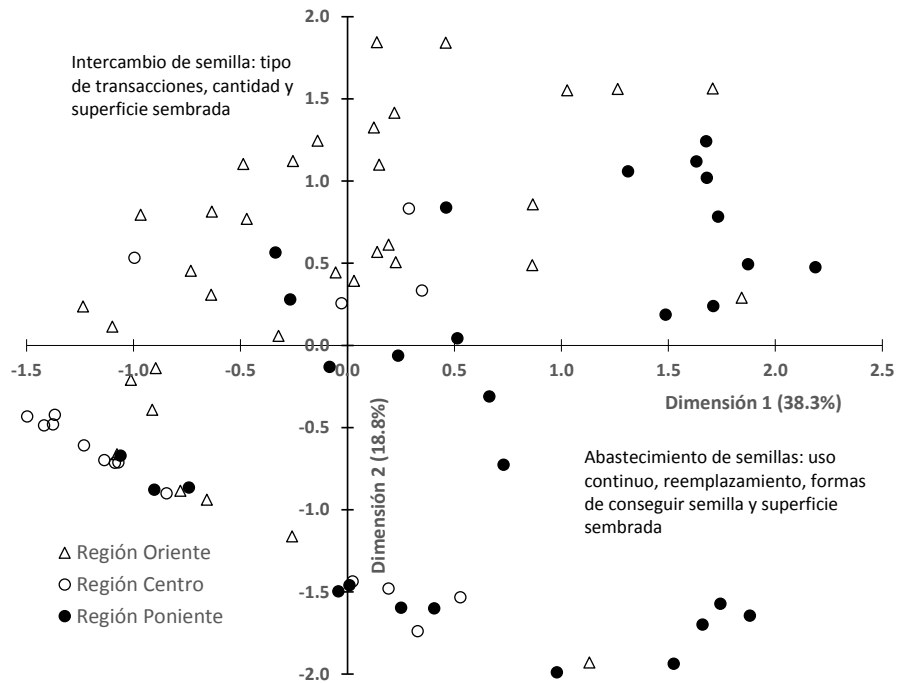


Figura 2.2. Dispersión de agricultores en el plano de dos dimensiones principales del análisis de correspondencia múltiple, de acuerdo con el sistema local de semillas (n= 193), en la región centro de Puebla y Tlaxcala.

De acuerdo con Brush *et al.* (1988), la diversidad de maíz preservada por cada familia o comunidad depende de diversos factores como son: tasa de cruzamiento natural entre parcelas vecinas, diversidad agroecológica de campos de cultivo, adaptaciones biológicas naturales a estrés abiótico o biótico, selección artificial y mantenimiento de la diversidad por los agricultores. Todo esto ocurre si cada agricultor siembra, selecciona, almacena, multiplica y comparte entre sus vecinos la diversidad genética que posee a través del sistema de semillas. Se ha demostrado que las formas de preservación e intercambio de lotes de semillas entre agricultores tienen fuertes implicaciones en la dinámica poblacional de la diversidad genética de maíz; por ejemplo, a medida que el agricultor reemplaza o pierde sus lotes de semilla se provoca una erosión genética (van Heerwaarden *et al.*, 2009). No obstante, en este trabajo se mostró que aun cuando hay

pérdidas de lotes de semilla por factores tales como heladas o sequía, la misma semilla u otra muy similar puede ser conseguida entre los familiares, vecinos y conocidos del agricultor, situación que le confiere al sistema local una fuerte capacidad de amortiguamiento o resiliencia. En otros casos, el sistema local de semillas tiene la capacidad de amortiguar los cambios climáticos gracias a las altas tasas de recombinación, producto del flujo genético mediado por el movimiento de polen o intercambio de semilla entre agricultores, y podrá tener mayores efectos benéficos a medida que se intervenga el sistema de una manera racional (Bellon *et al.*, 2011). En otras regiones se ha documentado el cruzamiento entre híbridos o variedades mejoradas y las poblaciones nativas, lo que propicia la generación de recombinaciones genéticas favorables para adaptarse a los agrosistemas del agricultor (Bellon y Berthaud, 2005; Bitocchi *et al.*, 2009;).

Por otro lado, es evidente que el intercambio local de semilla no está regulado legalmente, lo cual es explicable por las propias características sociales de apoyo al abastecimiento de alimento para las familias.

2.6 Conclusiones

El sistema de abastecimiento e intercambio de semillas en el altiplano central de los estados de Puebla y Tlaxcala, en México es un sistema cerrado, en el sentido de que el germoplasma circula principalmente dentro de las mismas comunidades y entre vecinos o familiares de los agricultores; sin embargo, cuenta con algunas características de un sistema abierto en cuanto que la circulación del germoplasma no responde a disposiciones legales sobre la distribución de semilla, sino a las necesidades inmediatas

del recurso por parte de los agricultores. Este sistema de abastecimiento de semilla constituye un mecanismo que favorece y promueve la conservación *in situ* de la diversidad genética en maíz; dicha diversidad está directamente relacionada con las condiciones ambientales, de manejo y de uso que enfrenta el agricultor en cada región agrícola. Finalmente, las dinámicas comunitarias que intervienen en la conservación de diversos lotes de semillas o diversidad del maíz nativo son parte de las estrategias de los grupos sociales para el acceso a recursos naturales como medio para la seguridad alimentaria de las familias.

2.7 Agradecimientos

Se agradece al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la SAGARPA, el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación. También se agradece el apoyo financiero complementario del Colegio de Postgraduados, a través de la Línea Prioritaria de Investigación 6 'Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos'.

2.8 Literatura Citada

- Abay, F., W. de Boef and Å. Bjørnstad. 2011. Network analysis of barley seed flows in Tigray, Ethiopia: supporting the design of strategies that contribute to on-farm management of plant genetic resources. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 9:495-505.
- Aguirre-Gómez, J. A., M. R. Bellon, and M. Smale. 2000. A regional analysis of maize biological diversity in Southeastern Guanajuato, Mexico. *Economic Botany*. 54:60-72.
- Almekinders, C. J. M., N. P. Louwaars and G.H. de Bruijn. 1994. Local seed systems and their importance for an improved seed supply in developing countries. *Euphytica* 78:207-216.
- Altieri, M. A. and L. C. Merrick. 1987. *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 41:86-96.
- Ángeles-Gaspar, E., E. Ortiz-Torres, P. A. López y G. López-Romero. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:287-296.
- Badstue, L. B., M. R. Bellon, J. Berthaud, X. Juárez, I. Manuel R., A. M. Solano and A. Ramírez. 2006. Examining the role of collective action in an informal seed system: a case study from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Human Ecology* 34:249-273.

- Bellon, M. R. and J. Berthaud. 2006. Maize diversity, gene flow and transgenes in Mexico. *In*: M. C. de Vicente (ed.), Issues on gene flow and germplasm management. Tropical Review in Agricultural Biodiversity, International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy. pp: 45-51.
- Bellon, M. R., D. Hodson and J. Hellin. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. Proceedings of the National Academy of Science of United States of America 108:13432-13437.
- Bitocchi, E., L. Nanni, M. Rossi, D. Rau, E. Bellucci, A. Giardini, A. Bounamici, G. G. Vedramin and R. Papa. 2009. Introgression from modern hybrid varieties into landrace populations of maize (*Zea mays* spp. *mays* L.) in central Italy. Molecular Ecology 18:603-621.
- Brush, S. B., M. Bellon C. and E. Schmidt. 1988. Agricultural development and maize diversity in Mexico. Human Ecology 16:307-328.
- Brush, S. B. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. Economic Botany 45:153-165.
- Calvet-Mir, L., M. Calvet-Mir, J. L. Molina and V. Reyes-García. 2012. Seed exchange as an agrobiodiversity conservation mechanism. A case study in Vall Fosca, Catalan Pyrenees, Iberian Peninsula. Ecology and Society 17:29. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04382-170129>.
- Castiñeiras, L., R. Cristóbal, R. Pinedo, L. Collado y L. Arias. 2009. Redes de abastecimiento de semillas y limitaciones que enfrenta el sistema informal. *In*:

¿Cómo conservan los agricultores sus semillas en el trópico húmedo de Cuba, México y Perú? Experiencias de un proyecto de investigación en sistemas informales de semillas de chile, frijoles y maíz. M. Hermann, K. Amaya, L. Latournerie y L. Castiñeiras (eds.). Bioersivity International, Roma, Italia, pp: 73-83.

Fuentes, F. F., D. Bazile, A. Bhargava and E. A. Martínez. 2012. Implications of farmers' seed exchanges for on-farm conservation of quinoa, as revealed by its genetic diversity in Chile. *Journal of Agricultural Science* 150:702-716.

García-Salazar, J. A. y R. Ramírez-Jaspeado. 2014. El mercado de la semilla mejorada de maíz (*Zea mays* L.) en México. Un análisis del saldo comercial por entidad federativa. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37:69-77.

Gibson, R. W. 2009. A review of perceptual distinctiveness in landraces including an analysis of how its roles have been overlooked in plant breeding for low-input farming systems. *Economic Botany* 63:242-255.

Gil M., A., P. A. López, A. Muñoz O. y H. López S. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. En: Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia, pp: 18-25.

Guillén-Pérez, L. A., C. Sánchez-Quintanar, S. Mercado-Domenech y H. Navarro-Garza. 2002. Análisis de atribución causal en el uso de semilla criolla y semilla mejorada de maíz. *Agrociencia* 36:377-387.

- Härdle, W. and L. Simar. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. Second Edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003, 2007. New York 470 p.
- Hernández X., E. 1985. Maize and man in the greater southwest. *Economic Botany* 39:416-430.
- Hodgkin, T., R. Rana, J. Tuxill, D. Balma, A. Subedi, I. Mar, D. Karamura, R. Valdivia, L. Collado, L. Latournerie, M. Sadiki, M. Sawadogo, A. H. D. Brown and D.I. Jarvis. 2007. Seed systems and crop genetic diversity in agroecosystems. *In: Managing biodiversity in agricultural systems*. D. I. Jarvis, C. Padoch and H. D. Cooper (eds.). Columbia University Press. New York. Pp: 77-116.
- Hortelano S. R., R., A. Gil M., A. Santacruz V., S. Miranda C. y L. Córdova T. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34:189-200.
- Hortelano S. R., R., A. Gil M., A. Santacruz V., H. López S., P. A. López y S. Miranda C. 2012. Diversidad fenotípica de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35:97-109.
- Johannessen, C. L., M. R. Wilson and W. A. Davenport. 1970. The domestication of maize: process or event?. *Geographical Review* 60:393-413.
- Latournerie M., L., L. M. Arias R., J. Tuxill, E. de la C. Yupit M., M. Gómez L. and J.G. Ix N. 2004. Maize seed supply systems in a Mayan community of Mexico. *In: Seed systems and crop genetic diversity on-farm*. D.I. Jarvis, R. Sevilla-Panizo, J.L. Chavez-Servia and T. Hodgkin (eds.). *Proceedings of a Workshop*, 16-20

- September 2003, Pucallpa, Perú. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. pp:16-20.
- Leclerc, C. and G. Coppens d'Eeckenbrugge. 2012. Social organization of crop genetic diversity. The G × E × S interaction model. *Diversity* 4:1-32.
- Louette, D., A. Charrier and J. Berthaud. 1997. *In situ* conservation of maize in Mexico: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20-38.
- Louette, D. and M. Smale. 2000. Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113: 25-41.
- Morris, M. L. 2002. Impacts of international maize breeding research in developing countries, 1966-98. Economics Program CIMMYT. Mexico, D.F. 54 p.
- Pandey, A., I. S. Bisht, K.V. Bhat and P. S. Mehta. 2011. Role of informal seed system in promoting landrace diversity and their on-farm conservation: a case study of rice in Indian Himalayas. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58:1213-1224.
- Pautasso, M., G. Aistara, A. Barnaud, S. Caillon, P. Clouvel, O. T. Coomes, M. Dêletre, E. Demeulenaere, P. De Santis, T. Döring, L. Eloy, L. Emperaire, E. Garine, I. Goldringer, D. Jarvis, H. I. Joly, C. Leclerc, S. Louafi, P. Martin, F. Massol, S. McGuire, D. Mckey, C. Padoch, C. Soler, M. Thomas and S. Tramontini. 2013. Seed exchange networks for agrobiodiversity conservation. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 33:151-175.

- Perales R., H., S. B. Brush and C. O. Qualset. 2003a. Landraces of maize in Central Mexico: an altitudinal transect. *Economic Botany* 57:7-20.
- Perales R., H., S. B. Brush and C. O. Qualset. 2003b. Dynamic management of maize landraces in Central Mexico. *Economic Botany* 57:21-34.
- Pressoir, G. and J. Berthaud. 2004a. Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92:88-94.
- Pressoir, G. and J. Berthaud. 2004b. Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92:95-101.
- SAS Institute. 2002. SAS Procedures Guide. Ver. 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A. 1643 p.
- SNICS, Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 2012. Estadísticas de producción de semilla certificada 2003-2009. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. Disponible en: <http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/estadisticas/Paginas/AA-2008-2009.aspx>. (consultado en marzo 2014).
- SIAP, Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (2013) Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA, México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/> (consultado en marzo 2014).

SPSS Inc. 2010. IBM SPSS Statics Release 19.0.0. Statistical Package for the Social Sciences. SPSS Inc. and IBM Company. USA.

Soleri, D. and D.A. Cleveland. 2001. Farmers' Genetic Perceptions Regarding Their Crop Populations: An Example with Maize in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* 55(1):106-128.

Thomas, M., J.C. Dawson, I. Goldringer and C. Bonneuil. 2011. Seed exchanges, a key to analyze crop diversity dynamics in farmer-led on-farm conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 58:321-338.

Trueba C., A.J. 2012. *Semillas Mexicanas Mejoradas de Maíz: Su Potencial Productivo*. Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México. 152 p.

Valdivia E., R. 2004. The use and distribution of seeds in areas of traditional agriculture. *In: Seed systems and crop genetic diversity on-farm*. D.I. Jarvis, R. Sevilla-Panizo, J.L. Chavez-Servia and T. Hodgkin (eds.). Proceedings of a Workshop, 16-20 September 2003, Pucallpa, Perú. International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. pp: 21-25.

van Etten, J. 2006. Changes in farmers' knowledge of maize diversity in highland Guatemala, 1927/37-2004. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 2:12. Doi:10.1186/1746-4269-2-12.

van Etten, J. and S. de Bruin. 2007. Regional and local maize seed exchange and replacement in the western highlands of Guatemala. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization* 5:57–70.

van Heerwaarden, J., J. Hellin, R. F. Visser and F. A. Eeuwijk. 2009. Estimating maize genetic erosion in modernized smallholder agriculture. *Theoretical and Applied Genetics* 119:875-888.

Vigouroux, Y., J. C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M. M. Goodman, J. Sánchez G. and J. Doebley. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253.

CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo con los resultados y discusión presentados en los capítulos anteriores se llegó a las siguientes conclusiones:

Se acepta la primer hipótesis, ya que en el altiplano central del estado de Puebla y parte del estado de Tlaxcala existe una gran variación entre y dentro de grupos formados por las poblaciones nativas de maíz, la cual es más evidente en atributos tales como días a floración femenina, longitud y diámetro de mazorca, peso de materia seca de grano, número de hojas arriba de la mazorca, diámetro de olote, relación entre longitud de la rama central y longitud de la espiga, relación entre altura de mazorca y altura de planta, relación entre número de hileras y diámetro de mazorca, relación entre longitud de pedúnculo y longitud de espiga, y relación de grosor entre longitud de grano. No obstante, esa variación puede agruparse en torno a poblaciones representativas de las razas reportadas para el altiplano central: Chalqueño, Cónico, Elotes Cónicos y Cacahuacintle, y la sub-raza Elotes Chalqueños. A pesar de lo anterior, es importante resaltar que la variación identificada es continua en dos sentidos, primero en cuanto a que en las tres regiones de estudio están presentes poblaciones nativas representativas de las razas mencionadas (sugiriendo con ello la existencia de intercambio de germoplasma), y segundo por el hecho de que aún dentro de los grupos previamente mencionados, existe variación entre las poblaciones nativas que los integran. Ello denota la existencia de cierta individualidad entre tales materiales, atribuible muy seguramente tanto a la selección a la cual han estado sujetas por parte de los agricultores quienes las manejan como a la impuesta por el entorno ambiental en el cual se desarrollan.

Se acepta parcialmente la segunda hipótesis, ya que en el sistema local de semillas el germoplasma circula principalmente dentro de las localidades y en menor frecuencia hacia fuera de ellas, por lo tanto se concluye que en la región de estudio existe un sistema local de abastecimiento de semillas bien establecido, aunque con algunas variantes dependiendo de la subregión considerada. En lo general, el sistema presenta las siguientes características: el tipo de semilla manejado preponderantemente (> 90 %) corresponde a poblaciones nativas; hay una baja tasa de reemplazo de lotes de semilla (ca. 20 %); alrededor del 56 % de los lotes de semilla están sujetos a intercambio entre los agricultores, el cual se da principalmente dentro de la comunidad (vía venta, regalo o intercambio) a la cual pertenece el agricultor, particularmente entre parientes o conocidos. Un aspecto particularmente importante es el hecho de que los agricultores sólo confían en los lotes de semilla locales o regionales cuando por alguna causa deben reemplazarlos, ello debido a su confirmada adaptación a las condiciones ambientales locales. La existencia de este sistema contribuye de manera importante al uso y permanencia de las poblaciones nativas en la región.

APÉNDICE

Flujo de semillas en tres microrregiones del centro del estado de Puebla

No. de cuestionario _____ Entrevistador: _____

Nombre del entrevistado: _____

Edad: _____ Sexo: _____ Escolaridad _____

Localidad: _____ Municipio: _____

Fecha: _____

Sección I: El agricultor como demandante de semilla.

1.- ¿Qué tipos de maíz siembra?	2.- Tipo de Semilla	3.- ¿Cuál es el origen de la semilla sembrada?	4.- Si compró o consiguió semilla, ¿de qué lugar proviene?	5.- Forma de transacción si consiguió semilla.	6.- Antigüedad (Siembra continua).
Blanco/Crema					
Azul					
Rojo					
Amarillo					
Cacahuacintle					
Otro (especificar)					

1= Criolla

2=Mejorada

1= Propia o familiar

2= Otros agricultores de la comunidad o fuera

1= Misma comunidad.

2= Comunidad vecina del mismo municipio
3= Comunidad de otro municipio.

1= Préstamo o donación familiar.

2= Préstamo vecino
3= Compra vecino/otro.

4= Otro estado

4= Compra tianguis.
 5= Tienda de semillas.
 6= Intercambio.
 7= Otro

Tipo de maíz	7.- ¿Qué le motivó a sembrar esa(s) variedad(es)?	8.- ¿Cada cuántos años sustituye una variedad por otra?	9.- Superficie sembrada por variedad (Has).	10.- Régimen de humedad.	11.- Producción obtenida regularmente (toneladas)	12.- Destino de la producción.
Blanco/Crema						
Azul						
Rojo						
Amarillo						
Cacahuacintle						
Otro (especificar nombre asignado por el agricultor)						

1= Curiosidad.
 2=Recomendación técnica.
 3=Demanda en mercado.
 4=Perdida por eventos ambientales.
 5=Perdida de características deseables de la variedad.

1= Riego.
 2= Temporal

 3= Humedad residual.

1= Autoconsumo.
 2=Mercado.

 3= Ambos

Sección II: El Agricultor como fuente de abastecimiento de semillas a otros productores (últimos cinco años).

Tipo de maíz	13.- ¿Usted proporciona o ha proporcionado semilla a otros productores?	14.- ¿A quién ha proporcionado Semilla?	15.- ¿Cuál es la procedencia del agricultor a quien proporcionó semilla?	16.- ¿Cómo proporcionó esa(s) semilla(s)?	17.- Cuando vende semilla, ¿a qué precio la vende?
Blanco/Crema					
Azul					
Rojo					
Amarillo					
Cacahuacintle					
Otro (especificar nombre asignado por el agricultor)					

1= Si, ¿Cuál?

2= No.

1= Familiar.

2= Vecino.

3= Conocido.

4= Productor desconocido.

1= Misma comunidad.

2= Comunidad vecina del mismo municipio

3= Comunidad de otro municipio.

4= Otro estado

1=Venta

2=Préstamo

3=Intercambio

4=Regalada

Sección III: Causas de pérdida de semilla de una variedad.

Tipo de maíz	18.- ¿Cuales son las principales causas por las que puede perder una variedad?	19.- ¿Usted ha perdido alguna variedad de semilla?	20.- ¿Cuál fue la causa por la que perdió esa variedad?	21.- En caso de pérdida, ¿con quién conseguiría semilla?	22.- ¿En dónde conseguiría semilla?	23 ¿Por qué específicamente en ese lugar?
Blanco/Crema						
Azul						
Rojo						
Amarillo						
Cacahuacintle						
Otro (especificar nombre asignado por el agricultor)						

1= Sequia.	1= Si.	1= Sequia.	1=Familiar	1= Misma comunidad.
2= Heladas.	2= No.	2= Heladas.	2=Vecino	2= Comunidad vecina del mismo municipio
3= Inundación.		3= Inundación.	3=Conocido	3= Comunidad de otro municipio.
4= Plagas de almacén.		4= Plagas de almacén.	4=Tienda de semillas	4= Otro estado
5= Otra (anotar)		5= Otra (anotar)		