



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**  
INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOTOMOXTLE EN POBLACIONES  
NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA**

**MARTHA DEL CARMEN FLORES ROSALES**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE

**DOCTORA EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA

2015



## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN

CAMPUE- 43-2-03

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

Aunado al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Martha del Carmen Flores Rosales**, alumna 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. J. Arahón Hernández Guzmán**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Rendimiento y calidad de totomoxtle en poblaciones nativas de maíz del estado de Puebla**, 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 la 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, 09 de diciembre del 2015.

M. C. Martha del Carmen Flores Rosales  
Nombre completo y Firma

Dr. J. Arahón Hernández Guzmán  
Vo. Bo. Profesor Consejero  
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](mailto:edar@colpos.mx) ; [admisionescampuspuebla@colpos.mx](mailto:admisionescampuspuebla@colpos.mx)

La presente tesis, titulada: **Rendimiento y calidad de totomoxtle en poblaciones nativas de maíz del estado de Puebla**, realizada por la alumna: **Martha del Carmen Flores Rosales**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

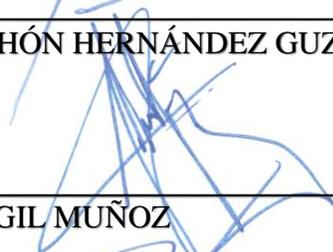
CONSEJERO:



---

DR. J. ARAHÓN HERNÁNDEZ GUZMÁN

ASESOR:



---

DR. ABEL GIL MUÑOZ

ASESOR:



---

DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

ASESOR:



---

DR. FILEMÓN PARRA INZUNZA

ASESOR:



---

DR. RENÉ HORTELANO SANTA ROSA

Puebla, Puebla, México, 09 de diciembre del 2015

## **Agradecimientos**

A Dios, por haberme permitido llegar a este momento tan importante en mi vida y en compañía de todos mis seres queridos.

Con todo el amor del mundo y con mucho cariño le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de cada proyecto que he emprendido a mis padres: Cristina Rosales Mendoza y Hermilo Flores Ibáñez. Quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar apoyándome en todo momento, depositando su confianza en cada reto que me he propuesto. Son para mí el ejemplo a seguir de matrimonio con amor perfecto.

Un agradecimiento muy especial y merecido por comprensión, paciencia y apoyo para mis queridos y amados hermanos: Sara, José, Arturo, Rosario, Alejandro y Uriel.

A Luis A. Montes Hernández, quien es mi amado e inseparable compañero de vida. Con quien he compartido sueños, ilusiones, momentos difíciles, pero también momentos de inmensa felicidad. Gracias por estar a mi lado incondicionalmente desde hace mucho tiempo; apoyándome, comprendiéndome y ayudándome más allá de donde te es posible.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca que me permitió realizar mis estudios, dándome la oportunidad de seguir adelante en mi formación.

Al programa en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, por haberme aceptado como estudiante de Doctorado, el cual cursé con alegría y entusiasmo en un ambiente de confianza y solidaridad.

A mi Consejero y a los integrantes de mi consejo particular mis más profundos y sinceros agradecimientos, por apoyarme a iniciar y finalizar con este proyecto académico y de vida:

Al Dr. J. Arahón Hernández Guzmán: gracias por aceptar ser mi Consejero y compartir conmigo sus proyectos, y por su dedicación y apoyo durante todo este tiempo.

Al Dr. Abel Gil Muñoz: gracias, porque su apoyo para mí fue vital e importante debido a sus valiosas aportaciones para el desarrollo y finalización de este proyecto.

Al Dr. Pedro Antonio López: gracias por su apoyo en las revisiones, asesoramiento y valiosas aportaciones de conocimiento para la realización de este proyecto.

Al Dr. Filemón Parra Inzunza: gracias por su aporte, apoyo y horas dedicadas para mejorar esta investigación.

Al Dr. René Hortelano Santa Rosa: por aceptar formar parte de mi consejo en la última etapa y apoyarme para mejorar esta investigación.

A mis sinodales: Dr. Mario Valadez Ramírez y Dr. Jorge Antonio Hernández Plascencia, quienes han tenido la amabilidad y disposición para apoyarme a culminar este proyecto.

Gracias a todos mis profesores, compañeros y personal administrativo del Colegio de Postgraduados Campus Puebla, quienes fueron importantes e intervinieron de manera directa e indirecta en mi formación académica, personal y en la realización de este proyecto.

# **RENDIMIENTO Y CALIDAD DE TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA**

Martha del Carmen Flores Rosales, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2015

En el estado de Puebla, México, la diversidad del maíz está asociada con sus usos tradicionales, uno de los cuales es el aprovechamiento del totemoxtle. En algunas regiones del país este aprovechamiento está documentado, pero no en el estado de Puebla. Por lo que en este trabajo se plantearon tres objetivos: 1) Evaluar la variación fenotípica en poblaciones nativas de maíz de las regiones de, Libres, Tehuacán y Teziutlán, con base en características de totemoxtle. El análisis de resultados mediante técnicas estadísticas uni y multivariadas demostró que entre poblaciones existe amplia variación genética para totemoxtle, sugiriendo como criterios de selección para identificar poblaciones con potencial para la producción de totemoxtle el peso, longitud y ancho de totemoxtle, así como la cobertura de la mazorca. 2) Determinar las proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina del totemoxtle. Los resultados indicaron que existe una variación significativa entre y dentro de las regiones del estado de Puebla con respecto a estos componentes. Los promedios más altos de celulosa y hemicelulosa se encontraron en poblaciones de la región de Tehuacán y son comparables a los de variedades mejoradas para producción de totemoxtle procedentes de Nayarit. 3) Documentar en regiones productoras de maíz del estado de Puebla la importancia de la comercialización del totemoxtle para la agregación de valor en maíz. Las encuestas aplicadas a comercializadores y productores de totemoxtle demostraron que su venta impacta positivamente a la economía del productor, ya que representa un ingreso adicional. El aprovechamiento del totemoxtle coadyuva a la conservación de poblaciones nativas de maíz, adaptadas a diferentes condiciones ambientales.

Palabras clave: Comercialización, Composición bioquímica, Totomoxtle, *Zea mays* L.

# **PERFORMANCE AND QUALITY OF TOTOMOXTLE (CORNHUSK) IN NATIVE MAIZE POPULATIONS OF PUEBLA STATE**

Martha del Carmen Flores Rosales, PH. D.

Colegio de Postgraduados, 2015

In the state of Puebla, Mexico, maize diversity is associated with its traditional uses, one of them is the utilization of the cornhusk (totomoxtle). This use has been documented in some regions of the country, but not in Puebla. Therefore, three objectives were stated for this research: 1) To assess the level of phenotypic variation in native maize populations in three regions of the state of Puebla: Libres, Tehuacan y Teziutlan, considering cornhusk characteristics. The analysis of results using uni- and multivariate statistical techniques showed that, among populations, a large genetic diversity exists for cornhusk traits. Weight, length and width of cornhusk as well as ear coverage are suggested as selection criteria to identify populations suited for cornhusk production. 2) To assess the proportions of cellulose, hemicellulose and lignin present in cornhusk. The results indicated that there is a significant variation among and within regions of the state of Puebla for these components. The highest averages for cellulose and hemicellulose were found in populations of the region of Tehuacan, and they are comparable to those present in improved varieties from the state of Nayarit, which were improved for production of cornhusk. 3) To document the importance of cornhusk commercialization as a means of adding value to maize in regions that produce this cereal in the state of Puebla. Surveys applied to traders and cornhusk producers showed that cornhusk sales impact in a positive way the economy of producers, since those represent an additional income. Cornhusk utilization contributes to the conservation of native maize populations adapted to different environmental conditions.

Key words: commercialization, biochemical composition, totomoxtle, *Zea mays* L.

# INDICE

	<b>Páginas</b>
ÍNDICE DE CUADROS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	2
1.1 Problema de investigación .....	3
1.2 Objetivos .....	4
1.3 Hipótesis .....	5
1.4 Organización de la tesis .....	5
1.5 Referencias.....	6
CAPÍTULO II. VARIABILIDAD EN ATRIBUTOS DE TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO .....	9
2.1 Resumen.....	10
2.2 Abstract .....	11
2.3 Introducción .....	12
2.4 Materiales y Métodos.....	16
2.4.1 Material genético .....	18
2.4.2 Sitios experimentales.....	19
2.4.3 Manejo agronómico.....	19
2.4.4 Diseño experimental.....	19
2.4.5 Variables evaluadas.....	20
2.4.6 Análisis estadístico.....	20
2.5 Resultados .....	21
2.6 Discusión .....	27
2.7 Conclusiones.....	30
2.8 Referencias.....	31
CAPITULO III. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DEL TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA .....	35
3.1 Resumen.....	36
3.2 Abstract .....	37
3.3 Introducción .....	38

3.4 Materiales y Métodos.....	39
3.4.1. Material genético.....	39
3.4.2 Determinación de celulosa, hemicelulosa y lignina en la fibra de totomoxtle por el método de fibra detergente.....	40
3.4.2.1 Fibra detergente neutra (FDN).....	40
3.4.2.2 Fibra detergente ácido (FDA).....	41
3.4.2.3 Determinación de lignina (ADL).....	41
3.4.3 Análisis estadístico.....	42
3.5 Resultados y Discusión.....	42
3.6 Referencias.....	46
<b>CAPITULO IV. SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TOTOMOXTLE EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO..</b>	<b>49</b>
4.1 Resumen.....	50
4.2 Abstract.....	51
4.3 Introducción.....	52
4.4 Materiales y métodos.....	54
4.4.1 Área de Estudio.....	54
4.4.2 Tamaño de muestra.....	55
4.4.3 Instrumento empleado.....	57
4.4.4 Análisis estadístico.....	57
4.5 Resultados.....	58
4.5.1 Resultados de la encuesta dirigida a comerciantes.....	58
4.5.2 Características generales de los productores de maíz y totomoxtle.....	61
4.5.3 Análisis de componentes principales.....	64
4.6 Discusión.....	69
4.7 Conclusiones.....	72
4.8 Referencias.....	72
<b>CAPITULO V. ESTRATEGIA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL TOTOMOXTLE</b>	<b>76</b>
5.1 Lo realizado en este trabajo:.....	77
5.1.1 Se Identificaron y seleccionaron con base en características morfológicas y agronómicas, las poblaciones de maíz sobresalientes para aprovechamiento de grano y totomoxtle.....	77

5.1.2 Se caracterizó bioquímicamente a las poblaciones sobresalientes. ....	77
5.2 Propuesta de estrategia para la conservación y aprovechamiento del totomoxtle en poblaciones nativas de maíz .....	78
5.3 Referencias.....	81
CAPITULO VI. CONCLUSIONES GENERALES .....	83
ANEXOS .....	86
Anexo 1. CUESTIONARIO PARA COMERCIANTES DE TOTOMOXTLE EN MERCADOS Y TIANGUIS .....	86
Anexo 2. CUESTIONARIO PARA PRODUCTORES .....	88

## ÍNDICE DE CUADROS

Páginas

### **CAPÍTULO II. VARIABILIDAD EN ATRIBUTOS DE TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO. ....9**

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por región, media y coeficiente de variación para siete variables morfológicas en poblaciones de maíz evaluadas en tres regiones del estado de Puebla, México, 2009. ....22

**Cuadro 2.** Prueba de medias para las diferentes variables evaluadas en tres regiones de estudio. Puebla, México, 2009. ....23

**Cuadro 3.** Promedios por variable para los cuatro grupos definidos en el dendrograma de las poblaciones evaluadas en las tres regiones de estudio. Puebla, México, 2009. ....25

**Cuadro 4.** Promedios por variable de los tres grupos definidos en el dendrograma de la región de Tehuacán. Puebla, México, 2009. ....26

### **CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DEL TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA. ....35**

**Cuadro 1.** Cuadrados medios del análisis de varianza por región y dentro de las regiones para las poblaciones de maíz evaluadas en el Estado de Puebla, México, 2011. ....43

**Cuadro 2.** Prueba de medias para las diferentes variables evaluadas en el laboratorio, 2011. .44

**Cuadro 3.** Prueba de medias para celulosa, hemicelulosa y lignina en las poblaciones nativas de maíz por región. ....45

### **CAPÍTULO IV. SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TOTOMOXTLE EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO. ...49**

<b>Cuadro 1.</b> Total de productores y superficie sembrada con maíz en 6 localidades del estado de Puebla 2011. ....	56
<b>Cuadro 2.</b> Datos generales de los comerciantes y características deseables del totomoxtle en cinco mercados del estado de Puebla. ....	61
<b>Cuadro 3.</b> Características clave de los hogares agrícolas de los productores de totomoxtle. .	62
<b>Cuadro 4.</b> Vectores propios y valores propios para los tres primeros componentes principales (CP). Caracterización de productores de totomoxtle del estado de Puebla, 2011. ....	65
<b>Cuadro 5.</b> Promedios por variable para los cuatro grupos definidos en el dendrograma de productores evaluados en las tres regiones de estudio. Puebla, México, 2011. ....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>CAPÍTULO II. VARIABILIDAD EN ATRIBUTOS DE TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA, MEXICO .....</b>	<b>9</b>
<b>Figura 1.</b> Ubicación de los municipios en donde se realizaron las colectas.....	<b>17</b>
<b>Figura 2.</b> Dendrograma obtenido con el método de Ward, utilizando seis caracteres morfológicos de totomoxtle medidos en poblaciones de maíz estudiadas en las regiones de Teziutlán, Libres y Tehuacán. Puebla, México, 2009.....	<b>24</b>
<b>Figura 3.</b> Dendrograma obtenido mediante el método de Ward utilizando seis caracteres morfológicos de totomoxtle medidos en 97 poblaciones de maíz de la región de Tehuacán, Puebla, México, 2009. ....	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO IV. SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TOTOMOXTLE EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO. ..</b>	<b>49</b>
<b>Figura 1.</b> Ubicación de lugares donde se aplicaron los cuestionarios a comerciantes de totomoxtle (triángulos rojos) y a productores de totomoxtle (Azul). ....	<b>55</b>
<b>Figura 2.</b> Localidades que abastecen a los principales mercados comercializadores de totomoxtle en el estado de Puebla, 2011. ....	<b>59</b>
<b>Figura 3.</b> Dendrograma obtenido con el método de Ward, utilizando 16 variables de las encuestas aplicadas a productores de maíz en seis localidades del estado de Puebla, México, 2011. ....	<b>66</b>

**Figura 4.** Análisis de correspondencias utilizando 16 variables de los cuestionarios aplicados a productores de maíz en seis localidades del estado de Puebla, México, 2011. ....68

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN GENERAL

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo de mayor importancia en México por ser un alimento central para la alimentación, por la superficie sembrada con el mismo, por su relevancia social, religiosa y cultural, y por el aprovechamiento que de él se da a nivel artesanal e industrial (Gil Muñoz *et al.*, 2004; Gil Muñoz y Álvarez Calderón, 2007).

México es considerado centro de origen, domesticación y dispersión del maíz, entre otras razones porque en el país se han descrito 59 razas (Ortega-Paczka, 2003; Kato Yamakate *et al.*, 2009), las cuales se siembran en una gran variedad de regiones agroecológicas. La diversidad existente puede atribuirse a la selección practicada por el hombre en los numerosos nichos ecológicos desde la domesticación del maíz, así como a los efectos ambientales que cada condición climática ejerce sobre las poblaciones (Carballoso-Torrecilla *et al.*, 2000). Cabe mencionar que los productores de maíz suelen considerar su cultivo como una forma de vida, y no solo un medio de ganarse el sustento. Ellos han mantenido miles de poblaciones de maíz a través del tiempo, seleccionando y conservando características que permiten a las variedades locales tolerar condiciones adversas y, a la vez, ser adecuadas para distintos usos especiales (Muñoz, 2005). Los procesos anteriores se han enriquecido por el intercambio de semillas entre agricultores (Badstue *et al.*, 2006; 2007). Tal diversidad se conserva y se sigue generando debido a que el maíz se utiliza en muy diversas formas pues, como lo mencionan Long y Villarreal (1998), en México, de una manera o de otra, cada parte de la planta tiene algún uso.

El totomoxtle, el cual botánicamente se refiere a las brácteas que envuelven a la mazorca, era considerado como un subproducto del maíz, pero en la actualidad tiene un uso más amplio que va más allá de la envoltura de tamales y la elaboración de artesanías. Long y Villarreal (1998) afirman que el totomoxtle es una materia prima natural que por tradición se emplea en diversas partes del mundo para confeccionar coloridas muñecas, arreglos florales, tapetes, canastos, “moisés” para bebés y figuras diversas, entre muchas otras cosas; dada la flexibilidad que tiene para ser trabajado manualmente, es factible hacer tantas obras de arte

como la imaginación del artesano lo permita. Agregan que las muñecas y flores de totomoxtle están tomando cada vez más importancia en los mercados turísticos nacionales e internacionales, en donde la presencia de nuevos, creativos y coloridos productos étnicos es común.

En algunos estados del país, como Nayarit (Rice, 2007), Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca, Tamaulipas (Long and Villareal, 1998) y en la región Totonaca de Veracruz (King, 2007), agricultores que cultivan maíz se han orientado a la comercialización del totomoxtle, debido a la demanda existente para el mismo, tanto en mercados nacionales como internacionales, y a su mayor redituabilidad, comparado con el grano. De acuerdo con King (2007), en la zona totonaca de Veracruz hay agricultores que le dan mayor importancia a la producción de totomoxtle, para lo cual emplean variedades nativas dado que, en su opinión, éstas producen más y mejor totomoxtle que las variedades mejoradas; razón por la cual esta actividad incentiva a los agricultores a continuar sembrando sus propias variedades, favoreciendo con ello la preservación de la diversidad genética del maíz en esta región agrícola, aunque la selección de estas poblaciones sea principalmente por su potencial para producir totomoxtle, más que para la producción de grano.

Otro nicho de oportunidad lo evidenciaron Reddy y Yang (2005a), quienes reportaron que las fibras de totomoxtle reúnen las características requeridas para aplicaciones textiles e industriales, lo que las convierte en un insumo potencial para constituirse en una de las fuentes de fibras naturales de celulosa más barata y disponible, susceptible de ser utilizada en la elaboración de ropa y otros productos biodegradables de alto valor económico y ambiental.

En México existen investigaciones en las cuales se ha estudiado la magnitud de la variación genética presente en maíz a nivel morfológico (Wellhausen *et al.*, 1951; Montes-Hernández *et al.*, 2014), bioquímico (Sánchez *et al.*, 2000) y molecular (Reif *et al.*, 2006; Vigoroux *et al.*, 2008). En el Estado de Puebla, en particular, diversos trabajos han evidenciado que existe una amplia variabilidad genética en maíz para coloración de grano, caracteres agronómicos y morfológicos (Gil Muñoz *et al.*, 2004; Muñoz Orozco, 2005; Hortelano Santa Rosa *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010), atributos relacionados con la aptitud del grano

para diferentes usos tradicionales, como la nixtamalización (Rangel-Meza *et al.*, 2004; Mauricio Sánchez *et al.*, 2004), o para su aprovechamiento en la producción de rastrojo (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013) o elote (Ortiz-Torres *et al.*, 2013), sin embargo, ninguno se ha enfocado a estudiar la aptitud de las poblaciones nativas para la producción de totomoxtle.

## **1.1 Problema de investigación**

Los altos costos de producción del maíz y el bajo ingreso derivado de la comercialización del grano, conllevaron a la búsqueda de alternativas para hacer más rentable su cultivo; una de ellas es la selección de germoplasma apto para usos especiales, como lo es el aprovechamiento del totomoxtle.

En diversas regiones agrícolas del país se ha demostrado que la industria de la hoja de maíz o totomoxtle representa una fuente de ingreso adicional a la economía campesina, ya que el precio del totomoxtle es mayor al del grano (Rice, 2004; King, 2007). Tal industria se mantiene debido a que existen mercados nacionales e internacionales que demandan el totomoxtle. En este sentido cabe señalar que la exportación de totomoxtle a los Estados Unidos ha crecido sustancialmente en la última década, y que el mayor volumen de totomoxtle que se comercializa en ese país proviene de México (King, 2007). Conviene mencionar que en el proceso de aprovechamiento del totomoxtle participan hombres, mujeres y niños (Long and Villareal, 1988), por lo que esta actividad contribuye a la integración y al bienestar familiar.

Estudios conducidos en la región totonaca en Veracruz, México (King, 2007) demuestran que los agricultores que se dedican al aprovechamiento del totomoxtle prefieren utilizar sus poblaciones nativas porque presentan mayor calidad que las mejoradas. A ello hay que agregar que en la actualidad existen variedades comerciales de maíz que han sido mejoradas principalmente para rendimiento de grano, pero no para totomoxtle. Por ello, la selección simultánea para producción de grano y totomoxtle, a partir de la diversidad genética local, representa una estrategia que conviene aprovechar en los programas de mejoramiento genético.

Una razón más para trabajar en la línea de calidad de totomoxtle es que éste representa un potencial actual y futuro para la elaboración de artesanías, como ocurre ya en numerosas comunidades de México (Long and Villarreal, 1998). Investigaciones recientes (Reddy and Yang, 2005b) han evidenciado el potencial del totomoxtle para la fabricación de ropa debido a que la fibra que de él se obtiene es de calidad y fineza comparables con la del algodón, por lo que su utilización en la industria textil podría ser importante en el futuro cercano. En este contexto, la proporción de celulosa con respecto al contenido de hemicelulosa y lignina en el totomoxtle es determinante.

Lo antes expuesto da idea de opciones que confieren o pueden conferir un valor agregado a la producción tradicional de maíz, y que además generan empleos.

En el estado de Puebla no existen investigaciones sobre la identificación y caracterización de poblaciones nativas para la producción de totomoxtle. Y desde una perspectiva socioeconómica, en este estado no se ha documentado la importancia que tiene la producción del totomoxtle en las regiones donde se aprovecha.

Considerando los elementos expuestos fue que se planteó la presente investigación, buscando primeramente determinar el nivel de variabilidad existente entre poblaciones nativas de maíz para rendimiento y calidad de totomoxtle en las regiones poblanas de Teziutlán, Libres y Tehuacán; después, y considerando las posibilidades de aprovechamiento en la industria textil, determinar la variación presente para contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina en las poblaciones previamente seleccionadas por su potencial para la producción de totomoxtle; y, finalmente, documentar la importancia del aprovechamiento del totomoxtle para la agregación de valor.

## **1.2 Objetivos**

1. Caracterizar poblaciones nativas de maíz con base en rendimiento de grano y de totomoxtle en las regiones de Libres, Tehuacán y Teziutlán del estado de Puebla.

2. Evaluar la calidad bioquímica del totomoxtle en poblaciones de maíz promisorias para rendimiento y calidad física de este carácter.
3. Documentar la importancia del aprovechamiento del totomoxtle en regiones del estado de Puebla para la agregación de valor en maíz.

### **1.3 Hipótesis**

1. Entre las poblaciones nativas de maíz del estado de Puebla evaluadas, existen diferencias en términos de rendimiento de grano y de totomoxtle, entre y dentro de las regiones de estudio.
2. Existen diferencias en los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina del totomoxtle entre los diferentes materiales genéticos promisorios para su producción.
3. La comercialización del totomoxtle en el estado de Puebla se basa en poblaciones nativas de maíz y contribuye al ingreso familiar.

### **1.4 Organización de la tesis**

Para resolver los aspectos fundamentales relacionados con el problema de investigación y dar cumplimiento a los objetivos planteados, la información se presenta en capítulos. En el Capítulo I se expone una introducción general; en el Capítulo II se muestran los resultados concernientes a la variabilidad para atributos de calidad física de totomoxtle en las poblaciones de maíz evaluadas en las regiones de Libres, Tehuacán y Teziutlán; en el Capítulo III se aborda la caracterización bioquímica del totomoxtle, con base en contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina; en el Capítulo IV se sistematiza información derivada de encuestas enfocadas a documentar la importancia del aprovechamiento del totomoxtle para la agregación de valor en maíz en el estado de Puebla; el Capítulo V aborda una estrategia para el aprovechamiento de totomoxtle en las regiones de estudio; y finalmente, el Capítulo VI concentra las conclusiones generales derivadas del estudio.

## 1.5 Referencias

- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. A. & López-Romero, G.** (2010). CARACTERIZACIÓN Y RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE MAÍZ NATIVAS DE MOLCAXAC, PUEBLA. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 287-296.
- Badstue, L., Bellon, M., Berthaud, J., Juárez, X., Rosas, I., Solano, A. & Ramírez, A.** (2006). Examining the Role of Collective Action in an Informal Seed System: a Case Study from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Hum Ecol*, 34(2), 249-273.
- Badstue, L., Bellon, M., Berthaud, J., Ramírez, A., Flores, D. & Juárez, X.** (2007). The Dynamics of Farmers' Maize Seed Supply Practices in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *World Development*, 35(9), 1579-1593. DOI: 10.1016/j.worlddev.2006.05.023
- Carabaloso-Torrecilla, V., Mejía-Contreras, A., Balderrama-Castro, S., Carballo-Carballo, A. & González-Cossío, F.** (2000). DIVERGENCIA EN POBLACIONES DE MAÍZ NATIVAS DE VALLES ALTOS DE MÉXICO. *Agrociencia*, 34, 167-174.
- Gil Muñoz, A., López, P. A., Muñoz Orozco, A. & López Sánchez, H.** (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 y D.I. Jarvis (eds.). (pp. 18-25). Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Gil Muñoz, A. y Álvarez Calderón, N.** (2007). *El maíz criollo en la alimentación de las familias campesinas de Santiago Xalitzintla* (2nd ed.). Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Hortelano Santa Rosa, R., Gil Muñoz, A., Santacruz Varela, A., Miranda Colín, S. & Córdova Téllez, L.** (2008). Diversidad morfológica de maíces nativos del valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México*, 34(2), 189-200.
- Kato Yamakate, T., Mapes Sánchez, C., Mera Ovando, L., Serratos Hernández, J. & Bye Boettler, R.** (2009). *Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica* (116 p.). México, D. F.: UNAM-CONABIO.
- King, A.** (2007). Trade and totomoxtle: livelihood strategies in the Totonacan region of Veracruz, México. *Agric Hum Values*, 24(1), 29-40.

- Long, N. and Villareal, M.** (1998). Small product, big issues: Value contestations and cultural identities in cross-border commodity networks. *Development and Change*, 29(4), 725-750.
- Mauricio Sánchez, R., Figueroa Cárdenas, J., Taba, S., Reyes Vega, M., Rincón Sánchez, F. & Mendoza Galván, A.** (2004). Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(3), 213-222.
- Montes-Hernández, L., Hernández-Guzmán, J., López-Sánchez, H., Santacruz-Varela, A., Vaquera-Huerta, H. & Valdivia-Bernal, R.** (2014). Expresión fenotípica in situ de características agronómicas y morfológicas en poblaciones del maíz raza Jala. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 37(4), 363-372.
- Muñoz Orozco, A.** (2005) *Centli Maíz* (2nd. ed.). Estado de México, México: Colegio de Postgraduados, Montecillo.
- Muñoz-Tlahuiz, F., Guerrero-Rodríguez J., López, P., Gil-Muñoz, A., López-Sánchez, H., Ortiz-Torres, E., Hernández-Guzmán, J., Taboada-Gaytán, O., Vargas-López, S. & Valadez-Ramírez, M.** (2013). Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4(4), 515-530.
- Ortega-Paczka, R.** (2003). *La diversidad del maíz en México. In: Sin Maíz no Hay País.* (pp. 123-154). México, D. F.: Museo Nacional de Culturas Populares e Indígenas.
- Ortiz-Torres, E., López, P., Gil-Muñoz, A., Guerrero-Rodríguez, J., López-Sánchez, H., Taboada-Gaytan, O., Hernández-Guzmán, J. & Valadez-Ramírez, M.** (2013). Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(2), 225-238.
- Rangel-Meza, E., Muñoz Orozco, A., Vázquez-Carrillo, G., Cuevas-Sánchez, J., Merino-Castillo, J. & Miranda-Colín, S.** (2004). Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia*, 38(1), 53-61.
- Reddy, N. and Yang, Y.** (2005a). Properties and potential applications of natural cellulose fibers from cornhusks. *Green Chemistry*, 7(4), 190–195.
- Reddy, N. and Yang, Y.** (2005b). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends in Biotechnology*, 23(1), 22-27. doi:10.1016/j.tibtech.2004.11.002

- Reif, J., Waburton, M., Xia, X., Hoisington, D., Crossa, J., Taba, S., Muminović, J., Bohn, M., Frisch, M. & Melchinger, A.** (2006). Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers. *Theor Appl Genet*, 113(2), 177-185.
- Rice, E.** (2007). Conservation in a changing world: in situ conservation of the giant maize of Jala. *Genet Resour Crop Evol*, 54(4), 701-713.
- Sánchez G. J., Goodman, M. & Stuber, C.** (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ Bot*, 54(1), 43-59.
- Vigouroux, Y., Glaubitz, J., Matsuoka, Y., Goodman, M., Sánchez, G. J. & Doebley, J.** (2008). Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany*, 95(10), 1240-1253.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. & Hernández Xolocotzi, E. en colaboración con Mangelsdorf, P. C.** (1951). *Razas de Maíz en México: Su Origen, Características y Distribución*. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.

## **CAPÍTULO II**

### **VARIABILIDAD EN ATRIBUTOS DE TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO**

### **VARIABILITY IN CONRHUSK TRAITS OF LANDRACE FROM THE STATE OF PUEBLA, MEXICO**

Martha del Carmen Flores-Rosales<sup>1</sup>, J. Arahón Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Pedro Antonio López<sup>1</sup>, Filemón Parra-Inzunza<sup>1</sup> y Félix Valerio González-Cossío<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. Puebla, México, 72760. México.

<sup>2</sup> Colegio Mexicano de Especialistas en Recursos Naturales A.C., Callejón de las Flores No. 8 San Luis Huexotla, Municipio de Texcoco, Estado de México, MX.

## 2.1 Resumen

En México existe una gran diversidad de poblaciones nativas de maíz, la cual ha sido estudiada con fines de clasificación racial, caracterización, adaptación y valoración de su potencial para la producción de grano, entre otros aspectos. Sin embargo, son pocos los trabajos acerca del totomoxtle (brácteas que cubren la mazorca). A pesar de su relevancia, a la fecha no existen investigaciones orientadas a precisar la magnitud de la variabilidad presente para tal estructura, motivo por el cual se llevó a cabo la presente investigación, con el objetivo de evaluar el nivel de variación fenotípica presente para diversas características de totomoxtle en poblaciones nativas de maíz de tres regiones del estado de Puebla. Para ello, en 2009 se evaluaron 135 poblaciones en la región de Libres, 95 en la de Tehuacán y 76 en la de Teziutlán; todas ellas procedentes de cada región de estudio. Estos materiales, más los testigos correspondientes, se ensayaron en diseños tipo látice. Las variables evaluadas fueron: longitud del totomoxtle, ancho del totomoxtle, cobertura de mazorca, peso del totomoxtle, peso del pedúnculo, peso de la mazorca y rendimiento de grano por planta. El análisis de conglomerados de las tres regiones demostró que las poblaciones nativas se agruparon de acuerdo a su lugar de origen, y que dentro de éstas existió una gran variación morfológica. Se concluye que en las regiones de Teziutlán, Libres y Tehuacán existe amplia variación para atributos asociados con totomoxtle, y que son las poblaciones nativas de la región de Tehuacán las que presentan mayor potencial para el aprovechamiento de este producto del maíz. El peso, longitud, ancho de totomoxtle y cobertura de mazorca, son variables fenotípicas sugeridas como criterios de selección en la identificación de poblaciones de maíz promisorias para la producción de totomoxtle e iniciar programas de mejoramiento genético con este propósito.

Palabras clave: *Zea mays L.*, Poblaciones Nativas de Maíz, Puebla, Totomoxtle, Variabilidad, Criterios de Selección.

## 2.2 Abstract

Maize (*Zea mays* L.) germplasm accessions in Mexico have been studied for grain yield and other traits. The cornhusk, or totomoxtle, is more important than the grain for Mexican peasant farmers because it generates increased income. However, limited information is available on the level of phenotypic variation in cornhusk traits, and few studies have been performed on the potential of maize landraces for the production of cornhusk. This study assessed maize landraces from three regions in Mexico. These landraces (as well as checks) were evaluated at multiple locations using lattice designs. The measured variables included the per-plant grain yield, cornhusk length and width, ear coverage, and cornhusk, peduncle and ear weight. A cluster analysis of the data from the three regions grouped populations according to their region of origin. Morphological variability within the cornhusk traits among maize landraces was found in the three regions. Landraces from Tehuacan had the greatest potential for cornhusk production. The measured cornhusk traits were superior in the maize landraces compared with those of the improved hybrids. The cornhusk weight, length and width, and ear coverage were the most effective traits for grouping according to population origin and discriminating among the populations. Thus, these traits are proposed as phenotypic selection criteria for identifying promising maize populations and initiating breeding programs for improved cornhusk production.

Key words: *Zea mays* L., Native Maize Populations, Puebla, Totomoxtle, Variability, Selection criteria.

## 2.3 Introducción

México es considerado centro de origen, domesticación y dispersión del maíz (*Zea mays* L.), así como un centro de diversidad. Evidencia de esto es que en el país se han descrito 59 razas (Ortega-Paczka, 2003; Kato Yamakate *et al.*, 2009), las cuales representan 22.7% de la diversidad descrita en el continente americano, en donde se han reportado cerca de 300 razas (Serratos Hernández, 2009). La gran variabilidad genética contenida en esta especie ha permitido su adaptación a un amplio estrato altitudinal, el cual va desde el nivel del mar hasta más allá de los 3000 m, así como a las condiciones prevalecientes en los diversos nichos ecológicos de México. De acuerdo con Herrera Cabrera *et al.*, (2000), una fracción importante de la diversidad se presenta principalmente en regiones donde imperan condiciones de temporal y sistemas campesinos de producción.

Entre los factores principales que intervienen en la generación de diversidad en plantas se encuentra la heterogeneidad del medio ambiente (García *et al.*, 1989; Linharth and Grant, 1996). En el caso del maíz, otros elementos que han contribuido notablemente a la generación de variabilidad han sido la selección realizada por los agricultores en sus propios nichos para enfrentar los diferentes regímenes higrotérmicos y ambientales en que cultivan (Muñoz Orozco, 2005), además del intercambio de semillas entre agricultores (Badstue *et al.*, 2006, Badstue *et al.*, 2007). Usualmente se ha dado mucha atención a la selección hecha para atributos relacionados con rendimiento de grano (Herrera Cabrera *et al.*, 2002) y se ha mencionado que las prácticas de selección del agricultor se centran en gran medida en características de mazorca (Louette and Smale, 2000). Sin embargo, en los últimos años, la demanda en el mercado de productos derivados del maíz, como lo es el totomoxtle, ha influido en el cambio de criterios de selección en algunas regiones del país, incluyendo ahora la producción abundante de totomoxtle, como sucede con el maíz en Jala, en el estado de Nayarit (Rice, 2007) y con variedades criollas de la zona Totonaca (King, 2007), en el estado de Veracruz.

Gil Muñoz *et al.*, (2004) apuntan que durante el proceso de domesticación y mejoramiento del maíz en territorio mexicano, el hombre fue moldeando la especie tanto a sus necesidades alimenticias como de cultivo, dando como resultado una de las mayores

diversidades genéticas de las que se tenga noticia. Producto de esa continua interacción entre el hombre y el maíz, esta planta se convirtió en un componente central de la dieta alimenticia y en elemento esencial en la estructuración, consistencia y sostenibilidad del México profundo y del México actual (Muñoz Orozco, 2005).

En el ámbito alimenticio, y tomando como referencia las recetas compiladas por el Museo Nacional de Culturas Populares (1983), es factible agrupar los platillos que se elaboran con maíz en ocho grandes categorías: a) elotes y huitlacoques, b) tortillas, c) tamales, d) antojitos a base de masa, e) pozoles y menudos, f) atoles, g) otras bebidas y h) postres (pinoles, golosinas y repostería). Es en el ámbito rural donde el maíz encuentra el mayor número de usos tradicionales, los cuales se extienden más allá de los alimenticios (en los cuales se emplea el grano y el elote), abarcando otras aplicaciones como lo son: a) alimento para el ganado (granos, mazorcas, hojas y tallos, espigas y totomoxtiles), b) abono (hojas, tallos, olotes y raíces), c) usos medicinales (estigmas del elote), d) envoltura (totomoxtle y hojas) y usos artesanales (totomoxtle y tallo), e) combustible (olote), f) uso ceremonial (grano, mazorca y planta) y g) diversos. Un aspecto relevante es que los materiales genéticos empleados para todas estas aplicaciones son, predominantemente, las poblaciones nativas (Gil Muñoz y Álvarez Calderón, 2007).

Producto de los patrones de aprovechamiento descritos, en México se distinguen dos grandes dominios en el patrimonio genético nativo: el de los caracteres relativos a los usos alimenticios, esenciales para la supervivencia humana, y el de los caracteres adaptativos, esenciales para la supervivencia de la planta (Muñoz Orozco, 2005). El estudio, conservación y aprovechamiento de ambos se convierte en un aspecto de trascendental importancia.

El estado de Puebla es una de las entidades históricamente más importantes en cuanto a maíz se refiere, pues en ella se encontraron algunas de las evidencias arqueológicas más trascendentales sobre la antigüedad de la actividad agrícola y de los procesos de domesticación, las cuales provienen del Valle de Tehuacán, Puebla (MacNeish, 1995). Investigaciones conducidas en 15 microrregiones del Estado de Puebla para valorar la diversidad y potencial agronómico de los maíces nativos aportaron dos hallazgos importantes: la presencia de una gran

diversidad de poblaciones nativas (se colectaron 2,514 accesiones), la cual se asoció a una variación fenotípica considerable, y la existencia, en cada nicho ecológico, de una amplia variabilidad en coloración de grano, niveles de precocidad y características agronómicas, la cual estuvo asociada principalmente con la variación en ambientes productivos y, en menor medida, con la diversidad de usos tradicionales de la especie (Gil Muñoz *et al.*, 2004).

La existencia de variación genética para atributos relacionados con la aptitud del grano para diferentes usos tradicionales, como por ejemplo, la nixtamalización, está documentada (Rangel-Meza *et al.*, 2004; Mauricio Sánchez *et al.*, 2004), pero al momento no se conocen investigaciones sobre la aptitud de las poblaciones nativas para la producción de totomoxtle.

El totomoxtle se utiliza en una gran variedad de formas; en primer lugar, constituye un ingrediente crucial en la preparación de tamales y también es la materia prima para la elaboración de artesanías manuales (muñecas, flores, réplicas de animales); otros usos de menor importancia incluyen su empleo como cintas para amarrar haces de hierbas, especias y plantas silvestres y para la manufactura de cigarros hechos a mano (Long and Villarreal, 1998).

La demanda del totomoxtle y sus productos derivados ha crecido en los últimos años en los mercados nacionales e internacionales, principalmente en Estados Unidos de Norteamérica, debido al aumento de la comunidad latina que se encuentra en aquel país, favoreciendo la inserción de la cocina latina en la norteamericana. Por ello, en varios estados de México como Jalisco, Colima, Nayarit, Michoacán, Oaxaca y Tamaulipas (Long and Villareal, 1998) y en la región Totonaca del estado de Veracruz (King, 2007), los agricultores se han orientado a la comercialización del totomoxtle, utilizando principalmente materiales nativos, debido a que presentan mejores características en este producto. De esta forma, la comercialización de totomoxtle, además de ser una solución temporal para mitigar la pobreza rural, ha llegado a propiciar la conservación de diversidad genética del maíz, aunque la selección de estas variedades sea principalmente por su potencial para producir totomoxtle (King, 2007).

En el estado de Nayarit, debido a la importancia de la comercialización de totomoxtle en el mercado nacional e internacional, Marmolejo Altamirano (1995) originó la siguiente clasificación en base a la preferencia del consumidor:

- **Hoja de maíz calidad segunda nacional:** presentan manchas, perforaciones por insectos, son pequeñas o angostas, no se cortan sus puntas y se trata de las hojas más externas de la mazorca, por lo que son muy ásperas, resultando más quebradizas y durante su utilización se deben humedecer para obtener mejores resultados.
- **Hoja de maíz calidad primera nacional:** hojas limpias, blanqueadas, hojas sueltas utilizables en un 95%, no alcanzan el tamaño para la selecta especial.
- **Hoja de maíz calidad PC-8:** significa punta cortada, de 8 pulgadas de longitud. Hoja para mercado internacional, las más pequeñas de las de exportación, miden 16.25 cm como mínimo y 18.75 como máximo, se limpian y blanquean completamente, su ancho debe ser mínimo de 10 cm.
- **Hoja de maíz calidad PC-9:** significa punta cortada, de 9 pulgadas de longitud. Hojas de 18.75 cm a 22.5 cm de longitud, con un ancho mínimo de 12.5 cm, sin picaduras, libre de materia extraña y manchas. Su destino principal son supermercados de Estados Unidos.
- **Hoja de maíz calidad selecta:** Las hojas que miden más de 22.5 cm de longitud y con un ancho mínimo de 15 cm. Su destino principal es la industria tamalera en Estados Unidos.
- **Hoja de maíz calidad selecta especial:** su longitud es más de los 20 cm, con las puntas cortadas y 17.5 cm de ancho, de excelente calidad debido a que se inspecciona hoja por hoja.

En el caso del estado de Puebla, el aprovechamiento del totomoxtle depende de las regiones, por ejemplo, en el denominado Valle de Puebla, se ha reportado que 72% de las unidades familiares aprovecha el totomoxtle, destinando entre 70 y 100% de lo obtenido a la venta. Las unidades familiares en las que se dio el aprovechamiento, se caracterizaron por tener las menores superficies destinadas a la siembra de maíz, escasa actividad pecuaria, familias comparativamente más grandes y con menores ingresos provenientes de fuentes diferentes al

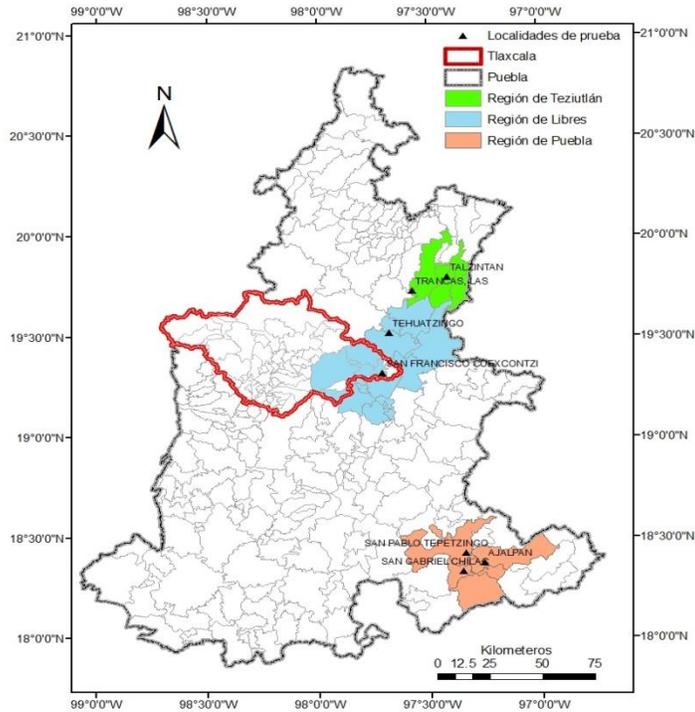
totomoxtle (Viveros-Flores *et al.*, 2010). En la entidad existen regiones donde se sabe que el aprovechamiento de totomoxtle es una práctica más generalizada entre los agricultores, tal es el caso del trópico húmedo poblano (Reyes *et al.*, 2007; Sierra *et al.*, 2010) y del Valle de Tehuacán, éste último aun no documentado.

La importancia de la producción de maíz en Puebla queda evidenciada por el hecho de que la entidad ocupa el tercer lugar a nivel nacional en términos de superficie cosechada de maíz bajo temporal, con 528,463 ha. La producción obtenida en esa extensión es de 837,791 t, lo cual ubica a la entidad en el séptimo lugar nacional (SIAP, 2012).

Con el propósito de precisar la magnitud de la variabilidad existente entre poblaciones nativas de maíz en variables relacionadas con la calidad y el potencial de producción de totomoxtle, se condujo el presente estudio en las regiones de Teziutlán, Libres y Tehuacán del estado de Puebla.

## **2.4 Materiales y Métodos**

La colecta de maíz se realizó en tres regiones del estado de Puebla. En el caso de Teziutlán y Libres estas se condujeron en 2007, mientras que en Tehuacán se efectuaron en 2009. La región de Teziutlán comprendió los municipios de Atempan, Chignautla, Teteles de Ávila Castillo, Teziutlán, Tlatlauquitepec, Xiutetelco y Zaragoza. La región de Libres incluyó los municipios de Cuyoaco, Tepeyahualco, Ocoatepec, Libres, Oriental, San José Chiapa, Rafael Lara Grajales, Mazapiltepec de Juárez, Soltepec y Nopalucan, además de Alzayanca, Cuapiaxtla y Huamantla, del estado de Tlaxcala, circunvecinos a los municipios poblanos mencionados para esta región. En la región de Tehuacán se colectó en los municipios de Ajalpan, Altepexi, Tehuacán, San Gabriel Chilac, San José Miahuatlán y Zinacatepec (Fig. 1).



**Figura 1.** Ubicación de los municipios en donde se realizaron las colectas.

△ = Municipios de los estados de Puebla y Tlaxcala en donde se establecieron los experimentos.

La región de Teziutlán se encuentra entre los paralelos 19°37' y 20°03' LN; los meridianos de 97°37' y 97°18' LO; altitud entre 300 y 3,200 m. El intervalo de temperatura media es de 10 a 24°C y el de precipitación de 500 a 4,100 mm. Existen los climas templado húmedo con abundantes lluvias en verano (33%), templado húmedo con lluvia todo el año (23%); templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (17%); templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (14%); semicálido húmedo con lluvias todo el año (9%); templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad menor (2%), y semifrío subhúmedo con lluvias en verano (1%) (INEGI, 2009).

La región de Libres se encuentra entre los paralelos 19°04' y 19°43' LN; los meridianos de 98°02' y 97°20' LO, y altitud de 2,300 a 4,400 msnm. La temperatura media varía de 10 a 16°C, la precipitación de 300 a 1100 mm, y en cuanto a climas, existen el templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (29%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (13%), templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media

(20%), templado subhúmedo con lluvias en verano (15%), semifrío subhúmedo con lluvias en verano (8%) y semiseco templado (15%) (INEGI, 2009).

La región de Tehuacán se encuentra entre los paralelos 18°20' y 18°37' LN y los meridianos de 96°56' y 97°38' LO, y altitud entre 800 y 2,900 m. El intervalo de temperatura media es de 14 a 24°C y el de precipitación de 300 a 3,100 mm. En climas se encuentran el seco muy cálido y cálido (32%), semiseco semicálido (27%), seco semicálido (16%), semiseco templado (10%), templado húmedo con abundantes lluvias en verano (5%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (4%), templado subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad (2%), templado subhúmedo con lluvias en verano de media humedad (2%), semicálido húmedo con lluvias todo el año (1%) y semicálido subhúmedo con lluvias en verano (1%) (INEGI, 2009).

Durante el periodo 2005-2010, bajo condiciones de temporal, en la región de Teziutlán se sembraron 22,171 ha, cosechándose 17,381; en la región de Libres se sembraron 103,663 ha, cosechándose 93,718 y en la región de Tehuacán se sembraron 10,722 ha, cosechándose 8,003 (SIAP, 2010). Para el mismo periodo en la región de Teziutlán no se reportan siembras en condiciones de riego, mientras que en la región de Libres se sembraron 5,203 ha, cosechándose 5,201; en tanto que en la de Tehuacán se sembraron 3,350 ha, cosechándose 3,254 (SIAP, 2012).

#### **2.4.1 Material genético**

En las tres regiones, las evaluaciones experimentales se condujeron durante el ciclo agrícola primavera-verano 2009. En la región de Teziutlán se evaluaron 76 materiales nativos, más tres testigos raciales (Cónico, Chalqueño y Tuxpeño) y dos testigos experimentales (Zaragoza Intermedio y Zaragoza Tardío). En la región de Libres se evaluaron 135 materiales nativos, siete testigos raciales (dos accesiones de Cónico, dos de Chalqueño, una de Chalco Palomo, una de Palomero Toluqueño y una de Cónico Norteño) y dos testigos comerciales (AS722 y Sintético Serdán). Finalmente, en la región de Tehuacán se evaluaron 95 materiales nativos, tres testigos raciales (Bolita, Celaya y Pepitilla) y dos híbridos (A7573 y AS900). Los

materiales nativos fueron proporcionados por agricultores de cada región durante las colectas de germoplasma que se realizaron en cada zona (Figura 1).

#### **2.4.2 Sitios experimentales**

En la región de Teziutlán la evaluación se realizó en las localidades de Taltzintan (19° 47' LN, 97° 24' LO, 2,180 msnm) y Las Trancas (19° 43' LN, 97° 34' LO, 2,397 msnm). Las fechas de siembra fueron el 21 de Marzo y 18 Abril de 2009, respectivamente. En la región de Libres, los materiales se sembraron en las localidades de Tehuatzingo, Puebla (19° 27' LN, 97° 41' LO, 2,426 msnm) y Cuexcontzi, Tlaxcala (19° 18' LN, 97° 46' LO, 2,420 msnm); en ambos casos se sembró el 22 de Mayo de 2009. En la región de Tehuacán, la evaluación de las poblaciones se llevó a cabo en las localidades de San Gabriel Chilac (18° 14' LN, 97° 19' LO, 1,217 msnm), San Pablo Tepetzingo (18° 28' LN, 97° 24' LO, 1,410 msnm) y Ajalpan (18° 23' LN, 97° 15' LO, 1,200 msnm) (INEGI, 2010), las fechas de siembra fueron: 8 de Agosto, 22 de Junio y 9 de Julio de 2009, respectivamente.

#### **2.4.3 Manejo agronómico**

En todos los casos, la siembra se realizó con pala, colocando tres semillas por mata cada 50 cm, para después de seis semanas ajustar a dos plantas por mata. La siembra y manejo del cultivo se hicieron conforme a la tecnología tradicional de los productores de la región, utilizando las dosis de fertilización recomendadas por INIFAP para cada zona. En las regiones de Libres y Teziutlán los experimentos se condujeron en condiciones de temporal, mientras que en la región de Tehuacán se hizo en riego.

#### **2.4.4 Diseño experimental**

Se utilizaron los diseños de látice simple 12×12, 10×10 y 9×9 (Cochran and Cox, 1992), para las regiones de Libres, Tehuacán y Teziutlán, respectivamente. La unidad experimental fue de dos surcos de 5 m de longitud y 0.85 m de ancho. La parcela útil fue el total de la unidad experimental, con 44 plantas.

#### **2.4.5 Variables evaluadas**

A la cosecha, en cada unidad experimental de cada sitio, se colectaron cinco mazorcas cubiertas por totomoxtle, provenientes de plantas con competencia completa, representativas de la variación fenotípica. En cada mazorca se midió la cobertura (cm), la cual correspondió a la distancia existente entre el ápice de la mazorca y el del totomoxtle; se registró la longitud del totomoxtle (cm), midiendo para ello la distancia existente entre la base de la hoja y el ápice de la mazorca, sin tomar en cuenta la cobertura; se registró el ancho del totomoxtle (cm) en el tercio inferior de la primera hoja externa que cubría totalmente a la mazorca. También se registró el peso (g) de totomoxtle, del pedúnculo y de la mazorca. Después de dejar secar la mazorca, se desgranó, y se cuantificó el peso de grano y de olote, y con éstas variables, más el peso de campo, se calculó el rendimiento de grano por planta, ajustado al 14% de humedad comercial, el cual se expresó en gramos por planta.

#### **2.4.6 Análisis estadístico**

Los datos de las siete variables se sometieron a un análisis combinado en cada región, para determinar los efectos de las fuentes de variación localidades, poblaciones e interacción poblaciones  $\times$  localidades, empleando el procedimiento PROC GLM del programa Statistical Analysis System (SAS) versión 8.0 para Windows (SAS Institute, 2008). Para el análisis multivariado se excluyó a rendimiento de grano, a fin de que aquél sólo incluyera variables asociadas al totomoxtle. Para hacer una comparación entre las poblaciones nativas y los materiales mejorados que se recomiendan en cada región, se decidió no tomar en cuenta a los testigos raciales, porque algunos de éstos presentaron problemas de adaptación a cada región. Para cada variable se calcularon los promedios por población a través de localidades; estos promedios fueron estandarizados y con ellos se obtuvo la matriz de distancias euclidianas, con el procedimiento PROC DISTANCE del SAS. Con la matriz de distancias se efectuó un análisis de conglomerados con el procedimiento PROC CLUSTER del SAS, para posteriormente visualizar los patrones de agrupamiento mediante la elaboración de un dendrograma, con el procedimiento PROC TREE del SAS. El método de agrupamiento aplicado fue el de mínima varianza dentro de grupos de Ward, y para mejorar la presentación de la gráfica se utilizó el

coeficiente de determinación como escala de disimilitud entre conglomerados (Mohammadi and Prasanna, 2003).

## **2.5 Resultados**

El análisis de varianza combinado (Cuadro 1) reveló que para la fuente de variación ‘Poblaciones’, en las tres regiones se presentaron diferencias altamente significativas en las siete variables evaluadas. Para localidades, se presentaron diferencias altamente significativas en las siete variables en la región de Libres y Tehuacán; mientras que para la región de Teziutlán solamente cuatro variables resultaron con alta significancia (peso de totomoxtle, de mazorca, de pedúnculo y rendimiento por planta), una variable mostró diferencias significativas (ancho del totomoxtle) y dos no significativas. La interacción ‘poblaciones × localidades’ resultó no significativa para la longitud del totomoxtle en las tres regiones; el comportamiento de la interacción para las demás variables dependió de la región, así en Tehuacán, sólo hubo significancia estadística para peso de totomoxtle y rendimiento, mientras que en Libres aquella se presentó para ancho de totomoxtle, peso de mazorca y pedúnculo y rendimiento por planta. En Teziutlán, la interacción fue no significativa también para peso del pedúnculo.

La presencia de diferencias estadísticas entre poblaciones indica la existencia de diversidad genética para las características de totomoxtle, entre los materiales estudiados, particularmente entre las poblaciones nativas evaluadas en cada región; también constituye una evidencia del nivel de variación presente para los caracteres evaluados en este estudio. Las diferencias detectadas para localidades indican que el comportamiento de las variables también estuvo en función del ambiente de evaluación. En los casos donde la interacción ‘poblaciones × localidades’ resultó no significativa, implica que las variaciones observadas entre poblaciones fueron independientes del ambiente; el caso contrario ocurrió cuando la interacción tuvo algún nivel de significancia.

**Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado por región, media y coeficiente de variación para siete variables morfológicas en poblaciones de maíz evaluadas en tres regiones del estado de Puebla, México, 2009.**

Variables	Cuadrados medios				Media	CV (%)
	Poblaciones		Poblaciones × Localidades			
	Poblaciones	Localidades	Localidades	Error		
<b>TEZIUTLÁN</b>						
Longitud del totomoxtle	14.71**	0.21ns	4.96ns	5.33	16.59	13.91
Ancho del totomoxtle	5.30**	11.23*	3.85**	2.16	15.87	9.26
Cobertura de mazorca	4.75**	7.09 ns	3.61**	2.12	7.11	20.49
Peso del totomoxtle	188.49**	5136.57**	92.31*	60.58	16.92	46.02
Peso de la mazorca	1349.48**	30024.87**	871.57 *	627.78	103.66	24.17
Peso del pedúnculo	17.52**	340.84**	8.32ns	8.33	4.20	68.59
Rendimiento de grano por planta	767.50**	63407.15 **	729.37 **	407.86	65.26	30.94
<b>LIBRES</b>						
Longitud del totomoxtle	8.06**	1366.01**	2.66ns	2.59	17.20	9.35
Ancho del totomoxtle	6.12**	1579.16**	2.69*	2.05	17.13	8.35
Cobertura de mazorca	3.94**	82.50**	2.97 ns	2.48	5.27	29.90
Peso del totomoxtle	71.71**	17109.18**	27.44ns	25.21	16.55	30.32
Peso de la mazorca	2644.13**	1712514.65**	1264.69 **	866.10	127.47	23.08
Peso del pedúnculo	8.79**	3829.23**	7.30**	4.49	4.43	47.75
Rendimiento de grano por planta	899.18 **	389682.86 **	801.14*	606.90	62.84	39.19
<b>TEHUACÁN</b>						
Longitud del totomoxtle	8.75**	198.65**	3.40ns	3.05	20.50	8.52
Ancho del totomoxtle	16.49**	18.41**	4.02ns	3.75	21.58	8.97
Cobertura de mazorca	4.71**	128.32**	2.56ns	2.69	6.35	25.85
Peso del totomoxtle	367.24**	2557.88**	148.99**	106.13	38.71	26.60
Peso de la mazorca	11168.30**	14088.18**	3333.48ns	2906.42	196.43	27.44
Peso del pedúnculo	29.88 **	349.80**	17.38ns	14.51	8.87	42.94
Rendimiento de grano por planta	7169.75**	38818.15**	3218.42**	2170.50	135.57	34.36

\* = significativa ( $p < 0.05$ ), \*\* = altamente significativa ( $p < 0.01$ ), ns = no significativo ( $p > 0.05$ ), CV = coeficiente de variación.

Al revisar los promedios por variable por región (Cuadro 1) se observó que fue en la de Tehuacán donde se presentaron los valores más altos. Para confirmar la superioridad estadística de estos valores, se realizó un análisis de varianza considerando regiones como fuente de variación, el cual demostró la existencia de diferencias altamente significativas entre regiones para todas las variables; la prueba de medias respectiva se presenta en el Cuadro 2. Se observa que, excepto para la variable cobertura de mazorca, en el resto de las variables, fue en la región de Tehuacán donde se presentaron los valores estadísticamente más altos.

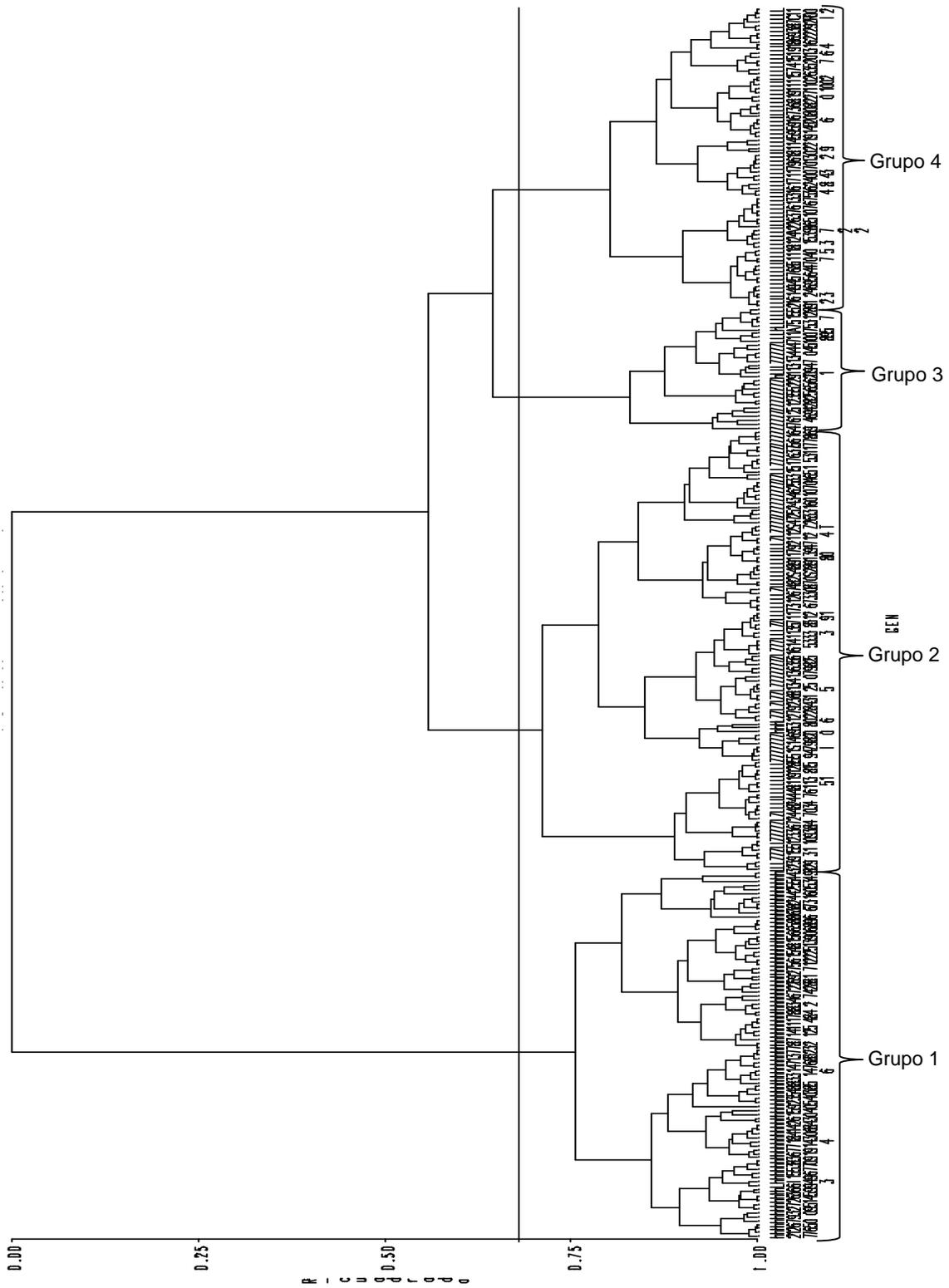
**Cuadro 2. Prueba de medias para las diferentes variables evaluadas en las tres regiones de estudio. Puebla, México, 2009.**

Región	Longitud del totomoxtle (cm)	Ancho del totomoxtle (cm)	Cobertura de la mazorca. (cm)	Peso del totomoxtle (g)	Peso de mazorca (g)	Peso del pedúnculo (g)
Teziutlán	16.60c	15.95c	7.12a	17.01b	104.34c	4.25b
Libres	17.29b	17.28b	5.30c	16.74b	128.24b	4.48b
Tehuacán	20.58a	21.73 <sup>a</sup>	6.32b	30.07a	199.14a	8.98a

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey al 0.05 de probabilidad).

En la Figura 2 se presenta el dendrograma obtenido a partir del análisis de conglomerados de los datos. A una distancia de corte de 0.65 unidades, se identificaron cuatro grupos, los cuales tendieron a formarse por región de procedencia. El Grupo 1 quedó formado en 99% por poblaciones de Tehuacán; el Grupo 2 se constituyó en 70% por poblaciones de Teziutlán y 30% de Libres; el Grupo 3 se conformó por 80% de poblaciones de Teziutlán y 20% de Libres, mientras que el 100% del Grupo 4 estuvo integrado por poblaciones de Libres. Lo anterior indica que las características de totomoxtle están altamente conservadas a través de regiones, lo que sugiere que los acervos genéticos presentes en cada una de ellas son específicos a las mismas y que muestran un nivel de diferenciación importante.

El Cuadro 3 contiene al análisis de varianza de los cuatro grupos identificados en el dendrograma. Se observó que las variables que los diferenciaron en mayor medida fueron longitud y ancho de totomoxtle, así como los pesos de totomoxtle, mazorca y pedúnculo.



**Figura 2.** Dendrograma obtenido con el método de Ward, utilizando seis caracteres morfológicos de totomoxtle medidos en poblaciones de maíz estudiadas en las regiones de Teziutlán, Libres y Tehuacán. Puebla, México, 2009.

El Grupo 1 (que integró básicamente a poblaciones de la región de Tehuacán) fue el que presentó los promedios más altos para longitud, ancho y peso de totomoxtle, así como para peso de mazorca, de pedúnculo y rendimiento de grano por planta. Al anterior le siguió el Grupo 3, que en su mayoría se constituyó por poblaciones de Teziutlán, luego el Grupo 4 formado por poblaciones de Libres y por último el Grupo 2, el cual presentó los promedios más bajos para longitud, ancho y peso de totomoxtle, y peso de la mazorca y de pedúnculo. Con estos resultados se concluyó que es en la región de Tehuacán donde se encontraron los materiales genéticos con mayor potencial para la producción de totomoxtle, por lo que los siguientes análisis se enfocaron hacia esta región.

**Cuadro 3. Promedios por variable para los cuatro grupos definidos en el dendrograma de las poblaciones evaluadas en las tres regiones de estudio. Puebla, México, 2009.**

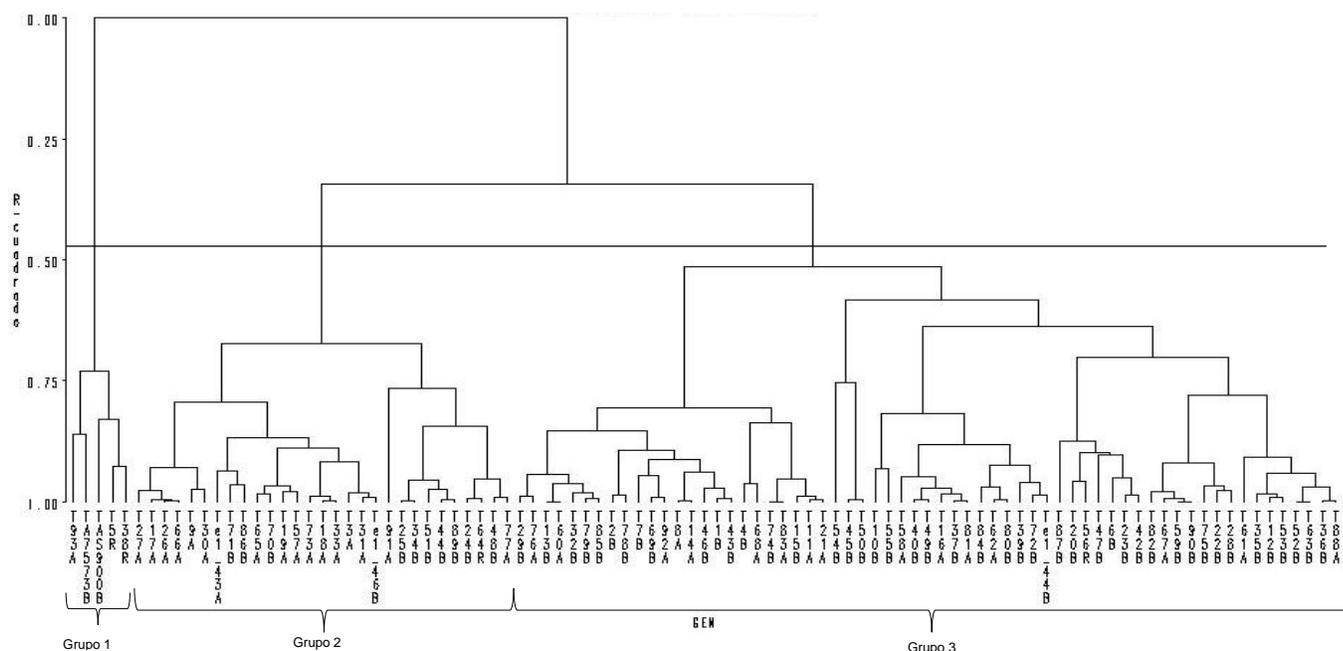
Grupo	N	Longitud del totomoxtle (cm)	Ancho del totomoxtle (cm)	Cobertura de la mazorca (cm)	Peso del totomoxtle (g)	Peso de mazorca (g)	Peso del pedúnculo (g)	Rendimiento de grano por planta (g)
1	93	20.67a	21.94a	6.24b	39.64a	204.50a	9.14a	142.89a
2	112	16.03d	15.94d	6.24b	14.17d	99.31d	3.51d	59.77c
3	31	19.24b	17.23c	7.67a	24.17b	130.45c	6.07b	65.52cb
4	76	17.73c	17.91b	4.97c	18.26c	144.43b	5.06c	70.08b

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey al 0.05 de probabilidad).

La Figura 3 corresponde al dendrograma de las poblaciones nativas de la región de Tehuacán. A una distancia de corte de 0.45 unidades se identificaron tres grupos. El Grupo 1 se integró por cinco poblaciones, dos de las cuales fueron los testigos comerciales A7573 y AS900, que presentaron las medias más bajas para longitud, ancho y rendimiento de totomoxtle, así como para rendimiento por planta, y la media más alta en cobertura de la mazorca (Cuadro 4). El Grupo 2, conformado por 29 genotipos, incluyó a poblaciones con promedios intermedios para las distintas variables evaluadas.

Finalmente, el Grupo 3, que integró a 62 poblaciones nativas, se caracterizó porque éstas exhibieron los promedios más altos para longitud, ancho, peso de totomoxtle y cobertura de la mazorca, así como para peso del pedúnculo y rendimiento de grano por planta (Cuadro 4). Al

analizar la composición de los grupos, se observó que en el Grupo 2 predominaron los materiales pigmentados (representaron 59% del total), mientras que en el Grupo 3 se concentraron las poblaciones de grano blanco (constituyeron 71% del total del grupo).



**Figura 3.** Dendrograma obtenido mediante el método de Ward utilizando seis caracteres morfológicos de totomoxtle medidos en 97 poblaciones de maíz de la región de Tehuacán, Puebla, México, 2009.

Las letras indican el color del grano del maíz, A = azul; B = blanco; R=rojo.

**Cuadro 4. Promedios por variable de los tres grupos definidos en el dendrograma de la región de Tehuacán. Puebla, México, 2009.**

Grupo	N	Longitud del totomoxtle (cm)	Ancho del totomoxtle (cm)	Cobertura de la mazorca (cm)	Peso de totomoxtle (g)	Peso de la mazorca (g)	Peso del pedúnculo (g)	Rendimiento de grano por planta (g)
1	5	18.28c	16.56c	8.20a	20.95c	71.18c	4.07c	65.52b
2	29	20.02b	21.22b	6.60b	34.59b	174.18b	7.59b	130.05a
3	63	21.03a	22.38a	6.04b	42.58a	220.80a	10.01a	149.94a

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey al 0.05 de probabilidad). N= número de accesiones.

## 2.6 Discusión

La existencia de diferencias estadísticas entre poblaciones para las variables de totomoxtle cuantificadas así como los patrones de agrupamiento observados en la Figura 2, evidencian que en las tres regiones del estado de Puebla existe una gran diversidad genética para tales atributos, lo cual es un hallazgo importante, pues revela que la variación existente entre las poblaciones nativas va más allá de la reportada para caracteres agronómicos (Muñoz Orozco, 2005) o morfológicos empleados en estudios de caracterización (Herrera Cabrera *et al.*, 2000; Hortelano Santa Rosa *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010), y confirma lo reportado por Gil Muñoz *et al.*, (2004) en cuanto a que parte de la diversidad detectada en los maíces de Puebla está asociada -en cierta medida- con los usos tradicionales de la especie (entre los cuales se encuentra el aprovechamiento para totomoxtle). Dicha diversidad no está distribuida de manera aleatoria, como se observa en la Figura 2, sino que sigue patrones bien definidos: en este caso, de procedencia geográfica. Esto también evidencia el alto nivel de especificidad de las poblaciones nativas a sus nichos ecológicos o microrregiones, como fue propuesto y corroborado por Muñoz Orozco (2005) y confirma la existencia de patrones varietales en maíz, los cuales según Gil Muñoz (2011) se definen como sistemas que conjuntan los grupos de poblaciones (componentes) los estratos o niveles ambientales en los que se cultivan, y las relaciones entre ellos.

De acuerdo con Hortelano Santa Rosa *et al.*, (2008) las diferencias detectadas para localidades indican que éstas influyeron en el nivel de variación de las características bajo estudio; en este caso, de las asociadas con el totomoxtle. Tales diferencias pueden atribuirse a la variación ecológica presente en las regiones de estudio.

De todos los atributos valorados, solamente longitud de totomoxtle resultó ser el más estable dentro de cada región, pues no se vio afectado por la interacción ‘poblaciones × localidades’. La cobertura de la mazorca y peso del pedúnculo también mostraron cierta estabilidad, pues la interacción fue no significativa en dos de las tres regiones. El resto de las variables mostraron mayor susceptibilidad a los efectos de interacción. De esta forma, y considerando lo expuesto por Sánchez *et al.*, (1993) en el sentido de que para estudios de

caracterización es deseable trabajar con caracteres poco influenciados por la interacción ‘poblaciones × ambientes’, puede concluirse que la longitud del totomoxtle, la cobertura de la mazorca y peso del pedúnculo son las variables más recomendables para caracterización del totomoxtle.

Rice (2007) y King (2007) señalan que en Nayarit y Veracruz, respectivamente, las poblaciones nativas de maíz son las que presentan mejor calidad en cobertura de la mazorca y rendimiento de totomoxtle que los híbridos. En el presente trabajo, igualmente fueron las poblaciones nativas las que tuvieron mejor comportamiento en las diferentes variables de totomoxtle evaluadas por lo que deben ser los materiales a considerar como punto de partida en programas de aprovechamiento y mejoramiento para producción de totomoxtle.

En el dendrograma de las tres regiones se observa que 99% de las poblaciones nativas de Tehuacán formaron el Grupo 1, que el Grupo 4 estuvo integrado exclusivamente por poblaciones de la región de Libres y que los otros dos grupos incluyeron mayoritariamente a poblaciones de Teziutlán (70% en el caso del Grupo 2 y 80% en el Grupo 3), con presencia menor de materiales de Libres (en porcentajes complementarios); esto último se explica por la cercanía geográfica de estas zonas, lo que hace factible el intercambio de material genético. Al respecto, en sistemas de producción tradicional existe un intercambio constante de semillas (Latournerie *et al.*, 2003; Gómez *et al.*, 2004), siendo más común a nivel de localidad, pero sin excluir el flujo desde comunidades cercanas o más distantes (Keleman *et al.*, 2009). Lo que permite que los agricultores conserven sus materiales preferidos, aseguren su disponibilidad, mantengan y generen diversidad.

Los promedios de grupo y las pruebas de medias (Cuadros 2 y 3) demostraron que fue en la región de Tehuacán donde se presentaron los valores más altos para prácticamente todos los atributos medidos. Ello puede explicarse en parte por el hecho de que de las tres regiones, es en Tehuacán donde sistemáticamente se realiza un aprovechamiento del maíz para totomoxtle, lo cual seguramente ha propiciado que los agricultores ejerzan selección para variables asociadas a una mayor cantidad y calidad de totomoxtle. La inspección más detallada de los Grupos identificados en la región de Tehuacán reveló que fue el Grupo 3 el que mostró los mejores promedios; notablemente, este Grupo estuvo integrado preponderantemente por

poblaciones de grano blanco, lo cual sugiere que es en éstas donde existe el mayor potencial para producción de totomoxtle.

En el estudio sobre el análisis de producción de totomoxtle en la región sur de Nayarit, realizado por Marmolejo Altamirano (1995), se reporta que en esa zona se extraían aproximadamente  $500 \text{ kha}^{-1}$ , mientras que para la región de Tehuacán se estimó una producción de  $258 \text{ kha}^{-1}$ , para la región de Teziutlán  $169.2 \text{ kha}^{-1}$  y para la región de Libres  $165.5 \text{ kha}^{-1}$ , sin duda estos datos son contrastantes, debido a que en Nayarit la comercialización del totomoxtle es una actividad que provee incentivos a la producción de maíz y a que los productores se han inclinado hacia la selección de variedades de maíz que presenten una abundante cantidad de totomoxtle (Rice, 2007), lo que aún no ha ocurrido en las regiones de este estudio. Con respecto a la clasificación que realizó Marmolejo Altamirano (1995), basado principalmente en la longitud del totomoxtle, el producto obtenido de la región de Tehuacán tendría cabida dentro de la clasificación de totomoxtle de calidad de exportación internacional PC-9 debido a que presenta promedios de 18.5 a 22.5 cm de longitud, mientras que el de las regiones de Libres y Teziutlán se encontraría en un agrupamiento de hoja de maíz de calidad PC-8 que también puede ser enfocado hacia el mercado internacional, aunque el totomoxtle sería el de menor longitud.

Considerando que las variables cuantificadas en el presente estudio (particularmente peso, largo, ancho y cobertura de la mazorca) resultaron efectivas para la agrupación de poblaciones en función de su lugar de origen, así como para discriminar entre poblaciones, se considera que estos atributos fenotípicos son recomendables como criterios de selección en la identificación de poblaciones de maíz promisorias para la producción de totomoxtle. La variable peso de totomoxtle es de relevancia debido a que entre más alto sea el rendimiento de totomoxtle, mayores serán los ingresos que podrán obtenerse por la comercialización del mismo. En este sentido, se ha demostrado que la venta de este producto del maíz es un elemento estratégico para la sobrevivencia de las unidades de producción familiar con mayores restricciones económicas (Viveros-Flores *et al.*, 2010). Las variables largo y ancho del totomoxtle están relacionadas con la aceptación en los mercados locales, regionales, nacionales e internacionales; mientras que la cobertura de la mazorca tiene relación directa con la calidad

física del mismo: a mayor cobertura, menor será la probabilidad de que las brácteas interiores de la mazorca sufran daño por insectos, pájaros y pudriciones favorecidas por la ocurrencia de lluvias; ello redundará en que la proporción de materia prima (totomoxtle acopiado en campo) transformada en producto comercial, sea más alta y por lo tanto más rentable para quienes hacen aprovechamiento del totomoxtle. Es conveniente mencionar que tanto la longitud del totomoxtle como la cobertura de la mazorca son atributos para los cuales ya se ejerce selección en algunos lugares como en la región totonaca de Veracruz, donde el agricultor selecciona mazorcas que incluyan una punta aguda, generada por hojas largas y mazorcas más pequeñas pero con gran cantidad de totomoxtle (King, 2007). El empleo como criterio de selección de las variables antes mencionadas también podría favorecer el aprovechamiento de totomoxtle en las otras dos regiones de estudio.

## **2.7 Conclusiones**

Las evidencias en este estudio confirman que en las regiones de Teziutlán, Libres y Tehuacán, del estado de Puebla, existe una amplia diversidad genética entre las poblaciones nativas de maíz para diversos atributos del totomoxtle.

La región donde existe el mayor potencial para la obtención y venta de totomoxtle es la de Tehuacán, debido a que fue en ella donde se registraron los valores más altos para las diferentes variables de totomoxtle evaluadas, excepto para cobertura de mazorca.

El peso, longitud, ancho de totomoxtle y cobertura de la mazorca, son variables fenotípicas sugeridas como criterios de selección en la identificación de poblaciones de maíz promisorias para la producción de totomoxtle.

## 2.8 Referencias

- Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. & López-Romero, G.** (2010). CARACTERIZACIÓN Y RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE MAÍZ NATIVAS DE MOLCAXAC, PUEBLA. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4), 287-296.
- Badstue, L., Bellon, M., Berthaud, J., Juárez, X., Rosas, I., Solano, A. & Ramírez, A.** (2006). Examining the Role of Collective Action in an Informal Seed System: a Case Study from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Hum Ecol*, 34(2), 249–273.
- Badstue, L., Bellon, M., Berthaud, J., Ramírez, A., Flores, D. & Juárez, X.** (2007). The Dynamics of Farmers' Maize Seed Supply Practices in the Central Valleys of Oaxaca, México. *World Development*, 35(9), 1579-1593. DOI: 10.1016/j.worlddev.2006.05.023
- Cochran, W. G. and Cox, G. M.** (1992). *Experimental designs*. (2nd ed., 617 p.) New York: John Wiley & Sons.
- García, P., Vences, F., Pérez de la Vega, M. & Allard, R.** (1989). Allelic and genotypic composition of ancestral Spanish and colonial Californian gene pools of *Avena barbata*: Evolutionary implications. *Genetics*, 122, 687-694.
- Gil Muñoz, A., López, P., Muñoz Orozco, A. & López Sánchez, H.** (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 y D.I. Jarvis (eds.). (pp. 18-25). Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.
- Gil Muñoz, A. y Álvarez Calderón, N.** (2007). *El maíz criollo en la alimentación de las familias campesinas de Santiago Xalitzintla* (2nd ed.). Puebla: Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Gil Muñoz, A.** (2011). Estudio de caso 5.1 Los patrones varietales en maíz. In: S.A. Handall M. B. Cantú, E. Villarreal, P. A. López; R. L. López, A. A. Cruz and F. F. Camacho, editores *La biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado*. (pp. 232-233). Puebla: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Gómez, L. M., Latournerie, M. L., Arias, R. L. M., Canul, K. J. & Tuxill, J.** (2004). Sistema informal de abastecimiento de semillas de los cultivos de la milpa de Yaxcabá, Yucatán.

In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agrosistemas Tradicionales. Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds.). (pp. 150-156). Cali, Colombia: Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos.

**Herrera Cabrera, B., Castillo González, F., Sánchez González, J., Ortega Paczka, R. & Goodman, M.** (2000). Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la Raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 23(2), 335-353.

**Herrera Cabrera, B., Macías López, A., Díaz Ruíz, R., Valadez Ramírez, M. & Delgado Alvarado, A.** (2002). Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(1), 17-23.

**Hortelano Santa Rosa, R., Gil Muñoz, A., Santacruz Varela, A., Miranda Colín, S. & Córdova Téllez, L.** (2008). Diversidad morfológica de maíces nativos del valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México*, 34(2), 189-200.

**INEGI, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática** (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. INEGI-Aguascalientes, Ags. México.

**Kato Yamakate, T., Mapes Sánchez, C., Mera Ovando, L., Serratos Hernández, J. & Bye Boettler, R.** (2009). *Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica* (116 p.). México, D. F.: UNAM-CONABIO.

**King, A.** (2007). Trade and Totomoxtle: Livelihood strategies in the Totonacan region of Veracruz, México. *Agriculture and Human Values*, 24(1), 29-40.

**Keleman, A., Hellin, J. & Bellon, M.** (2009). Maize diversity, rural development policy, and farmers' practices: lessons from Chiapas, Mexico. *The Geographical Journal*, 175(1), 52-70. doi: 10.1111/j.1475-4959.2008.00314.x

**Latournerie, M., Arias, R., Tuxill, J., Yupit, M., Gómez, L. & Ix, N.** (2003). Maize seed supply systems in a Mayan community of Mexico. In: D. I. Jarvis, R. Sevilla-Panizo, J. L. Chávez-Servia and T. Hodgkin (Eds. pp. 16-20.). Seed systems and crop genetic diversity on farm. Proceedings of a Workshop. 16-20 September 2003. Pucallpa, Peru: International Plant Genetic Resources Institute.

**Linhart, Y. and Grant, M.** (1996). Evolutionary Significance of Local Genetic Differentiation in Plants. *Annu. Rev. of Ecol. Syst.*, 27(1), 237-277.

- Long, N. and Villarreal, M.** (1998). Small Product, Big Issues: Value Contestations and Cultural Identities in Cross-border Commodity Networks. *Development and Change*, 29(4), 725-750. doi: 10.1111/1467-7660.0009
- Louette, D. and Smale, M.** (2000). Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica*, 113(1), 25-41.
- MacNeish, R. S.** (1995). Investigaciones Arqueológicas en el valle de Tehuacán. *Revista Arqueología Mexicana*, 13, 18-23.
- Marmolejo Altamirano, J.** (1995). *Aprovechamiento de la hoja de maíz (totomoxtle) en la región sur del Estado de Nayarit*. (Licenciatura). Universidad Autónoma de Nayarit.
- Mauricio Sánchez, R., Figueroa Cárdenas, J., Taba, S., Reyes Vega, M., Rincón Sánchez, F. & Mendoza Galván, A.** (2004). Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(3), 213-222.
- MNCP, Museo Nacional de Culturas Populares** (1983). *Recetario Mexicano del Maíz* (247 p.). México, D. F.: Talleres Gráficos de la Nación.
- Mohammadi, S. and Prasanna, B.** (2003). Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants-Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Science*, 43(4), 1235-1248.
- Muñoz Orozco, A.** (2005). *Centli Maíz* (2nd. ed.). Estado de México, México: Colegio de Postgraduados, Montecillo.
- Ortega-Paczka, R.** (2003). *La diversidad del maíz en México*. In: *Sin Maíz no Hay País* (pp. 123-154). México, D. F.: Museo Nacional de Culturas Populares e Indígenas.
- Rangel-Meza, E., Muñoz Orozco, A., Vázquez-Carrillo, G., Cuevas-Sánchez, J., Merino-Castillo, J. & Miranda-Colín, S.** (2004). Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia*, 38(1), 53-61.
- Reyes, L. D., Huerta, L. M., Barrios, D. J. M., Bautista, C. J. & García, A. M.** (2007). *Caracterización fenotípica del maíz criollo del municipio de Tenampulco, Puebla*. In: *Sociedad Mexicana de Fitogenética*. Programa Académico de la Segunda Reunión Nacional para el Mejoramiento, Conservación y Uso de los Maíces Criollos. Sociedad Mexicana de Fitogenética y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. 9 al 11 de Octubre de 2007. p. 46.
- Rice, E.** (2007). Conservation in a changing world: in situ conservation of the giant maize of Jala. *Genet Resour Crop Evol*, 54(4), 701-713.

- Sánchez, J., Goodman, M. & Rawlings, J.** (1993). Appropriate characters for racial classification in maize. *Econ Bot*, 47(1), 44-59. Doi: 10.1007/BF02862205.
- SAS Institute** (2008). *SAS user's guide: Statistics*. Versión 8.0 ed. Cary, N.C. USA.
- SIAP Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera** (2012). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México. D. F. [www.siap.gob.mx\\_siap/icultivo/index.jsp](http://www.siap.gob.mx_siap/icultivo/index.jsp) consultada última vez 5 julio 2012.
- Serratos Hernández, J.** (2009). El Origen y la Diversidad del Maíz en el Continente Americano (33 p.). México, D. F.: Greenpeace, México.
- Sierra, M. M., Meneses, M. I., Palafox, C. A., Uribe, B. M., Francisco, N. N., Zambada, M. A., López, M. R., Barrón, F. S., Rodríguez, M. F., Hernández, C. J. M., Rodríguez, R. R., Andrés, M. P., & Ortega, C. A.** (2010). Diversidad genética, clasificación y distribución racial de variedades criollas de maíz en los estados de Veracruz, Puebla y Tabasco, México. In: JA Cueto W, LV Macías G y OE Ortiz R (Comps.). V Reunión Nacional de Innovación Agrícola. Campeche 2010. Memoria. San Francisco de Campeche, Camp., México. 22 al 27 de noviembre de 2010. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. p. 211.
- Viveros-Flores, C., Gil-Muñoz, A., López, P. A., Ramírez-Valverde, B., Guerrero-Rodríguez, J. & Cruz-León, A.** (2010) MAIZE UTILIZATION PATTERNS IN DOMESTIC PRODUCTION UNITS OF THE PUEBLA VALLEY, MEXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(3), 471-484.

### **CAPITULO III**

#### **CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA DEL TOTOMOXTLE EN POBLACIONES NATIVAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE PUEBLA**

#### **BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF CORNHUSK IN LANDRACES FROM PUEBLA STATE**

Martha del Carmen Flores-Rosales<sup>1</sup>, J. Arahón Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Pedro Antonio López<sup>1</sup>, Filemón Parra-Inzunza, Juan de Dios Guerrero-Rodríguez<sup>1</sup>, Félix Valerio González-Cossío<sup>2</sup> y Rene Hortelano Santarrosa<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. Puebla, México, 72760. México.

<sup>2</sup> Colegio Mexicano de Especialistas en Recursos Naturales A.C., Callejón de las Flores No. 8 San Luis Huexotla, Municipio de Texcoco, Estado de México, MX.

<sup>3</sup>INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

### 3.1 Resumen

Ante la problemática asociada a la producción, costo y disponibilidad de las fibras sintéticas, se ha procedido a la búsqueda de fuentes alternativas de fibra, entre las que se encuentran las del totomoxtle, un subproducto de la producción de maíz. Por ello, y considerando que poco se sabe sobre la variabilidad presente entre las poblaciones nativas de maíz del estado de Puebla para este uso, se realizó un estudio para determinar las proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en el totomoxtle de 41 poblaciones nativas, aptas para la producción de grano y totomoxtle, procedentes de las regiones de Libres-Huamantla-Mazapiltepec, Guadalupe-Victoria-Tlachichuca-Serdán, Teziutlán y Tehuacán, en el estado de Puebla, México. Para las determinaciones químicas se empleó el método de fibra detergente. Se concluye que en Puebla existe variación significativa entre y dentro de regiones para los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en el totomoxtle de poblaciones nativas de maíz, y que es en la región de Tehuacán donde se encontraron los promedios más altos de celulosa (32.81%) y hemicelulosa (47.24%), comparables a los presentes en el totomoxtle de materiales mejorados para este uso, procedentes del estado de Nayarit, México.

Palabras clave: *Zea mays L.*, Celulosa, Hemicelulosa, Lignina, Poblaciones Nativas de Maíz, Totomoxtle.

### 3.2 Abstract

In response to the problems associated with the production, cost and availability of synthetic fibers, has become a search for alternative sources of fiber, among which are those of totomoxtle (cornhusk), a byproduct of maize production. Therefore, and considering that little is known about the variability present among native maize populations of Puebla State for this use, a study was conducted to determine the proportions of cellulose, hemicellulose and lignin present in the totomoxtle of 41 native populations, suitable for the production of grain and totomoxtle. These populations came from the regions of Libres-Huamantla-Mazapiltepec, Guadalupe-Victoria-Tlachichuca-Serdan, Teziutlan, and Tehuacan. For the chemical determinations, the method of detergent fiber was carried out. It is concluded that in Puebla, there is a significant variation among and within regions for the concentration of cellulose, hemicellulose, and lignin present in the totomoxtle of native maize populations. The highest average of cellulose (32.81%) and hemicellulose (47.24%) were found in the Tehuacan Region, being comparable to those presents in the totomoxtle of improved materials from Nayarit.

Key words: *Zea mays L.*, Cellulose, Hemicellulose, Lignin, Native Maize Populations, Totomoxtle.

### 3.3 Introducción

En el estado de Puebla, México, se ha reportado la existencia de variabilidad considerable entre poblaciones nativas de maíz, tanto en coloración de grano como en caracteres agronómicos y morfológicos (Gil *et al.*, 2004; Muñoz, 2005; Hortelano *et al.*, 2008; Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010), así como en atributos relacionados con la aptitud del grano para diferentes usos tradicionales, como la nixtamalización (Rangel-Meza *et al.*, 2004; Mauricio *et al.*, 2004), la producción de rastrojo (Muñoz-Tlahuiz *et al.*, 2013) o de elote (Ortiz-Torres *et al.*, 2013). Sin embargo, y aun cuando autores como Long y Villarreal (1998) y King (2007) han expuesto que la comercialización del totomoxtle (que botánicamente corresponde a las brácteas que envuelven a la mazorca) en mercados locales e internacionales genera un beneficio importante para los agricultores que lo aprovechan. En la entidad, hasta el momento, no hay investigaciones acerca de la aptitud de las poblaciones nativas en cuanto a producción y calidad de totomoxtle. Tradicionalmente, el totomoxtle se emplea para envolver tamales, elaborar artesanías y, en menor proporción, para obtener cintas para atar haces de hierbas, especias y plantas silvestres, así como para la envoltura de cigarrillos hechos a mano (Long and Villarreal, 1998).

Otro aspecto a considerar es que en la actualidad existe una problemática en cuanto a la disponibilidad, costo y origen de las fibras sintéticas, la cual ha dado como resultado la búsqueda de fuentes alternas para su obtención (Salam *et al.*, 2007), entre las cuales se encuentran los subproductos de cultivos tales como maíz, trigo, arroz, sorgo, cebada, caña de azúcar, piña, plátano y coco (Reddy and Yang, 2005b), cuyas fibras son consideradas renovables y biodegradables. En el caso del maíz, un subproducto con alto potencial para la obtención de este tipo de fibra es el totomoxtle.

Los principales componentes de las fibras naturales son la celulosa, la hemicelulosa y la lignina. En una fibra, la proporción de estos componentes depende de la edad y fuente de la fibra, así como de las condiciones de extracción usadas para obtenerla (Batra, 1985). La celulosa forma la cadena principal de las fibras, mientras que la hemicelulosa y la lignina actúan como un pegamento que provee el soporte estructural. Por lo anterior, la producción de celulosa

a partir de fibras naturales se ha vuelto importante. Usualmente esto se logra por medio de tratamientos químicos de diversos tipos que involucran álcalis y/o bisulfitos para separar la lignina y extraer la hemicelulosa. Cada método tiene sus ventajas y desventajas respecto de la cantidad, pureza y propiedades de la celulosa obtenida (Segura *et al.*, 2007).

Con respecto a la estructura química, física y morfológica, así como a las propiedades de las fibras de totomoxtle, Reddy y Yang (2005a) demostraron que éstas reúnen las características requeridas para aplicaciones textiles e industriales. Reddy y Yang (2005b) explican que en las hojas de maíz, las células individuales se encuentran en forma de cinta, retorcida en toda su longitud, con inversión periódica en la dirección de giros, tal como ocurre en algodón. Estas convoluciones naturales aumentan el contacto fibra a fibra y mejoran la cohesión, una propiedad deseable para el hilado de fibras. Agregan que otros atributos positivos de las fibras hechas a partir de totomoxtle son su plegabilidad, fuerza moderada, durabilidad, alta elongación y alta capacidad de recuperación de humedad. Además, por su disponibilidad, las fibras de totomoxtle tienen el potencial para convertirse en una de las fibras naturales de celulosa más barata disponible, para ser utilizadas en la elaboración de ropa y otros productos de alto valor.

Considerando los antecedentes expuestos fue que se formuló la presente investigación, con el objetivo de determinar los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en el totomoxtle de poblaciones de maíz nativos del estado de Puebla, seleccionadas previamente por su capacidad para la producción de totomoxtle.

### **3.4 Materiales y Métodos**

#### **3.4.1. Material genético**

El material base lo constituyeron diversas poblaciones de maíz nativo colectadas y evaluadas en 2009 en las regiones de Libres-Huamantla-Mazapiltepec (LHM), Guadalupe Victoria-Tlachichuca-Serdán (GVTS) y Teziutlán (TEZ), y en 2010 en Tehuacán (TEH). En

cada región se evaluaron únicamente las poblaciones colectadas en la misma (134 en las dos primeras, 76 en TEZ y 95 en TEH), y de entre ellas se escogieron aquellas que presentaron superioridad en rendimiento y calidad de totomoxtle (9 en LHM, 11 en GVTS, 13 en TEZ y 8 en TEH). De cada material seleccionado y por unidad experimental (la cual constó de dos surcos de cinco metros de largo) se recolectaron cinco mazorcas con totomoxtle para realizar las determinaciones bioquímicas.

### **3.4.2 Determinación de celulosa, hemicelulosa y lignina en la fibra de totomoxtle por el método de fibra detergente**

Las hojas de totomoxtle de cada material empleado se secaron a 80 °C durante 24 horas en un horno de secado marca Shell-Lab® modelo FX28-2. Después se sometieron a un primer molido grueso en un molino para forraje y posteriormente a un molido fino en un molino ciclónico Foss-Tecator®, con el cual se obtuvo un tamaño de partícula de 1 mm. Para la determinación se pesaron por triplicado 0.5 g de cada muestra molida, los cuales se colocaron en bolsas de fibra F57 (Ankom Technology Corp., Mecedon NY). Posteriormente, a todas las muestras empleadas en este estudio, se les aplicaron los tratamientos que se describen a continuación.

#### **3.4.2.1 Fibra detergente neutra (FDN)**

El método se basó en la técnica descrita por Van Soest *et al.*, (1991) y consistió en hervir 0.5 g de totomoxtle seco y molido en una solución buffer (pH 7) de Lauril Sulfato, EDTA, Tetraborato de sodio y trietil glicol (detergente neutro) durante una hora en un aparato analizador de fibra ANKOM 200/220, para disolver proteína y grasa y dejar sólo celulosa, hemicelulosa y lignina. Posteriormente las muestras se lavaron con agua destilada tres veces durante diez minutos, para eliminar los residuos de la solución detergente neutro, y se sometieron a un secado a 90° C durante 24 horas en un horno de secado; después se pesaron. De esta forma se obtuvo la fracción insoluble del detergente neutro, conocida como FDN.

### 3.4.2.2 Fibra detergente ácido (FDA)

Una vez obtenida la fibra detergente neutra, ésta se trató con una solución de detergente ácido (Ácido Sulfúrico y Bromuro de Acetil-Trimetil-Amonio) (Van Soest *et al.*, 1991) durante una hora en un aparato analizador de fibra ANKOM 200/220. En este proceso se extrajo la hemicelulosa, de tal forma que la fibra remanente estuvo constituida por celulosa y lignina. Posteriormente las muestras se lavaron tres veces durante diez minutos con agua destilada para eliminar los residuos de la solución detergente ácida, se sometieron a secado en horno a 90 °C durante 24 horas y finalmente se pesaron. Al igual que en FDN, los resultados de FDA se expresaron en porcentaje de la materia seca evaluada.

### 3.4.2.3 Determinación de lignina (ADL)

Después de obtener la FDA, las muestras se trataron con una solución de ácido sulfúrico al 72 % durante tres horas a temperatura ambiente, posteriormente se mantuvieron durante 30 minutos en una solución de NaOH para neutralizar la solución ácida, se lavaron tres veces durante diez minutos con agua destilada para eliminar los residuos de las soluciones anteriores, se secaron a 90° C durante ocho horas en un horno de secado y se pesaron.

Las concentraciones de celulosa, hemicelulosa y lignina se determinaron empleando las siguientes fórmulas: **Hemicelulosa** = FDN – FDA; **Celulosa** = FDA – ADL; **Lignina** = ADL. Todos los resultados se expresaron en porcentaje. Cabe mencionar que aunque el sistema fibra detergente no determina exactamente la composición real de los diferentes componentes de las paredes celulares, sí se puede utilizar como punto de partida para calcular los componentes de celulosa, hemicelulosa y lignina (Segura *et al.*, 2007).

Para tener un referente con el cual comparar los datos obtenidos, también se procesaron muestras de algodón, yute y totomoxtle de tres variedades comerciales de maíz (“30-30”, “Grano de Oro” y “Prograno 900”) procedentes de Nayarit, entidad en la cual existe un importante aprovechamiento del totomoxtle. En todos los casos se siguió el procedimiento previamente descrito.

### 3.4.3 Análisis estadístico

Dado que las variables estaban expresadas en porcentaje, previo a su análisis, y considerando los intervalos de variación, se procedió a transformarlas conforme a lo sugerido por Steel y Torrie (1986). Así, para el caso de lignina, se utilizó la transformación raíz cuadrada (sumando previamente una unidad a todos los valores), y para los contenidos de celulosa y hemicelulosa, se aplicó la transformación arco-seno. Las variables transformadas se sometieron a dos análisis de varianza; en uno de ellos se tomó como fuente de variación a la región de procedencia y en otro a los materiales bajo estudio. Donde procedió, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey (0.05). Todo el procesamiento estadístico se efectuó con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2008).

### 3.5 Resultados y Discusión

Los resultados de los dos análisis de varianza se concentran en el Cuadro 1. El análisis a nivel región reveló que entre ‘regiones’ existieron diferencias altamente significativas para las tres variables evaluadas. El segundo análisis (dentro de cada región) evidenció que aun cuando para la fuente de variación ‘materiales’ no hubo diferencias significativas para lignina, éstas sí se presentaron para celulosa y hemicelulosa (salvo en la región de LHM, donde no se detectaron diferencias significativas para hemicelulosa). Lo anterior denota la existencia de variación para los contenidos de lignina, celulosa y hemicelulosa entre regiones y dentro de ellas. Esto último apoya lo reportado por Gil *et al.*, (2004), quienes indican que parte de la diversidad detectada en los maíces de Puebla se encuentra asociada en cierto grado a los usos tradicionales de la especie, entre los cuales se encuentra el aprovechamiento para totomoxtle.

**Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza por región y dentro de las regiones para las poblaciones de maíz evaluadas en el Estado de Puebla, México, 2011.**

Cuadrados Medios				Cuadrados Medios			
<b>Todas las regiones</b>	Regiones	Error	CV	<b>Todas las regiones</b>	Regiones	Error	CV
Lignina	0.310265 **	0.000714	2.6082	Hemicel	0.1272 **	0.000537	2.0067
Celulosa	0.451055 **	0.083381	2.0249	Fibra total	1918.2 **	13.89016	5.1795
<b>GVTs</b>				<b>TEH</b>			
Lignina	0.000292 ns	0.000144	1.1945	Lignina	0.001092 ns	0.001092	3.2838
Celulosa	0.002288 **	0.000039	0.5035	Celulosa	0.000636 **	0.000141	0.9610
Hemicel	0.001483 **	0.000133	0.9959	Hemicel	0.000988 **	0.000158	1.1687
<b>LHM</b>				<b>TEZ</b>			
Lignina	0.001592 ns	0.000719	2.6467	Lignina	0.001185 ns	0.00076	2.7379
Celulosa	0.001186 **	0.000167	1.0385	Celulosa	0.002728 **	0.000116	0.8362
Hemicel	0.000390 ns	0.000225	1.2907	Hemicel	0.001499 **	0.007870	1.5071

Grados de libertad para regiones: 140, materiales en GVTs, LHM, TEH y TEZ: 32, 26, 23 y 38, respectivamente. \* = significativa ( $p < 0.05$ ), \*\* = altamente significativa ( $p < 0.01$ ), ns = no significativo ( $p > 0.05$ ), CV = coeficiente de variación (%). Hemicel: Hemicelulosa.

La prueba de medias para regiones se presenta en el Cuadro 2. Se observa que los más altos contenidos de celulosa y hemicelulosa se presentaron en los totomoxtles procedentes de Nayarit y Tehuacán. En cuanto a fibra total, los valores más altos en Puebla correspondieron a la región de Tehuacán, donde se alcanzaron valores estadísticamente iguales a los de las muestras de híbridos totomoxtleros de Nayarit. Esto sugiere que, composicionalmente, el totomoxtle procedente de poblaciones nativas de la región de Tehuacán tiene características muy similares a las de materiales mejorados empleados expresamente para producción de totomoxtle y que tiene altos contenidos de celulosa, componente principal de las fibras según Smole *et al.*, (2013), evidenciando con ello el potencial de aprovechamiento existente.

**Cuadro 2. Prueba de medias para las diferentes variables evaluadas en el laboratorio, 2011.**

<b>Región</b>	<b>n</b>	<b>Celulosa (%)</b>	<b>Hemicel (%)</b>	<b>Lignina (%)</b>	<b>Fibra total (%)</b>
Nayarit	9	34.75 c	48.16 a	0.018 b	82.94 b
Tehuacán	24	32.81 c	47.24 a	0.015 b	80.07 bc
Teziutlán	39	27.40 d	40.42 b	0.020 b	67.85 d
Guadalupe Victoria-Tlachichuca-Serdán	33	31.23 dc	39.86 b	0.015 b	71.12 d
Libres-Huamantla-Mazapiltepec	27	31.75 dc	39.71 b	0.027 b	71.49 d
Yute	3	63.48 b	23.61 c	3.540 a	90.63 cd
Algodón	3	97.56 a	1.90 d	0.000 b	99.47 a

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey al 0.05 de probabilidad); n=número de observaciones. Hemicel: Hemicelulosa.

Es pertinente mencionar que, de los resultados mostrados en el Cuadro 2, el resto de componentes para integrar el 100% en la columna referida a fibra total corresponde a pectinas, ceras y proteínas, que son los constituyentes remanentes cuya proporción depende de las condiciones de crecimiento, fuente de la fibra y método de extracción de la fibra (Reddy and Yang, 2005a).

La prueba de medias del Cuadro 2 evidenció la precisión del procedimiento empleado en este trabajo, ya que los valores obtenidos para las muestras de algodón natural (97.56% de celulosa y 1.9% de hemicelulosa) son similares a los reportados por Smole *et al.* (2013): 80-90% de celulosa y 4-6% de hemicelulosa. En el caso del yute, los valores de celulosa, hemicelulosa y lignina fueron similares a los reportados por Pan *et al.* (1999): 58~63 %, 20~24 % y 12~15 %, respectivamente; el valor de 3.54 % de lignina encontrado en yute pudo deberse a que se ha comprobado que existe la solubilización de algunas ligninas en el paso de FDA (Segura *et al.*, 2007).

En el Cuadro 3 se presentan los resultados de la prueba de medias para poblaciones dentro de cada región; sólo se incluyeron los tres materiales con los valores más altos para cada variable. Se observa que los maíces de Tehuacán fueron los que, en promedio, tuvieron los más

altos contenidos de celulosa y hemicelulosa y los menores de lignina. Esto último es algo positivo, pues la presencia de lignina produce un color natural en la fibra que es difícil remover, además de que ocasiona que las fibras sean ásperas y acelera su fotodegradación cuando se exponen a la luz ultravioleta (Reddy *et al.*, 2011).

**Cuadro 3. Prueba de medias para celulosa, hemicelulosa y lignina en las poblaciones nativas de maíz por región.**

Región	Población	Celulosa (%)	Población	Hemicel (%)	Población	Lignina (%)
GVTS	SNopalPr	36.677 a	SNopalPr	44.725 a	SSerdan	0.063 a
	SSerdan	32.619 b	STlachI	41.543 b	Col. 6977	0.028 a
	CPue-423	32.511 b	CPue-260	41.094 cb	CPue-404	.0284 a
LHM	CPue-195	34.875 a	CPue-195	41.018 a	CPue-178	0.151 a
	CPue-178	32.499 ba	SSerdan	41.016 a	CPue-088	0.042 a
	SSerdan	32.397 ba	CPue-369	40.176 a	CPue-369	0.028 a
TEZ	CPue-1107	33.656 a	CPue-1033	43.648 a	CPue-1090	0.139 a
	CPue-1022	31.657 ba	CPue-1022	42.914 a	CPue-1033	0.063 a
	CPue-1052	29.705 bc	CPue-1105	41.771 a	CPue-1016	0.055 a
TEH	CPue-574	34.911 a	CPue-530	50.352 a	CPue-575	0.116 a
	CPue-585	34.283 ba	CPue-566	48.153 ba	CPue-530	0.0 a
	CPue-540	33.610 ba	CPue-585	47.797 ba	CPue-565	0.0 a

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey al 0.05 de probabilidad). Hemicel: Hemicelulosa.

Lo anterior implica que el totemoxtle de los maíces de la región de Tehuacán sea más suave (por sus mayores porcentajes de celulosa y hemicelulosa) y más blanco, por lo que tales poblaciones son susceptibles de incorporarse a un programa de fitomejoramiento para producción de totemoxtle de calidad, para su empleo en la industria textil y artesanal, aunado a que totemoxtle con esas características es el que demanda el mercado nacional y de exportación para la envoltura de tamales. En la región de GVTS, los promedios más altos de hemicelulosa y celulosa estuvieron presentes en las variedades testigo, aunque conviene aclarar que estas fueron formadas (en años anteriores) con poblaciones nativas sobresalientes. En LHM y TEZ, los mejores materiales fueron poblaciones nativas. Se observa que en todas las regiones

existen materiales con características que favorecerían el aprovechamiento de su totomoxtle (por ejemplo. CPue-195 en LHM y CPue-1022 en TEZ).

De este trabajo se concluye que existen evidencias de que en Puebla, tanto entre regiones como al interior de éstas, entre las poblaciones nativas de maíz existe variabilidad en cuanto a los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina del totomoxtle, y que es en la región de Tehuacán donde hay un mayor potencial para el aprovechamiento artesanal e industrial del totomoxtle.

### **Agradecimientos**

Se agradece el apoyo económico recibido para la realización de este trabajo por parte de los Fondos Mixtos CONACYT-Gobierno del Estado de Puebla a través del Proyecto PUE-2007-01-76993, y del Colegio de Postgraduados, a través de la LPI-6 Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos.

### **3.6 Referencias**

- Ángeles-Gaspar E, E Ortiz-Torres, PA López, G López-Romero** (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33(4):287-296.
- Batra S K** (1985). Other long vegetable fibers, in *Handbook of Fiber Science and Technology: (Vol IV: Fiber Chemistry)*, pp. 727-808.
- 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 y D.I. Jarvis (eds.). Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Cali Colombia. pp: 18-25.
- Hortelano S R R, A Gil M, A Santacruz V, S Miranda C, L Córdova T** (2008). Diversidad morfológica de maíces nativos del valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34(2):189-200.

- King A** (2007). Trade and Totomoxtle: Livelihood strategies in the Totonacan region of Veracruz, México. *Agriculture and Human Values* 24:29-40.
- Long N, M Villareal** (1998). Small product, big issues: Value contestations and cultural identities in cross-border commodity networks. *Development and Change* 29:725–750.
- Mauricio S R A, J D Figueroa C, S Taba, M L Reyes V, F Rincón S, A Mendoza G** (2004). Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(3):213-222.
- Muñoz O A** (2005). Centli Maíz. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 211 p.
- Muñoz-Tlahuiz F, J D D Guerrero-Rodríguez, P A López, A Gil-Muñoz, H López-Sánchez, E Ortiz-Torres, J A Hernández-Guzmán, O R Taboada-Gaytán, S Vargas-López, M Valadez-Ramírez** (2013). Producción de rastrojo y grano de variedades locales de maíz en condiciones de temporal en los Valles Altos de Libres-Serdán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 4(4):515-530.
- Ortiz-Torres E, P A López, A Gil-Muñoz, J d D Guerrero-Rodríguez, H López-Sánchez, O R Taboada-Gaytán, J A Hernández-Guzmán, M Valadez-Ramírez** (2013). Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 19(2):225-238.
- Pan N C, A Day, Kumar K. Mahalanabis** (1999). Chemical Composition of Jute and its Estimation. *Man-made Textiles In India* 42:467-473.
- Rangel-Meza E, A Muñoz O, G Vázquez C, J Cuevas S, J Merino C, S Miranda C** (2004). Elaboración y Calidad de Tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Agrociencia* 38:53-61.
- Reddy N, Y Yang** (2005a). Properties and potential applications of natural cellulose fibers from cornhusks. *Green Chemistry* 7: 190–195.
- Reddy N, Y Yang** (2005b). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends in Biotechnology* 23:1:22–27.
- Reddy N, V A Thillainayagam, Y Yang** (2011). Dyeing Natural Cellulose Fibers from Cornhusks: A Comparative Study with Cotton Fibers. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 50:5642-5650.

- Salam A, N Reddy, Y Yang** (2007). Bleaching of Kenaf and Cornhusk Fibers. *Ind. Eng. Chem. Res.* 46: 1452-1458.
- SAS Institute** (2008). *SAS user's guide: Statistics. Versión 8.0 ed.* Cary, N.C. USA.
- Segura S F, F R Echeverri, C Arley, L Patiño, A I Mejía G** (2007). Descripción y Discusión acerca de los Métodos de Análisis de Fibra y del Valor Nutricional de Forrajes y Alimento para Animales. *Vitae Revista de la Facultad de Química Farmacéutica* 14:1:72-81.
- Smole M S, S Hribernik, K S Kleinschek, T Kreze** (2013). Plant Fibers for Textile and Technical Applications. In S Grundas and A Stepniewski (Eds.). *Advances in Agrophysical Research*. Disponible en <http://dx.doi.org/10.5772/52372>
- Steel R G y J H Torrie** (1986). *Bioestadística. Principios y procedimientos.* (2ª Ed. 620 p.). McGraw-Hill Boock Co. México. 620 pp.
- Van Soest P J, J B Robertson, B A Lewis** (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.

## **CAPITULO IV**

### **SITUACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE TOTOMOXTLE EN EL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO**

#### **SOCIO-ECONOMIC SITUATION OF CORNHUSK PRODUCTION AND TRADING IN THE ESTATE OF PUEBLA, MEXICO**

Martha del Carmen Flores-Rosales<sup>1</sup>, J. Arahón Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Pedro Antonio López<sup>1</sup>, Abel Gil-Muñoz<sup>1</sup>, Filemón Parra-Inzunza<sup>1</sup>, Rene Hortelano Santa rosa<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Postgraduados-Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla Núm. 205, Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula. C.P. 72760, Puebla, México.

<sup>2</sup> INIFAP, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

## 4.1 Resumen

El maíz es el cultivo más importante en México, desde el punto de vista alimentario, económico y sociocultural. Sin embargo la venta del grano de maíz no genera los suficientes beneficios económicos para los agricultores, por lo que éstos han generado otras estrategias de venta que les permitan obtener esos beneficios, una de ellas ha sido la comercialización de totomoxtle. Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue caracterizar el acopio y la comercialización del totomoxtle en tres regiones productoras del estado Puebla. Para ello en 2011 se realizaron dos encuestas, la primera con la finalidad de identificar las principales características del totomoxtle comercializado en los principales mercados del estado de Puebla, así como las principales localidades y regiones de donde proviene el totomoxtle, y la segunda para obtener información de los productores de dichas regiones, describiendo el aprovechamiento de los productos derivados del cultivo del maíz y analizando el impacto de su comercialización sobre la economía de los productores. Para la primera etapa, y se aplicaron cuestionarios a comerciantes de totomoxtle en la Central de Abastos de la ciudad de Puebla, y en los mercados regionales de Cholula, Huejotzingo, Tehuacán y Chalchicomula de Sesma; para la segunda etapa se entrevistó a agricultores de las principales localidades productoras de totomoxtle: San José Miahuatlán y Attepexi de la región de Tehuacán, Atzala, Calpan y Tepatlaxco de la región de Puebla, y San Francisco Cuautlancingo de la región de Serdán. De los resultados obtenidos se concluyó que la comercialización de totomoxtle puede ocurrir dentro de la misma localidad o de la región, se definieron cuatro grupos de productores en base a sus características de producción y de comercialización, estableciendo la relación de las comunidades y regiones de origen de los productores con las principales características sociales y económicas de éstos; se confirmó que la venta de totomoxtle representa un ingreso adicional importante para la economía del productor y que además su aprovechamiento permite la conservación de variedades locales, ya que estas son las empleadas para obtener el totomoxtle.

Palabras clave. Agricultura tradicional, análisis de conglomerados, análisis de correspondencias, comercialización, maíz, totomoxtle.

## 4.2 Abstract

Maize is the most important crop in Mexico in terms of food, economic and socio-cultural issues. However corn grain sale does not generate enough economic benefits for farmers, so they have generated other strategies for selling corn products, enabling them to obtain more benefits, one of which is the marketing of totemoxtle. The aim of this study was to characterize the use and marketing of totemoxtle in three maize producing regions of Puebla State, in Mexico. In order to do this in 2011, two surveys were conducted, the first one was carried out to identify the main features of traded totemoxtle at the main local markets at Puebla state, as well as the main towns and regions from which the totemoxtle product comes, and questionnaires were applied to people who trade with totemoxtle at the Supply Center of Puebla City, and at regional markets such as Cholula, Huejotzingo, Tehuacan, and Chalchicomula de Sesma. Results showed that the main totemoxtle producing areas are: San Jose Miahuatlan and Attepechi from Tehuacan region, Atzala, Calpan, and Tepatlaxco at the region of Puebla, and San Francisco Cuautlancingo at the region of Serdan. The second survey was focused on obtaining information from farmers from the most important producing regions, in order to characterize the use of derivatives of maize crop and to analyze the impact of totemoxtle marketing on the economy of those producers. It was concluded that the marketing of totemoxtle can occur within the same town or region, and four groups of farmers were defined on the basis of characteristics of production and marketing, and relationships among peasants, according their communities and regions of origin, with their major social and economic characteristics were established; it was concluded that the sale of totemoxtle represents an important additional income for the economy of the grower and also its use and exploitation allow the preservation of local varieties, as these are used to obtain the totemoxtle.

Key words: Traditional agriculture, cluster analysis, correspondence analysis, totemoxtle trading, maize.

### 4.3 Introducción

El cultivo del maíz contribuye al sustento de millones de agricultores y se encuentra incluido entre los tres cereales más importantes a nivel mundial (Keleman *et al.*, 2009, Hellin *et al.*, 2010). En México, la importancia del maíz se deriva no sólo de su papel en la producción económica nacional, sino también de su fuerte conexión con la cultura mexicana y, sobre todo, del papel clave que desempeña en el apoyo a los medios de subsistencia rural (Sweeney *et al.*, 2013). En 2012, en el país se sembraron con maíz 6, 103,020 ha con una producción de 12, 720,477 t en la modalidad de temporal; en ese año, el estado de Puebla se ubicó en sexto lugar en la modalidad de temporal con una superficie sembrada de 509,111 ha y una producción de 777,762 t (SIAP, 2014).

En el país existen tanto agricultores orientados a la producción comercial como aquéllos dedicados al autoconsumo o a lo más, a las ventas en pequeño en mercados locales. Los primeros se ubican en la zona norte del país, comúnmente emplean variedades híbridas, mientras que los segundos se distribuyen mayormente en la zona centro y suroeste, y emplean poblaciones nativas, también llamadas variedades criollas (Keleman *et al.*, 2009) porque esas poblaciones son las preferidas para la elaboración de tortillas hechas a mano, o de otros alimentos tradicionales. Debido a que los agricultores que cultivan poblaciones nativas no generan las suficientes ganancias por la venta del grano (Sweeney *et al.*, 2013), cambian a la venta de productos especiales de maíz. Esta especialización del maíz suele recibir un sobreprecio en comparación con la venta de grano, además algunos mercados especializados son más accesibles para los agricultores que producen pequeños volúmenes de grano (Hellin *et al.*, 2013).

Entre estas especializaciones se encuentra la producción de maíz azul, la de maíz harinoso de grano grande para hacer pozole (Hellin *et al.*, 2013), la producción y comercialización del producto en fresco conocido como elote, que en caso de que se retarde la cosecha se deja a madurez comercial para la producción de grano (Ortiz-Torres *et al.*, 2013) y la producción de huitlacoche (*Ustilago maydis*), un hongo que se considera un manjar en

México (Hellin *et al.*, 2013). Con la comercialización de cualquiera de ellas, el productor se ve beneficiado.

Otro producto que se genera a partir de las variedades nativas y del que existe demanda en mercados nacionales e internacionales, debido a que es empleado en la elaboración de tamales y artesanías, es el de las hojas de maíz o totemoxtle, y su comercialización es una de las estrategias que emplean los productores para obtener un beneficio extra de la producción de maíz, aunque también tiene impactos ecológicos negativos a escala local debido a los cambios en la practicas de selección que realizan los productores, ya que favorecen la selección de variedades que producen más totemoxtle pero no maíz, esto puede llevar a la perdida de otras variedades, disminuyendo con esto la diversidad genética del maíz (King, 2007). Gracias a la demanda que existe del totemoxtle, algunos estados de México como Nayarit (Rice, 2007), Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca y Tamaulipas (Long and Villareal, 1998) y en la región Totonaca en el estado de Veracruz (King, 2007), en donde ya existen centros de acopio de totemoxtle, se ha generado un esquema en el cual los agricultores, a través de la cosecha y venta del totemoxtle, se han beneficiado del cultivo de maíz de variedades nativas, al mismo tiempo que obtienen ingresos extras para su familia.

En el estado de Puebla, Flores-Rosales *et al.* (2015) desarrollaron un estudio en tres regiones productoras de maíz, y demostraron la existencia de una amplia variación para características relacionadas con la calidad del totemoxtle. También concluyeron que las poblaciones nativas de maíz cultivadas en la región de Tehuacán son las que poseen las características más sobresalientes para el aprovechamiento del totemoxtle. A pesar del potencial para producción de totemoxtle presente en algunas regiones del estado de Puebla y de las evidencias de que se cuenta con una gran diversidad y riqueza genética de poblaciones nativas de maíz, existen pocos estudios sobre la importancia económica y social que tiene el totemoxtle en las regiones productoras más importantes de dicho cereal en la entidad. Entre estos estudios se encuentra el de Viveros-Flores *et al.*, (2010) quienes reportaron que en el valle de Puebla, 72% de las unidades familiares aprovechan el totemoxtle, y que en esos casos, entre 70 y 100% de la producción obtenida es destinada a la venta. Dichos autores apuntaron que las unidades familiares que se dedican al aprovechamiento del totemoxtle se caracterizaron por

tener las menores superficies destinadas a la siembra de maíz, presentar escasa actividad pecuaria, ser familias comparativamente más grandes y contar con menores ingresos. Otras regiones donde se sabe que el aprovechamiento de totomoxtle es una práctica más generalizada entre los agricultores, son el trópico húmedo poblano (Reyes *et al.*, 2007; Sierra *et al.*, 2010) y Tehuacán, aunque de ésta no existen reportes escritos.

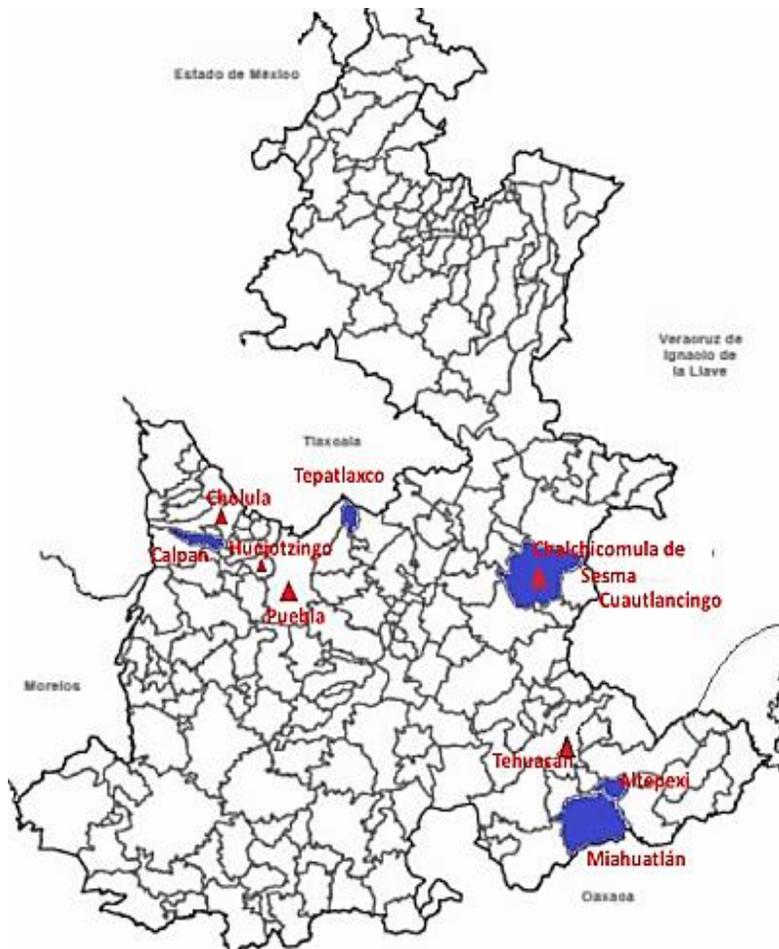
Considerando que en el estado de Puebla existen evidencias documentadas (Viveros-Flores *et al.*, 2010;) y empíricas (Reyes *et al.*, 2007; Sierra *et al.*, 2010) de que el aprovechamiento del totomoxtle de variedades nativas de maíz es una actividad relevante, se planteó la presente investigación con el propósito de recabar información preliminar del proceso de acopio y comercialización de totomoxtle en tres regiones del estado de Puebla.

#### **4.4 Materiales y métodos**

##### **4.4.1 Área de Estudio**

La investigación se desarrolló en dos etapas. En la primera se condujo una encuesta en la cual se aplicaron cuestionarios a los comerciantes de la central de abastos de Puebla, ubicado en la ciudad de Puebla; así como a los de mercados regionales de importancia en el estado de Puebla, como los de Huejotzingo, Cholula y Chalchicomula de Sesma y el tianguis La Purísima, del municipio de Tehuacán. Con los resultados se identificaron las principales localidades productoras y proveedoras de totomoxtle.

Una vez identificadas las principales localidades, se procedió a la segunda etapa, en la cual se aplicaron cuestionarios dirigidos a los productores de totomoxtle. Las localidades fueron: San Francisco Cuautlancingo, municipio de Chalchicomula de Sesma (región Serdán), Atzala y Calpan, municipio de Calpan y Tepatlaxco de Hidalgo, municipio del mismo nombre (región Puebla) y las localidades de San José Miahuatlán, y Altepexi, pertenecientes a municipios del mismo nombre (región Tehuacán) (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de lugares donde se aplicaron los cuestionarios a comerciantes de totomoxtle (triángulos rojos) y a productores de totomoxtle (Azul).

#### 4.4.2 Tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de muestra a emplear en las entrevistas a productores, se recurrió a la lista de beneficiarios de PROCAMPO del estado de Puebla (ASERCA, 2011). Se tomó en cuenta únicamente a aquellos productores que sembraban maíz bajo el sistema de temporal (Cuadro 1). El tamaño de muestra se determinó mediante la ecuación de muestreo simple aleatorio (Johnson, 2000).

**Cuadro 1. Total de productores y superficie sembrada con maíz en 6 localidades del estado de Puebla 2011.**

Localidad	Total de productores	Superficie sembrada con maíz (ha)		
		total	Media aritmética	Desviación estándar
Miahuatlán	361	529	1.47	0.81
Altepexi	174	421	2.42	1.85
Tepatlxco	526	1119	2.13	1.87
Calpan	408	808	1.98	1.22
Atzala	168	617	3.67	3.06
Cuautlancingo	198	529	2.67	2.29

Ecuación para determinar el tamaño total de la muestra.

$$n = \frac{(\sum_{i=1}^k N_i S_i)^2}{(N^2 V + \sum_{i=1}^k N_i S_i^2)}$$

Dónde:

n = tamaño final de la muestra.

N = total de productores de interés.

$N_i$  = Número de productores del estrato  $i$  (Considerando cada localidad como un estrato).

$S_i$  = Desviación estándar del estrato  $i$  (calculada para la superficie sembrada con maíz).

V = Relación entre precisión y confiabilidad, calculada como:

$$V = \frac{d^2}{Z_{\alpha/2}^2}$$

Dónde:

d = precisión (fijada en 9% de la media general; esto es, 0.164).

$z/2$  = confiabilidad (valor de Z de tablas con  $\alpha=0.95$ ; esto es, 1.96).

Con la finalidad de distribuir el tamaño total de muestra entre los estratos (poblaciones), se aplicó la fórmula siguiente:

$$n_i = n \left[ \frac{N_i S_i}{\sum_{i=1}^k N_i S_i} \right]$$

Dónde:

$n_i$ = Estrato  $i$  (localidad 1, 2, 3).

$n$  = tamaño final de la muestra.

$N_i$ = número de productores del estrato  $i$  (localidad 1, 2, 3, etc.).

$S_i$ = desviación estándar del estrato  $i$  (calculada para la superficie sembrada con maíz).

El tamaño final de la muestra fue de 48 productores repartidos de la siguiente manera: 5 en San José Miahuatlán, 5 en Altepexi, 15 en Tepatlaxco, 8 en Calpan, 8 en Atzala y 7 en San Francisco Cuautlancingo.

#### **4.4.3 Instrumento empleado**

Para el caso de los comerciantes, el cuestionario constó de 20 preguntas (Anexo 1), con una combinación de 9 preguntas cerradas y 11 abiertas. Las preguntas estaban relacionadas con el origen y las características físicas del totomoxtle, el volumen, la venta, así como el beneficio económico obtenido por la venta de totomoxtle. A los productores se les aplicó un cuestionario (Anexo 2) constituido por 39 preguntas: 29 abiertas y 10 cerradas. Se incluyeron preguntas relacionadas con la superficie destinada al cultivo de maíz, los costos de producción, la producción total obtenida y las características físicas del totomoxtle. Los cuestionarios se aplicaron en 2011.

#### **4.4.4 Análisis estadístico**

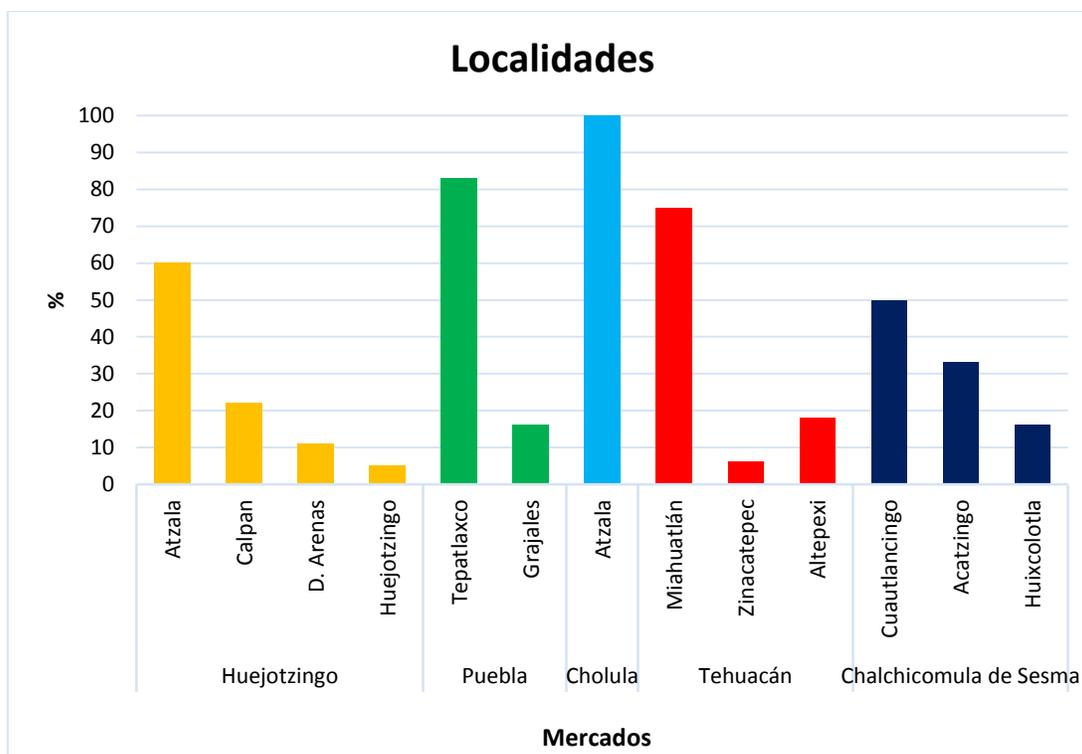
La información obtenida de cada tipo de cuestionario se concentró en una hoja de cálculo de Excel®. En el caso de los datos de comerciantes, se procesó para obtener los promedios e identificar las principales localidades donde se aprovecha el totomoxtle dentro de cada región del estado de Puebla. En el caso de los cuestionarios aplicados a productores de totomoxtle, la información se codificó para obtener una matriz de datos la cual se sometió a un análisis de componentes principales; adicionalmente se calculó una matriz de distancias con la cual se

efectuó un análisis de conglomerados con el procedimiento PROC CLUSTER del SAS; los patrones de agrupamiento se visualizaron mediante la elaboración de un dendrograma, con el procedimiento PROC TREE del SAS. El método de agrupamiento aplicado fue el de mínima varianza dentro de grupos de Ward, y para mejorar la presentación de la gráfica se utilizó el coeficiente de determinación como escala de disimilitud entre conglomerados (Mohammadi and Prasanna, 2003). Por último, se realizó un análisis de correspondencias simple, una técnica multivariante empleada para representar en un espacio geométrico de escasas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de objetos, sujetos o estímulos; este análisis se llevó a cabo con el procedimiento PROC CORRESP de SAS. Los procedimientos antes mencionados forman parte del paquete Statistical Analysis System (SAS), versión 8.0 para Windows (SAS Institute, 2008), empleado para el procesamiento estadístico.

## **4.5 Resultados**

### **4.5.1 Resultados de la encuesta dirigida a comerciantes**

**Localidades de procedencia del totomoxtle.** En el mercado de Huejotzingo se determinó que las principales localidades de donde procede el totomoxtle son Atzala y San Andrés Calpan (ambas pertenecientes al municipio de Calpan) así como del municipio de Domingo Arenas y, en menor proporción, del municipio de Huejotzingo. En la Central de Abastos de Puebla, la mayor cantidad de totomoxtle proviene de Tepatlaxco de Hidalgo, municipio del mismo nombre y el restante de la localidad de Rafael Lara Grajales, perteneciente al municipio del mismo nombre. En el caso del mercado de Cholula, el 100 % del totomoxtle comercializado proviene de Atzala, municipio de Calpan. El totomoxtle que se vende en el mercado de Tehuacán proviene de los municipios de San José Miahuatlán y Altepexi, y en menor proporción del de Zinacatepec, municipio de Zinacatepec. Finalmente, en el mercado de Chalchicomula de Sesma, el producto proviene de San Francisco Cuautlancingo, perteneciente al municipio de Chalchicomula de Sesma, de Acatzingo y de la central de abastos de Huixcolotla, los dos últimos pertenecientes a municipios del mismo nombre (Figura 2).



**Figura 2.** Localidades que abastecen a los principales mercados comercializadores de totemoxtle en el estado de Puebla, 2011.

**Volumen de compra de totemoxtle.** Del total de comerciantes interrogados, un 52% mencionó que debido a que son productores de maíz, aprovechan el totemoxtle cosechado en sus parcelas y lo llevan a vender de manera directa a los diversos mercados locales que se encuentren cercanos a sus comunidades, 27% mencionó que compra el totemoxtle con productores de su misma localidad para comercializarlo de igual manera en los mercados locales y regionales y el 21% restante mencionó que además de aprovechar el totemoxtle de sus parcelas, compra totemoxtle con productores de su localidad para tener mayor volumen para comercializar. Los porcentajes anteriores varían de acuerdo a los mercados, el de Cholula está integrado al 100% por productores quienes de manera directa llevan a vender el totemoxtle que producen al mercado. En el de Huejotzingo, 78% son productores, 11% son compradores y 11% son productores y compradores. En la central de abastos de la ciudad de Puebla, 33% de los encuestados es productor y lo vende de manera directa en la central, 33% es productor y comprador y el 33% restante solamente se dedica a comprar y re-vender. En el mercado de

Tehuacán, sólo 12% es productor de totomoxtle, el 50% de los comerciantes son re-vendedores y el 38% restante son productores pero también compradores.

**Características físicas del totomoxtle deseables para su comercialización.** La mayor parte de los vendedores de los cinco mercados mencionaron que el totomoxtle debe estar en buen estado y debe ser de color blanco debido a que es el color más solicitado (sólo una pequeña porción señaló la preferencia por el totomoxtle de color morado). Otra característica que es muy importante es el tamaño: debe ser ancho y largo; con relación a la textura, la hoja debe ser suave, y no rígida ni quebradiza porque dificultaría su manejo (Cuadro 2). También se les preguntó acerca de la base del totomoxtle, debido a que en algunas regiones del país se corta, los encuestados mencionaron que esto no era necesario debido a que los compradores locales y regionales la emplean para la elaboración de tamales, y para ello requieren la hoja completa.

**Venta.** Con respecto a la presentación para la venta, ésta varía de acuerdo a las regiones. En el tianguis de Tehuacán, el totomoxtle se vende empaquetado en rollos, acomodados en una bolsa denominada arpilla, la cual contiene de 230 a 240 hojas aproximadamente (mencionan que dos hojas se ocupan para elaborar un tamal). En el mercado de Chalchicomula de Sesma, de la región de Serdán, los paquetes constan de varios rollos; en promedio un paquete contiene 173 hojas. En los demás mercados de la región de Puebla, la presentación de venta es en rollos, con un promedio de 68 hojas, aunque el mercado de Cholula presenta en promedio 58 hojas por unidad. En relación a los meses de mayor venta de totomoxtle, la mayoría de los vendedores, coinciden en que son noviembre, diciembre y febrero, debido a las fiestas de Todos Santos, fiestas decembrinas y el día de la Candelaria (2 de febrero), respectivamente, ya que las ventas aumentan al doble y al triple en los mercados de Tehuacán y Chalchicomula de Sesma, y por consecuencia, sus ingresos también (Cuadro 2). Otro aspecto que se quiso saber de los comerciantes, es cómo consideran su situación de venta de hace tres años en comparación con el año 2011, el año de entrevista, el 60% comentó que la venta ha disminuido y 40% señaló que la venta se ha mantenido. En cuanto a la perspectiva que tienen para los próximos tres años (2012-2015), el 50% consideró que las ventas se mantendrán constantes, mientras que el 45% opinó que disminuirán y sólo 5% piensa que aumentarán.

**Cuadro 2. Datos generales de los comerciantes y características deseables del totomoxtle en cinco mercados del estado de Puebla.**

	<b>Mercados</b>				
	<b>Huejotzingo</b>	<b>Cholula</b>	<b>Central de abastos, Puebla</b>	<b>Tehuacán</b>	<b>Chalchicomula de Sesma</b>
Edad promedio de los comerciantes	47	42	37	44	37
Años dedicados a la comercialización de totomoxtle	15	11	1	15	10
Unidad de venta (manejo o arpilla)	Manejo	Manejo	Manejo	Arpilla	Arpilla
Precio de venta (\$)	11	11	10	26	40
Hojas por unidad de venta	68	58	68	233	173
Característica predominante del totomoxtle					
Tamaño (largo ancho) (%)	67 %	71 %	50 %	75 %	0 %
Tamaño y textura	11 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Tamaño y color	0 %	29 %	33 %	0 %	67 %
Tamaño, textura y color	0 %	0 %	0 %	0%	33 %
Textura	11 %	0 %	0 %	12.5%	0 %
Color	11 %	0 %	17 %	0 %	0 %
Color más vendido	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco
Número de unidades vendidas a la semana	23	13	72	23	8
Número de unidades vendidas en época de mayor demanda	46	27	168	58	25
Ingreso por unidades vendidas/semana (\$)	176	138	694	582	306
Ingreso por unidades vendidas/semana de mayor venta (\$)	516	297	1669	1497	1000

Fuente: Comerciantes entrevistados (33) de los mercados más importantes de tres regiones del Estado Puebla.

#### **4.5.2 Características generales de los productores de maíz y totomoxtle**

En relación a las edad de los productores de maíz, ésta se encuentra en un rango de 50 a 61 años; cuentan con una superficie de 3 a 4 ha y toda su superficie la destinan a la producción de maíz. Con respecto al sistema de producción, 100 % de los productores de la región de Puebla y Serdán siembran bajo temporal, mientras que 95% de los productores de la región de

Tehuacán siembran bajo sistema de riego. Otro aspecto importante que se les preguntó a los productores fue en relación al tipo de semilla empleada en la siembra, el 100% de los productores de las tres regiones mencionaron emplear solamente semillas nativas (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Características clave de los hogares agrícolas de los productores de totomoxtle.**

	Región Puebla			Región Tehuacán		Región Serdán
	Atzala	Calpan	Tepatlatxco	Altepexi	Miahuatlán	Cuautlancingo
Edad promedio de los productores	61	58	53	53	50	53
Años dedicados a la siembra de maíz	39	36	34	43	34	37
Superficie destinada a siembra (ha)	3	3	4	4	3	4
Área sembrada de maíz (ha)	3	3	4	4	3	4
Producción de grano (t/ha)	1.6	1	2	2.5	2.6	1.4
- Venta de maíz (%)	60	47	73	68	80.5	72.5
- Producción para autoconsumo (%)	38	51	23	20	20	28
- Consumo animal (%)	1	0	2.5	11	0	0
- Semilla para próximo ciclo (%)	1	2	1.5	1	0.5	0.5
Precio de venta de maíz (\$)	4.50	4.50	4.80	5.00	4.60	5.00
Costo de producción (\$/ha)	6375	6187	9670	13 020	12160	6342
Producción de totomoxtle (rollos/ha)	240	300	526	2200	264	693
Precio de venta de totomoxtle (\$)	10.70	10.00	7.00	4.00	5.30	11.30
Relación beneficio/costo maíz	1.287	0.807	0.980	0.989	1.028	1.241
Relación beneficio/costo maíz-totomoxtle	1.459	1.021	1.094	1.298	1.113	1.565

Fuentes: Productores encuestados (48) de tres regiones del estado de Puebla.

En cuanto a los rendimientos de grano, existe una marcada diferencia entre y dentro de regiones del estado de Puebla, siendo en Miahuatlán, de la región de Tehuacán, el lugar en donde se reporta el mayor rendimiento, el cual es de 2.6 t.ha<sup>-1</sup>. El 100% de los productores de todas las regiones vende el grano por kilogramo dentro de la región; no obstante, dentro y entre regiones hay diferencias en cuanto a la proporción de maíz vendida. Así, en la región de Tehuacán, los productores de Miahuatlán venden 79% de la producción, 20% lo destinan al autoconsumo y 0.5 % la guarda para sembrarla el ciclo siguiente; en el caso de Altepexi, 68% se destina a la venta, 20% al autoconsumo, 11% al consumo animal, y 0.4% se guarda para el próximo ciclo. En el caso de las localidades de la región de Puebla, la que presenta los menores rendimientos es Calpan, con 1 t.ha<sup>-1</sup>; de esta producción, se vende 47%, el 51% es para el

autoconsumo, 1.5% para la alimentación del ganado y 0.5% es almacenado para el siguiente ciclo (Cuadro 3).

Con relación al aprovechamiento del totemoxtle, 100% de los productores encuestados mencionó aprovecharlo; las razones de ello fueron: que es una actividad que la realiza por costumbre (77%), porque existe mercado para su comercialización (12.5%), para obtener ingresos adicionales por su venta (6%), y una pequeña porción respondió que lo comercializaba debido a que a su regreso de los Estados Unidos no tenía otra actividad (2%), además de que es una actividad que realizaba antes de migrar. Al preguntar a los productores sobre el valor que le dan a la producción de maíz y a la del totemoxtle, 13% opinó que el cultivo de maíz es importante sólo por la producción de grano, mientras que 76% afirmó que la producción de grano y totemoxtle comparten la misma importancia. En lo que respecta al proceso de extracción de totemoxtle, 100% de los encuestados de las tres regiones respondieron que emplean mano de obra familiar y hacen la extracción de forma manual.

En cuanto a la comercialización del totemoxtle, en las localidades de la región de Puebla, son los propios productores quienes seleccionan las hojas más grandes y enteras, que no se encuentren maltratadas y llevan a vender el totemoxtle a los mercados regionales más cercanos, lo que concuerda con las encuestas aplicadas a comerciantes, pues 100% de ellos indicó que también eran productores. En el municipio de Tepatlaxco, el 50% lo lleva a vender a la central de abastos de la ciudad de Puebla y el otro 50% lo vende a algún familiar que se dedica a la comercialización de totemoxtle. En la región de Tehuacán, el 60% de los productores le venden su producto a algún acopiador que llega a la zona o de la misma región y 40% lo vende de forma directa en los mercados regionales. En la región de Serdán, el 90% lo vende a algún familiar que se dedica a la comercialización en otras regiones o estados, mientras que 10% lo hace de forma directa en el mercado regional.

En el aspecto económico, los mayores costos de producción por hectárea los presentó la región de Tehuacán, ya que ahí invierten el doble que las demás regiones, debido a que el sistema de producción es de riego, por lo cual el productor tiene que comprar horas de agua (sistema de venta de agua) para regar sus parcelas, con lo que los costos aumentan. No obstante,

conviene mencionar que esta disponibilidad de agua les da la posibilidad de tener dos ciclos de cultivos de maíz al año. Con los datos obtenidos se calculó la relación Beneficio-Costo (B/C), la cual, para considerarse aceptable debe ser mayor o igual a uno. Cuando los productores sólo venden maíz, la mayoría de ellos, en las tres regiones, obtienen un indicador menor a uno, lo que se traduce en pérdidas, excepto Atzala, Miahuatlán y Cuautlancingo. Por el contrario, cuando se obtiene el indicador incluyendo la venta de totomoxtle, en las tres regiones se reporta una relación B/C mayor a uno, siendo las comunidades más favorecidas las de Cuautlancingo, Atzala y Altepexi (Cuadro 3).

#### **4.5.3 Análisis de componentes principales**

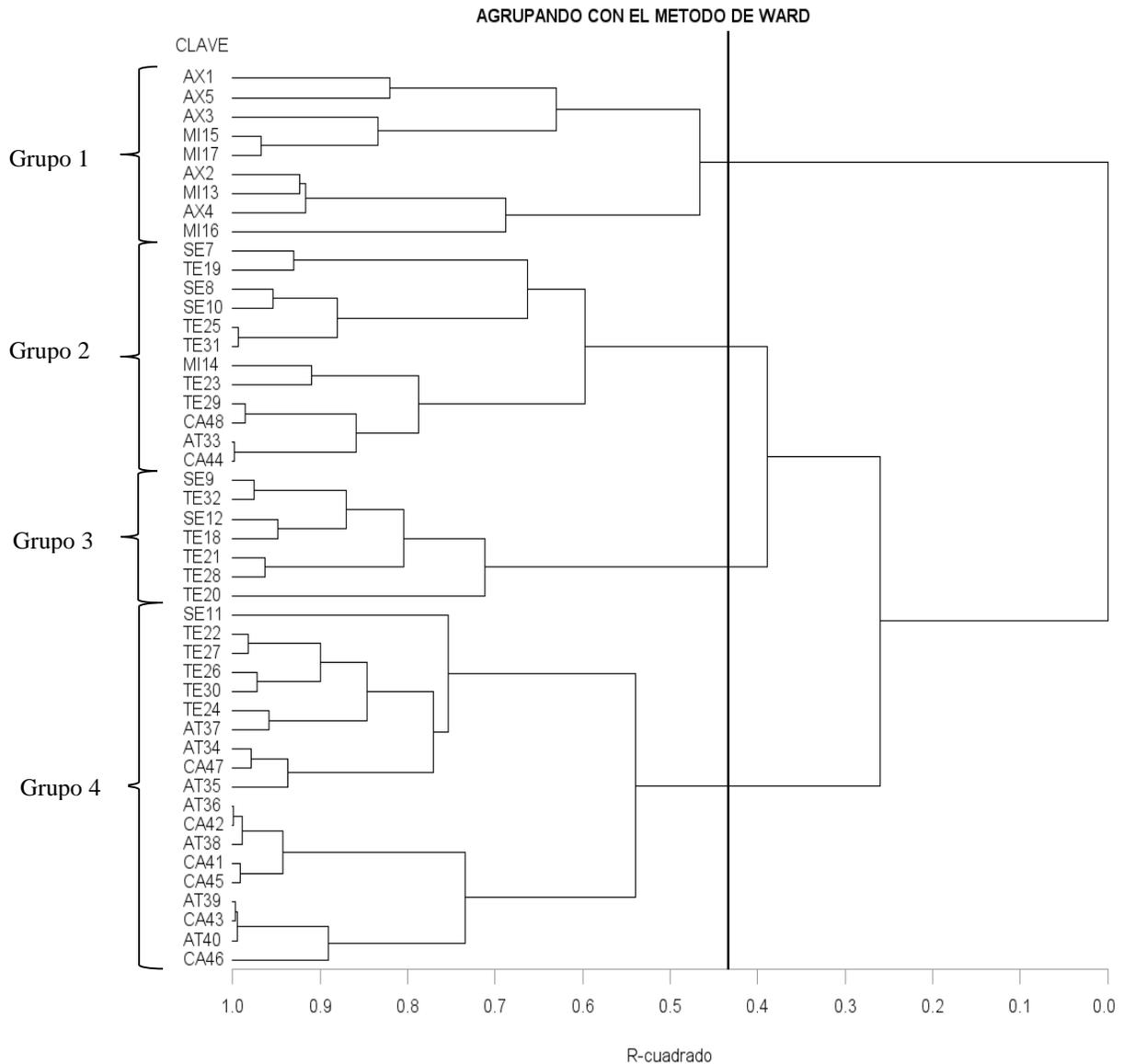
El análisis de componentes principales reveló que los tres primeros componentes explicaron 61.2% de la variación observada (Cuadro 4). De acuerdo con la información contenida en el Cuadro 5, las variables con mayor influencia para cada uno de los tres primeros componentes principales (CP) fueron las siguientes: para el CP1 venta de maíz (VENTA), ganancia neta por la venta de grano (GANGRAN), producción total de totomoxtle (PROTOTAL) y ganancia por la venta de maíz y totomoxtle (BENTOTAL). Para el CP2, las variables con mayor peso fueron edad del productor (EDAD), cultivo de riego o temporal (REGHUM), tiempo del productor sembrando maíz (TIEMPO) y superficie (ha) sembrada de maíz en 2011 (SUP). Para el caso del CP3 las variables originales de mayor importancia fueron producción de maíz (PROGRA) y costos por hectárea sembrada en 2011 (COS\_HA).

**Cuadro 4. Vectores propios y valores propios para los tres primeros componentes principales (CP). Caracterización de productores de totomoxtle del estado de Puebla, 2011.**

VARIABLES	COMPONENTES PRINCIPALES		
	CP1	CP2	CP3
<b>EDAD</b>	-0.0969	<b>0.4474</b>	<b>0.5024</b>
<b>REGHUM</b>	-0.2194	<b>0.3503</b>	-0.3515
<b>TIEMPO</b>	-0.0247	<b>0.4466</b>	<b>0.5191</b>
<b>SUP</b>	0.2536	<b>0.3186</b>	-0.3599
<b>PROGRA</b>	0.2858	-0.1682	<b>0.2447</b>
<b>VENTA</b>	<b>0.3697</b>	0.0526	-0.0920
<b>CONHUM</b>	0.1696	0.2704	-0.1751
<b>SEM</b>	0.0048	0.0791	-0.0079
<b>CONAN</b>	0.2342	0.0531	0.1419
<b>COS_HA</b>	0.2644	-0.2594	<b>0.1970</b>
<b>GANGRA</b>	<b>0.3552</b>	0.1434	-0.1328
<b>PROTOTAL</b>	<b>0.3257</b>	0.0216	0.1413
<b>INGTOT</b>	0.2907	0.1383	-0.0083
<b>BENTOTAL</b>	<b>0.3813</b>	0.1616	-0.1057
<b>VENDEA</b>	0.1974	-0.3595	0.1313
<b>LUGARVEN</b>	-0.0670	-0.0038	-0.0311
<b>Valor propio</b>	5.87	2.09	1.84
<b>Proporción de variación explicada</b>	36.7%	13.0%	11.5%

Vectores propios en negritas denotan variables originales con mayor asociación al componente principal respectivo. VENTA: venta de maíz (kg), GANGRA: ganancia neta por la venta de grano, PROTOTAL: producción total de totomoxtle (rollos), BENTOTAL: ganancia por la venta de maíz y totomoxtle, EDAD: edad de productor, REGHUM: cultivo de riego o temporal; TIEMPO: tiempo del productor sembrando maíz, SUP: superficie sembrada con maíz en 2011 (ha), PROGRA: producción de maíz en 2011 (t/ha), COS\_HA: costos por hectárea sembrada en 2011.

En el dendrograma que se muestra en la Figura 3, al realizar un corte a una altura de 0.4 unidades, se definieron cuatro grupos, constituidos respectivamente por 9, 12, 7 y 19 agricultores.



**Figura 3.** Dendrograma obtenido con el método de Ward, utilizando 16 variables de las encuestas aplicadas a productores de maíz en seis localidades del estado de Puebla, México, 2011.

AX: Altepexi, CA: Calpan, TE: Tepatlaxco, SE: San Francisco Cuautlancingo, AT: Atzala, MI: Miahuatlán. Los números indican el número de productor.

El Grupo 1 quedó integrado en un 100% por productores de la región de Tehuacán: cuatro de Miahuatlán y cinco de Altepexi; el Grupo 2 incluyó al 25% del total de productores, tres son de la localidad de San Francisco Cuautlancingo (región Serdán), cinco de Tepatlaxco,

dos de Calpan, uno de Atzala (región de Puebla) y uno de Miahuatlán (región de Tehuacán). El Grupo 3 incluyó a cinco productores de Tepatlaxco y dos de Cuautlancingo (regiones de Puebla y Serdán), mientras que el Grupo 4 se formó con cinco productores de Tepatlaxco, siete de Atzala, seis de Calpan y uno de Cuautlancingo (regiones de Puebla y Serdán).

**Cuadro 5. Promedios por variable para los cuatro grupos definidos en el dendrograma de productores evaluados en las tres regiones de estudio. Puebla, México, 2011.**

Grupo	N	Tiempo sembrando maíz (años)	Superficie (ha)	Producción maíz 2011 (t/ha)	Venta maíz (t)	Auto consumo (t)	Destinada a semilla (t)	Destinado a ganado (t)
1	9	37 b	3.2 c	2.6 a	5.8 b	1.8 b	0.036 c	0.5 a
2	12	23 d	3.3 b	1.5 cd	3.0 c	1.6 d	0.039 b	.08 d
3	7	34 c	5.4 a	2.0 b	6.6 a	2.0 a	0.030 d	0.4 b
4	19	46 a	3.0 d	1.5 cd	2.5 d	1.7 c	0.041a	0.2 c

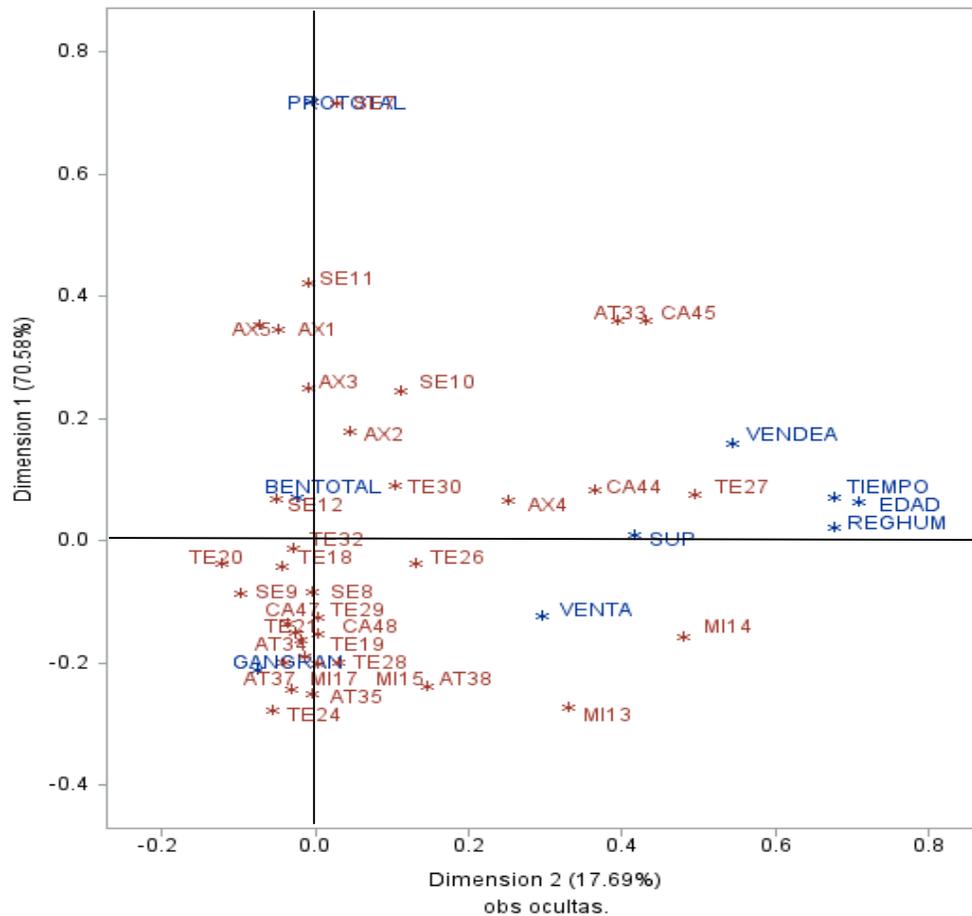
  

Grupo	N	Costos por ha (\$)	Ganancia venta-grano (\$)	Producción total de totomoxtle (rollos)	Ingresos totales (\$)	Beneficio total (\$)	Vende a
1	9	12 455 a	16061b	5220 a	8 024 b	24 085 b	3 b
2	12	8 308 c	3985 c	1395 b	4 966 c	8 951 c	2 c
3	7	9142 b	22929 a	3185 c	9880 a	32 808 a	2 a
4	19	7158 d	3830 d	951 d	3.483 d	7 312 d	1 d

Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey al 0.05 de probabilidad).

De acuerdo con la información del Cuadro 5, el primer grupo se caracterizó por tener los mejores promedios en producción de maíz durante el 2011 y los más altos costos por hectárea (\$), así como de producción total de totomoxtle (rollos), pero no en ganancia, ya que son los segundos promedios más altos por venta de grano (\$), ingresos totales (\$) y beneficio total (\$). El Grupo 2 se distinguió por presentar promedios intermedios en la mayoría de las variables. El Grupo 3 presentó los más altos promedios en relación a superficie (ha) y venta de maíz (t), por consiguiente también en ganancia de venta de grano (\$), ingresos (\$) y beneficio total (\$). Finalmente, el Grupo 4, concentró a los productores con los promedios más bajos en

superficie (ha), así como en producción total (t), venta de maíz (t), costos por ha (\$), ganancia (\$), ingresos totales (\$) y beneficio total (\$) (Cuadro 6).



**Figura 4.** Análisis de correspondencias utilizando 16 variables de los cuestionarios aplicados a productores de maíz en seis localidades del estado de Puebla, México, 2011.

Del análisis de correspondencias se obtuvo la Figura 4, en la cual se aprecia la relación existente entre los agricultores de cada localidad y región considerados en el presente estudio y las variables para ellos registradas. Se puede apreciar que uno de los productores de la región de Serdán se asoció completamente con la producción total de su cultivo de maíz, mientras que hubo productores de Altepexi, Cuautlancingo y Tepatlaxco que se relacionaron más con el beneficio total obtenido de la producción de maíz; algunos productores de Calpan y Tepatlaxco se asociaron con el destino de la venta del totomoxtle y con la superficie cultivada de maíz. Dos agricultores de Miahuatlán y uno de Tepatlaxco se asociaron con la venta del maíz. La mayoría

de los productores de las distintas comunidades y regiones se asociaron con la ganancia por la venta de grano. Finalmente, los agricultores de Cuautlancingo, Altepexi, Tepatlaxco, Calpan y Atzala se relacionaron con las variables del tiempo que llevan sembrando maíz, la superficie sembrada, el régimen de humedad y la edad del productor. La información obtenida con este análisis complementa a los resultados obtenidos mediante el análisis de conglomerados.

#### **4.6 Discusión**

Se ha señalado (Eakin *et al.*, 2014) que el impacto del neoliberalismo y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte en la producción de maíz de los pequeños agricultores ha sido totalmente negativo, además de que ha propiciado la degradación ecológica, la emigración rural y la erosión cultural. Ante este escenario, los productores pequeños y medianos de maíz han procurado aprovechar los diversos productos de maíz y los comercializan en mercados especializados, reportando un beneficio neto por hectárea que equivale al doble del que obtienen los productores que venden el grano en los mercados de productos comerciales (Keleman and Hellin, 2009). Ello se corroboró en el presente estudio, pues los resultados evidenciaron que en las tres regiones productoras de maíz del estado de Puebla, el aprovechamiento del totomoxtle generó mayores beneficios económicos, en comparación a cuando sólo se aprovechó el grano de esta especie

Los productores de las regiones evaluadas perciben la producción y venta de totomoxtle como generadora de una fuente adicional de ingresos, lo que concuerda con lo reportado por Viveros-Flores *et. al.*, (2010), pero ésta no se ha convertido en su principal fuente de ingresos, como en la zona totonaca de Veracruz, donde la producción de totomoxtle representa una opción más rentable para los agricultores (King, 2007). Aunque la mayoría de los agricultores siguen produciendo maíz para el consumo de los hogares, la comercialización del totomoxtle representa un incentivo adicional e importante para seguir aprovechando y mantener o aumentar la producción de maíz. Ello quedó evidenciado al realizar el análisis de beneficio costo (B/C), pues cuando el indicador se calcula solamente con la comercialización de maíz, aquél es  $\leq 1$ , pero aumenta a  $\geq 1$  cuando se incluye la comercialización de totomoxtle. Lo anterior es

congruente con lo dicho por Keleman *et al.* (2013) quienes afirman que la venta de totomoxtle es el segundo factor que más contribuye a los ingresos de los productores, seguido del elote y, finalmente, el forraje.

Con base en lo anterior se puede afirmar, sin duda, que el ingreso del totomoxtle tiene impactos importantes en términos de incentivos para continuar la producción de maíz en las regiones estudiadas y que definitivamente impacta positivamente en la conservación de las poblaciones nativas de maíz, ya que todos los agricultores que comercializaron el totomoxtle afirmaron utilizar únicamente semillas nativas. Este es un comportamiento que ocurre con la mayoría de los agricultores que cuenta con pequeñas superficies, como en el caso de los productores del sureste de México, quienes mantienen diferentes variedades de maíz que están adaptadas a diferentes calidades de suelo (Bellon and Taylor, 1993) o que tienen la capacidad de enfrentar los diferentes regímenes higrótérmicos y ambientales en que se cultivan (Muñoz Orozco, 2005). Además, en México, para los agricultores es una decisión difícil y compleja el invertir en semilla debido a que, la semilla híbrida puede costar hasta cinco veces más que la semilla de la variedad criolla local (Keleman *et al.*, 2013).

Otro aspecto a resaltar es que el agrupamiento de los productores se dio de acuerdo a la superficie (ha) que destinan a la siembra de maíz, así como a la producción total (t), venta de maíz (t), costos por ha (\$), ganancia (\$), ingresos totales (\$) y beneficio total (\$) obtenido. Los resultados indican que los productores que cuentan con una mayor cantidad de superficie para siembra y tienen mayor rendimiento son los que obtienen mayor ganancia económica y dedican un menor porcentaje de su producción al autoconsumo; este tipo de agricultores correspondió a los de las localidades de Cuautlancigo y Tepatlaxco, seguidos por Altepexi y Miahuatlán. El análisis de correspondencias reveló que los productores se agruparon de acuerdo a la similitud que presentaron en relación a diferentes características: la mayoría de ellos se agruparon en el cuadrante III, relacionándolos más directamente con la ganancia por la venta de grano (GANGRAN). Mientras que cinco de nueve variables agruparon a productores en el cuadrante I, en base al destino de la venta del totomoxtle (VENDEA), tiempo del productor sembrando maíz (TIEMPO), edad del productor (EDAD), cultivo de riego o temporal (REGHUM) y

superficie (SUP), en donde los agricultores tienen una relación entre la edad y el tiempo sembrando maíz.

Con base en las extensiones de terreno con que cuentan los productores, Keleman *et al.*, (2013) los agrupan en pequeños ( $\leq 5$ ha), medianos ( $\leq 30$  ha) y grandes (30-100 ha) productores. Para el caso del presente estudio, los productores se clasifican como de pequeña escala, ya que cuentan con 3 a 4 ha. Los autores antes referidos también mencionan que los ingresos de grano representan alrededor del 80.6% de los ingresos previstos para los agricultores con grandes extensiones de terrenos de cultivo (30-100 ha), mientras que para los agricultores de pequeña y mediana escala el grano genera sólo alrededor del 33% de los ingresos totales cuando se venden en los mercados intermedios, aumentando este porcentaje cuando el grano es vendido en mercados especializados (a 53.2% de pequeña escala y 39.8% de mediana escala). Es probable que estos últimos comportamientos sean los aplicables para los agricultores entrevistados en el presente estudio. Asociado a ello, es de resaltar que estos productores destinaron entre 49 y 79% de su producción de grano a la venta.

En las tres regiones del estado de Puebla, en todos los casos, la extracción del totomoxtle fue manual, característica propia de la mayoría de los pequeños agricultores para quienes la mano de obra familiar es considerada una estrategia de vida (Toledo *et al.*, 2000). Lo anterior contrasta con otras regiones en el país en las cuales ya existe un aprovechamiento más industrial del totomoxtle, como en Jalisco, en donde hay plantas de acopio y empaquetamiento, y la manera de obtener totomoxtle es mediante los denominados cuadrilleros a través de sus líderes, quienes hacen acuerdos con los dueños del cultivo de maíz, quienes a cambio de que les cosechen su maíz de manera gratuita, aceptan darles el totomoxtle (Long and Villarreal, 1998). Un esquema similar empieza a tomar lugar en la región de Tehuacán, de acuerdo a lo visto en visitas a campo, aunque aún no se ha sistematizado dicha información en la literatura científica.

En lo que concierne a la distribución de la producción de maíz, solo Calpan destina alrededor de 50% de su producción de maíz al autoconsumo, tal y como se reporta para el valle de Puebla (Viveros-Flores *et al.*, 2010). La segunda forma de distribución la representa la venta de grano, de la cual se obtienen pocos ingresos. La tercera en importancia es para la alimentación de los animales y la menor, pero no menos importante, es para almacenar la

semilla para el próximo ciclo de siembra, lo que lleva a seguir con el proceso de selección de variedades locales en base a las condiciones ambientales locales de producción y a criterios agronómicos y de uso propios de cada región, en este caso de manera indirecta se estaría seleccionando para el aprovechamiento de totomoxtle. De esta manera los agricultores continúan tradicionalmente manteniendo sus variedades de maíz a través de la selección de la semilla aún a pesar de la adopción de variedades mejoradas de alto rendimiento (Bellón and Brush, 1994). En el caso de las demás localidades la mayor parte lo dedican a la venta, y alrededor de 35% lo destinan al autoconsumo.

#### **4.7 Conclusiones**

Una estrategia que han generado los pequeños agricultores de diversas regiones de Puebla para allegar mayores ingresos a sus unidades de producción es el aprovechamiento del totomoxtle. Con ello, se está confiriendo un valor agregado a la producción de esta especie además de que se traduce en ingresos económicos extras para el productor y el comercializador.

La comercialización en los principales mercados de venta de totomoxtle se encuentra fuertemente sustentados en la existencia de productores de maíz a nivel regional, pues son éstos quienes proveen dicho bien a los comercializadores de totomoxtle. En este sentido, la existencia de dicho mercado depende de la continuidad en la siembra de maíces nativos a escala local.

El aprovechamiento del totomoxtle es un uso que contribuye de manera directa a la conservación *in situ* de las poblaciones nativas de maíz en las regiones de estudio, ya que le da un valor agregado a la producción de esta especie.

#### **4.8 Referencias**

**Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA)** (2007). Listado de beneficiarios PROCAMPO Tradicional, Registro Alterno y Capitaliza. <http://www.aserca.gob.mx> (consultado en 2012).

- Bellon, M. and Brush, S.** (1994). Keepers of maize in Chiapas, Mexico. *Econ Bot*, 48(2), 196-209.
- Bellon, M. and Taylor, J.** (1993). Farmer soil taxonomy and technology adoption. *Economic Development and Cultural Change*, 41, 764-786.
- Eakin, H., Perales, H., Appendini, K. & Sweeney, S.** (2014), Selling Maize in Mexico: The Persistence of Peasant Farming in an Era of Global Markets. *Development and Change*, 45(1), 133-155. DOI: 10.1111/dech.12074.
- Flores-Rosales, M., Hernández-Guzmán, J., Gil-Muñoz, A., López, P., Parra-Inzunza, F. & González-Cossio, F.** (2015) Variability in cornhusk traits of landraces from the State of Puebla, Mexico. *Agronomy Journal*, 107(3), 1119-1127.
- Hellin, J., Keleman, A. & Bellon, M.** (2010) Maize diversity and gender: research from Mexico. *Gender and Development*, 18(3), 427-437. DOI: 10.1080/13552074.2010.521989.
- Hellin, J., Keleman, A., López, D., Donnet, L. & Flores, D.** (2013). LA IMPORTANCIA DE LOS NICHOS DE MERCADO. UN ESTUDIO DE CASO DEL MAÍZ AZUL Y DEL MAÍZ PARA POZOLE EN MÉXICO. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 6(3-A), 315-328.
- Jonhson, E. W.** (2000). *Florest sampling desk reference*. CRC Press. USA.
- Keleman, A. and Hellin, J.** (2009) Specialty Maize Varieties in Mexico: A Case Study in market-Driven Agro-Biodiversity Conservation. *Journal of Latin American Geography*, 8(2), 147-174.
- Keleman, A., Hellin, J. & Bellon, M.** (2009). Maize diversity, rural development policy, and farmers' practices: Lessons from Chiapas, Mexico. *The Geographical Journal*, 175(1), 52-70.
- Keleman, A., Hellin, J. & Flores, D.** (2013). Diverse Varieties and Diverse Markets: Scale-related Maize "Profitability Crossover" in the Central Mexican Highlands. *Human Ecology*, 41(5), 683-705.
- King, A.** (2007). Trade and Totomoxtle: Livelihood strategies in the Totonacan region of Veracruz, México. *Agriculture and Human Values*, 24(1), 29-40.
- Long, N. and Villareal, M.** (1998). Small product, big issues: Value contestations and cultural identities in cross-border commodity networks. *Development and Change*, 29(4), 725-750.

- Mohammadi, S. and Prasanna, B.** (2003). Analysis of Genetic Diversity in Crop Plants- Salient Statistical Tools and Considerations. *Crop Science*, 43(4), 1235-1248.
- Muñoz Orozco, A.** (2005). *Centli Maíz*. (211 p.). Estado de México: Colegio de Postgraduados, Montecillo.
- Ortiz-Torres, E., López, P., Gil-Muñoz, A., Guerrero-Rodríguez, J., López-Sánchez, H., Taboada-Gaytan, O., Hernández-Guzmán, J. & Valadez-Ramírez, M.** (2013). Rendimiento y calidad de elote en poblaciones nativas de maíz de Tehuacán, Puebla. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 19(2), 225-238.
- Rice, E.** (2007). Conservation in a changing world: in situ conservation of the giant maize of Jala. *Genet Resour Crop Evol*, 54(4), 701-713.
- Reyes, L. D., Huerta, L. M., Barrios, D. J. M., Bautista, C. J. & García, A. M.** (2007). *Caracterización fenotípica del maíz criollo del municipio de Tenampulco, Puebla*. In: *Sociedad Mexicana de Fitogenética*. Programa Académico de la Segunda Reunión Nacional para el Mejoramiento, Conservación y Uso de los Maíces Criollos. Sociedad Mexicana de Fitogenética y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Uruapan, Michoacán, México. 9 al 11 de Octubre de 2007. p. 46.
- SAS Institute** (2008). *SAS user's guide: Statistics*. Versión 8.0 ed. Cary, N.C. USA.
- SIAP Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera** (2012). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. México. D. F. [www.siap.gob.mx\\_siap/icultivo/index.jsp](http://www.siap.gob.mx_siap/icultivo/index.jsp) consultada última vez 15 junio 2014.
- Sierra, M. M., Meneses, M. I., Palafox, C. A., Uribe, B. M., Francisco, N. N., Zambada, M. A., López, M. R., Barrón, F. S., Rodríguez, M. F., Hernández, C. J. M., Rodríguez, R. R., Andrés, M. P., & Ortega, C. A.** (2010). Diversidad genética, clasificación y distribución racial de variedades criollas de maíz en los estados de Veracruz, Puebla y Tabasco, México. In: JA Cueto W, LV Macías G y OE Ortiz R (Comps.). V Reunión Nacional de Innovación Agrícola. Campeche 2010. Memoria. San Francisco de Campeche, Camp., México. 22 al 27 de noviembre de 2010. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. p. 211.
- Sweeney, S., Steingerwalk, D., Davenport, F. & Eakin, H.** (2013). Mexican maize production: Evolving organizational and spatial structures since 1980. *Applied Geography*, 39, 78-92.

**Toledo, V., Carabias, J., Mapes, C. & Toledo, C.** (2000). *Ecología y autosuficiencia alimentaria* (5th ed.). México: Siglo XXI.

**Viveros-Flores, C., Gil-Muñoz, A., López, P., Ramírez-Valverde, B., Guerrero-Rodríguez, J. & Cruz-León, A.** (2010). Maize Utilization patterns in domestic production units of the Puebla valley, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 12(3), 471-484.

## **CAPITULO V**

### **ESTRATEGIA PARA EL APROVECHAMIENTO DEL TOTOMOXTLE**

#### **STRATEGY FOR DEVELOPMENT OF TOTOMOXTLE**

La importancia económica, política y cultural del maíz es fundamental para entender la historia de México (Sweeney *et. al.*, 2013). El maíz es un producto importante para el autoconsumo de los hogares, pero también una fuente de ingresos para las familias, los cuales se generan ya sea por la venta directa de grano, de productos derivados o bien, de subproductos, como por ejemplo el totomoxtle. De acuerdo con Long y Villarreal (1998), este último se ha constituido en un insumo potencial actual y futuro para la elaboración de artesanías, aunque también se ha señalado su potencial para la fabricación de ropa (Reddy and Yang, 2005); industria que, de manera incipiente, ha empezado a desarrollarse en los Estados Unidos. Lo anterior representa una posibilidad de conferir valor agregado a la producción tradicional actual de maíz y un potencial para la generación de empleos.

La caída de los precios del maíz en los últimos años, ha influido en el desarrollo de estrategias de supervivencia de los agricultores de bajos ingresos, las cuales han sido variadas, desde la diversificación de las fuentes de ingresos a través del empleo fuera de la finca, pasando por la migración, hasta la búsqueda de nichos de mercado para los productos nuevos y de valor agregado (Nadal, 2000). Lo que les da la oportunidad a que tengan que recurrir a diferentes estrategias que les permita reproducirse como unidades, siendo una de ellas la extracción y venta de distintos bienes primarios (Damian-Huato, *et al.*, 2009), entre los que figura el totomoxtle.

En el estado de Puebla, las poblaciones nativas representan un reservorio genético importante, su empleo ha continuado debido a su amplio uso en aspectos agronómicos, morfológicos y usos tradicionales como por ejemplo en la comida. Dentro de estas en el estado no existen, hasta el momento, investigaciones enfocadas hacia el aprovechamiento del

totomoxtle, por lo que a continuación se plantea una estrategia con el objetivo de aprovechar el totomoxtle a nivel comercial.

Aunque el concepto de estrategia es muy amplio, en este caso el concepto se referirá a cómo se resolverán los problemas o se alcanzará el objetivo; en este sentido, la estrategia se diseña para el futuro, con un profundo sentido metodológico y aplicado, respaldada por una filosofía y conteniendo un sentido político (Mintzberg, 1988).

De manera específica esta estrategia incluirá la investigación agronómica, la divulgación tecnológica, el crédito, los insumos, el seguro agrícola, para su aprovechamiento y los mercados atractivos y accesibles para comercialización, además de la organización, partiendo de lo realizado en este trabajo.

## **5.1 Lo realizado en este trabajo:**

### **5.1.1 Se Identificaron y seleccionaron con base en características morfológicas y agronómicas, las poblaciones de maíz sobresalientes para aprovechamiento de grano y totomoxtle.**

Debido a la amplia diversidad genética que existe en el estado de Puebla y a la diversificación de sus usos, en la primera etapa de esta investigación se realizó una identificación y caracterización actual de las poblaciones nativas de maíz por regiones del estado de Puebla: Libres, Tehuacán y Teziutlán. Dentro de las poblaciones de maíz de la región de Tehuacán identificadas como sobresalientes tanto por la producción de totomoxtle como para rendimiento se tienen: T58A, T55B, T84B, T87B, T42B, T75B, T35B, T88A, entre otras.

### **5.1.2 Se caracterizó bioquímicamente a las poblaciones sobresalientes.**

En una fibra, la proporción de la celulosa, hemicelulosa y lignina son características requeridas para sus aplicaciones textiles e industriales (Reddy and Yang, 2005), y esta depende de la edad y fuente de la fibra, así como de las condiciones de extracción usadas para obtenerla (Batra, 1985). Reddy y Yang (2005) demostraron que las fibras del totomoxtle presentan

proporciones similares a las fibras de algodón. En este trabajo, se determinaron las proporciones de celulosa, hemicelulosa y lignina mediante la técnica de fibra detergentes en poblaciones nativas de maíz. Lo que nos llevó a seleccionar aquellas que cuenten con altos contenidos de celulosa y hemicelulosa, para garantizar mayor flexibilidad o suavidad del totomoxtle, característica idónea para su aprovechamiento y comercialización; pero además, esas poblaciones deben haber resultado sobresalientes en su evaluación agronómica en cuanto a rendimiento de grano y de totomoxtle.

## **5.2 Propuesta de estrategia para la conservación y aprovechamiento del totomoxtle en poblaciones nativas de maíz**

### **1. Investigación agronómica.**

#### **Implementación de programas de mejoramiento y aprovechamiento a partir de poblaciones promisorias para totomoxtle**

Como resultado de este trabajo se identificaron variedades nativas, en base a sus características morfológicas y bioquímicas, con alto potencial para la producción de totomoxtle. En este sentido se sugiere seleccionar a poblaciones de Tehuacán, ya que fueron las que presentaron los más altos valores en las características de totomoxtle y rendimiento de grano por planta, así como los de celulosa y hemicelulosa, y los más bajos de lignina en la prueba bioquímica. La población considerada de la región de Tehuacán es la CPue-530 (T-55B en el capítulo 2), mostró el mayor peso en mazorca (224 g) así como los porcentajes más altos de celulosa (50.4%) y hemicelulosa (31.3%) deseables para poder satisfacer las necesidades del mercado que demanda una hoja suave y grande, que pueda ser empleada en la gastronomía, industria y artesanía.

En este trabajo, como ya se tienen detectadas las poblaciones sobresalientes, se podría aplicar un método de mejoramiento por selección recurrente intrapoblacional. En este método se llevan a cabo ciclos alternantes de selección y cruzamiento. La selección para elevar la frecuencia de genes favorables en la población de plantas a mejorar y cruzamientos de las mejores plantas entre sí, para mantener la variabilidad genética que permita obtener las mejores

combinaciones génicas, en el caso de selección recurrente intrapoblacional se busca mejorar el comportamiento dentro de una población dada.

## **2. Crédito, los insumos y seguro agrícola**

La operación objetiva de la estrategia no se puede dar si no se tienen los recursos económicos; el financiamiento es indispensable, ya que de esta manera se podrá obtener estos recursos. Una manera es a través de instituciones, en turno, que otorguen financiamiento a proyectos agrícolas o bien por medio de instituciones de crédito o suministrados por programas gubernamentales de apoyo al campo. Con recursos se tendrán insumos, se aplicarán oportunamente las tecnologías al proceso productivo del cultivo; se tendrá fluidez en el acopio y comercialización del totomoxtle.

En cuanto a los insumos, es necesario tener todos aquellos elementos necesarios para abastecer el proceso productivo del cultivo; desde su establecimiento hasta su comercialización y agroindustrialización.

Una de las condiciones necesarias para que se dé la instrumentación y operación de la estrategia, es la participación del Estado a través de su aparato institucional, de tal manera que éste debe incorporar a sus programas de apoyo al campo, uno que se dirija a los productores de totomoxtle, bajo ciertas normas que les permitan a éstos hacer de la venta de totomoxtle la base de su desarrollo económico y de su bienestar familiar.

## **3. Divulgación tecnológica.**

### **Extensión de conocimiento a los productores**

Para llevar a cabo la transferencia de conocimientos a los agricultores, se deben realizar talleres de capacitación en donde participen agricultores de otras regiones con mayor experiencia en lo que al aprovechamiento del totomoxtle se refiere, con la finalidad de un intercambio de conocimientos entre productores de la zona del trópico húmedo y de la región totonaca, por parte de organizaciones gubernamentales como la Secretaría de Desarrollo Rural

(SDR) o en este caso por el Colegio de Postgraduados, para que los productores aprendan el proceso para la industrialización del totemoxtle, en donde se incluye el corte o “disqueo” de totemoxtle, su blanqueado, selección y empaque, con la finalidad de poder comercializarlo a nivel nacional o internacional, pero sin dejar a un lado la demanda regional o local del totemoxtle, en donde por lo general las hojas se utilizan enteras para la elaboración de tamales. Debe de considerarse además que otro uso importante del totemoxtle es para la elaboración de artesanías, en donde se requieren hojas más flexibles lo cual es favorecido por el blanqueado o azufrado del totemoxtle.

Con el apoyo de instituciones gubernamentales y educativas, se deben implementar programas para la organización de productores para la formación de microempresas para producción y aprovechamiento del totemoxtle. Esta organización facilitará además el acceso a fuentes de financiamiento para estos propósitos, como sería la participación en convocatorias de apoyos gubernamentales, buscando la consolidación y auto sostenibilidad futura de la microempresa.

#### **4. Organización de los productores**

Siendo uno de los aspectos centrales y tal vez el más importante para consolidar la estrategia, se debe de buscar los medios y las formas de generar conciencia en los productores, que son el motivo y el fin de la estrategia, debe de existir compromisos por parte de los estos, ya que sin compromiso, será poco probable la instrumentación de la misma.

#### **5. Mercados atractivos.**

##### **Programa de comercialización a diferentes nichos de mercado**

- a) Es necesario, primeramente, promover el aprovechamiento del totemoxtle a nivel local y regional; mercados en donde se pueda comercializar el totemoxtle, ya que a medida que exista el uso del totemoxtle, este contribuirá a la conservación de las poblaciones nativas con potencial para dicho aprovechamiento.

- b) Para la comercialización será necesario contactar a compradores potenciales que se dediquen a la comercialización de totomoxtle en algunas otras entidades o a mercados internacionales.
- c) También presentarse en festivales regionales, como las ferias que se realizan en Tehuacán en el mes de septiembre y marzo, la feria Internacional de Puebla, que se lleva a cabo en el mes de mayo, o las ferias de agroindustrias que organiza SAGARPA. Con las participaciones en dichas ferias se lograría promover el uso de totomoxtle como elemento principal en la elaboración de artesanías y otros usos. Estos eventos podrían ser una oportunidad de conocer a sus clientes y entablar un vínculo duradero.

En lo general, se considera prioritario diseñar proyectos para la producción y comercialización de totomoxtle bajo una estrategia enfocada a nivel local o regional, así como crear la infraestructura como plantas de empaquetamiento, pequeñas bodegas de almacenaje para facilitar la distribución y apoyar los mercados locales y regionales.

### 5.3 Referencias

- Batra, S. K.** (1985). Other long vegetable fibers, in Handbook of Fiber Science and Technology: (Vol IV: Fiber Chemistry), pp. 727-808.
- Damian-Huato, M., Ramírez-Valverde, B., Parra-Inzunza, F., Paredes-Sánchez, J., Gil-Muñoz, A., López-Olguín J. & Cruz-León, A.** (2009). Estrategias de reproducción social de los productores de maíz de Tlaxcala. *Estudios Sociales*, 17(34), 112-146.
- Long, N. and Villareal, M.** (1998). Small product, big issues: Value contestations and cultural identities in cross-border commodity networks. *Development and Change*, 29(4), 725-750.
- Mintzberg, H.** (1998). *Las Cinco Ps de la Estrategia. En: El proceso estratégico; conceptos, contextos y casos.* Mintzberg H y Q Brian (Editores) (pp: 21-30). México: Prentice Hall.
- Nadal, A.** (2000). The Environmental and Social Impacts of Economic Liberalization on Corn Production in Mexico. London, UK: A Study Commissioned by Oxfam GB and WWF International.

- Reddy, N. and Yang, Y.** (2005). Properties and potential applications of natural cellulose fibers from cornhusks. *Green Chemistry*, 7(4), 190–195.
- Sweeney, S., Steingerwalk, D. G., Davenport, F. & Eakin, H.** (2013). Mexican maize production: Evolving organizational and spatial structures since 1980. *Applied Geography*. 39, 78-92.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES GENERALES

En base a los tres objetivos planteados en este trabajo se concluye lo siguiente.

**Objetivo 1. Caracterizar poblaciones nativas de maíz con base en rendimiento de grano y de totomoxtle en las regiones de Tehuacán, Libres y Teziutlán del estado de Puebla.**

De acuerdo a los resultados en este trabajo, se evidenció que entre y dentro de las poblaciones de maíz existe diversidad genética en las tres regiones estudiadas, no solo en aspectos agronómicos y morfológicos, sino también para atributos como el totomoxtle; lo que llevaría a inferir que el uso tradicional de esas poblaciones estaría asociado hasta cierto punto con la diversidad existente entre y dentro de las mismas. En las tres regiones se identificaron poblaciones promisorias para totomoxtle, pero fue en la región de Tehuacán donde existe mayor potencial para su aprovechamiento, dado que las poblaciones nativas presentaron los valores más altos en variables de totomoxtle evaluadas como son: largo (20.58 cm), ancho (21.73 cm), peso de totomoxtle (30.07 g) y de pedúnculo (8.98 g), a excepción de cobertura de mazorca. Incluso el peso promedio de la mazorca de Tehuacán (199.14 g) fue muy superior al de las regiones de Teziutlán (104.34 g) y Libres (128.24 g). La magnitud de los atributos de totomoxtle evaluados en Tehuacán, cumplen con la demanda en los mercados y se asemejan a los presentes en variedades comerciales del estado de Nayarit, estado donde existe su aprovechamiento y comercialización a nivel nacional e internacional. Algunas de las variedades nativas de Tehuacán que presentaron las mejores características y que podrían incluirse en un programa de aprovechamiento enfocado para totomoxtle son: T58A, T55B, T84B, T87B, T42B, T75B, T35B, T88A, entre otras.

**Objetivo 2. Evaluar la calidad bioquímica del totomoxtle en poblaciones de maíz promisorias para rendimiento y calidad física de este carácter.**

Con la finalidad de que las variedades nativas de maíz sean óptimas para programas de aprovechamientos y comercialización de totomoxtle, además de presentar ciertas características deseables como el ancho, largo y peso del totomoxtle, rendimiento de grano, entre otras, se sugiere considerar algunos aspectos bioquímicos, como lo son los contenidos de celulosa, hemicelulosa y lignina presentes en el totomoxtle, ya que de esto dependerá la flexibilidad o suavidad del mismo, las cuales son características requeridas para su comercialización. Por lo que se requieren poblaciones con elevados contenidos de celulosa y hemicelulosa, dado que ambas están directamente relacionados con la suavidad de la hoja, y a la vez que tengan bajos contenidos de lignina. Los resultados indicaron que en las variedades evaluadas existe variación significativa dentro y entre las regiones para estos aspectos.

Al evaluar los contenidos en poblaciones nativas de maíz de cuatro regiones del estado de Puebla: Libres-Huamantla-Mazapiltepec, Guadalupe-Victoria-Tlachichuca-Serdán, Teziutlán y Tehuacán., se evidenció que es en la región de Tehuacán donde se encontraron los promedios más altos de celulosa (32.81%) y hemicelulosa (47.24%), los cuales fueron comparables con los contenidos presentes en materiales mejorados que se utilizan extensivamente para el aprovechamiento de totomoxtle en Nayarit, con contenidos de celulosa de 34.75% y 48.16% de hemicelulosa. Con ello se reafirma que las poblaciones nativas de maíz de Tehuacán son sugeridas para iniciar programas de mejoramiento genético para la producción y aprovechamiento del totomoxtle.

**Objetivo 3. Documentar la importancia del aprovechamiento del totomoxtle en las regiones del estado de Puebla para la agregación de valor en maíz.**

El estudio demostró que en las regiones productoras de maíz del estado de Puebla, son los materiales locales los que son empleados y aprovechados por los agricultores tanto para la producción de grano como para la extracción de totomoxtle, aunque sólo se realiza la selección de variedades para la producción de grano y de manera indirecta para la producción de

totomoxtle. El aprovechamiento del totomoxtle provee de incentivos económicos al agricultor, ya que además de recuperar su inversión, obtiene ganancias al venderlo a algún acopiador o en los mercados regionales de manera directa, y por otro lado asegura la alimentación de su familia al destinar gran parte de la producción de grano a este propósito. De igual manera, el comercializador de totomoxtle obtiene ganancias con su venta, por lo que también representa ingresos extras a su economía.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### CUESTIONARIO PARA COMERCIANTES DE TOTOMOXTLE EN MERCADOS Y TIANGUIS

**Nombre del comerciante:** \_\_\_\_\_ **Edad:** \_\_\_\_\_ años  
**Localidad:** \_\_\_\_\_ **Municipio:** \_\_\_\_\_ **Fecha de entrevista:** \_\_\_\_\_

1. ¿De dónde proviene el totomoxtle que comercializa? \_\_\_\_\_
2. ¿Cuántos años tiene usted comercializando totomoxtle? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuánto paga usted por unidad? (*especificar la unidad de medida: kilo, manojo, bolsa, etc.*)  
\_\_\_\_\_
4. ¿En cuánto vende usted cada unidad? \_\_\_\_\_
5. ¿Cuál totomoxtle es el más vendido?  
( ) Blanco ( ) Morado ( ) otro especifique: \_\_\_\_\_
6. ¿Semanalmente, qué volumen vende de cada uno?  
Blanco: \_\_\_\_\_  
Morado: \_\_\_\_\_  
Otro: \_\_\_\_\_
7. ¿En qué época(s) es cuándo más totomoxtle se demanda? \_\_\_\_\_
8. ¿En esas épocas el volumen de venta semanal a cuánto llega?

	<b>Cantidad de unidades que vende</b>	
Tipo	Época de mayor venta	Época de venta normal
Blanco		
Morado		
Otro		

9. ¿En promedio, cuántas unidades vende a la semana? (¿manojo?, ¿bolsa? Especificar según sea el caso) \_\_\_\_\_
10. ¿Cuál es el peso aproximado de cada unidad? \_\_\_\_\_
11. Aproximadamente, ¿cuántas hojas contiene cada unidad? \_\_\_\_\_
12. ¿En los últimos tres años, el volumen de venta de totomoxtle ha:  
( ) ¿Aumentado?  
( ) ¿Disminuido?  
( ) ¿No ha cambiado?
13. ¿En los próximos tres años, cree usted que la demanda de totomoxtle:  
( ) ¿Aumentará?  
( ) ¿Disminuirá?  
( ) ¿No cambiará?
14. ¿Para usted, como comerciante, cómo debe ser el totomoxtle para que sea más atractivo al cliente?  
En color: \_\_\_\_\_

En tamaño: \_\_\_\_\_

En textura: \_\_\_\_\_

En lo ancho de la hoja: \_\_\_\_\_

En el tipo de empaque: \_\_\_\_\_

Otras características: \_\_\_\_\_

15. ¿Para qué se le pide cada color de totemoxtle? \_\_\_\_\_

16. ¿Existe diferencias de precios entre tipos de totemoxtle?

( ) Si ( ) No

17. ¿Cuál es más caro y por qué? \_\_\_\_\_

18. ¿Cuál es más barato y por qué? \_\_\_\_\_

19. Además del uso del totemoxtle para tamales, ¿sabe usted en qué otras cosas se usa?

( ) SÍ ¿Cuáles? \_\_\_\_\_

¿En qué comunidades lo usan para eso? \_\_\_\_\_

( ) No

20. Algunas veces la hoja de totemoxtle la extraen completa y otras veces la cortan con tijeras en su base. Desde su experiencia como comerciante, ¿cuál presentación es más conveniente y por qué? \_\_\_\_\_

## Anexo 2

### CUESTIONARIO PARA PRODUCTORES

Nombre del productor: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_ años

Localidad: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Fecha de entrevista: \_\_\_\_\_

1. ¿Cuántos años tiene usted sembrando maíz? \_\_\_\_\_ años.
2. ¿Qué superficie sembró de maíz en el 2010? \_\_\_\_\_ ha.
3. ¿Cuánto produjo de grano de maíz en 2010? \_\_\_\_\_ T.
4. ¿Cómo distribuyó su producción?
  - a) venta: \_\_\_\_\_ kg. ....Precio de venta: \$ \_\_\_\_\_
  - b) consumo: \_\_\_\_\_ kg
  - c) semilla \_\_\_\_\_ kg
  - d) otros: \_\_\_\_\_ kg
5. A nivel de grandes rubros, pero solicitándole la mayor precisión posible ¿Cuáles fueron los costos en la superficie de maíz que sembró en 2010? (**insista en obtener datos de costos completos**)
  - a) Preparación del terreno.....\$ \_\_\_\_\_
  - b) Siembra.....\$ \_\_\_\_\_
  - c) Labores culturales (primera y segunda labor, limpias, etc.....\$ \_\_\_\_\_
  - d) Insumos.....\$ \_\_\_\_\_
    - Semilla
    - Fertilizantes
    - Otros(insecticidas, herbicidas, abonos)
  - e) Cosecha.....\$ \_\_\_\_\_
  - f) Acarreo y desgrane.....\$ \_\_\_\_\_Del este costo total de producción de maíz en 2010, aproximadamente, ¿Cuánto se puede decir que son por recursos propios?.....\$ \_\_\_\_\_
  - Renta de la tierra.....\$ \_\_\_\_\_
  - Mano de obra.....\$ \_\_\_\_\_
  - Yunta o tractor.....\$ \_\_\_\_\_
  - Otros.....\$ \_\_\_\_\_
6. Además del grano, ¿usted produce o aprovecha el totomoxtle?  
( ) SI.....Pase a la siguiente pregunta. ( ) NO.....**Pase a pregunta 8**
7. ¿En qué superficie aprovecha el totomoxtle?..... \_\_\_\_\_ ha....**Pase a la pregunta 16.**
8. ¿Por qué no aprovecha el totomoxtle?
  - ( ) Porque desconozco esta actividad
  - ( ) Porque el maíz que siembro no tiene buen totomoxtle
  - ( ) Porque no es negocio
  - ( ) Hay problemas de mercado
  - ( ) Otra: \_\_\_\_\_
9. En su opinión, ¿por qué es importante la producción de maíz?
  - ( ) Porque deja buena ganancia

- ( ) Porque es lo que he hecho siempre
- ( ) Porque asegura la alimentación de la familia
- ( ) Otras razones; \_\_\_\_\_

10. Si hubiera posibilidad de comercializar el totomoxtle producido, ¿se dedicaría usted a hacerlo?

- ( ) SI
- ( ) NO

¿Por qué? \_\_\_\_\_

11. ¿Qué variedades utiliza para la producción de maíz?

- ( ) Criollas
- ( ) Híbridos

12. ¿Qué características encuentra usted favorables en la variedad que utiliza? \_\_\_\_\_

13. En comparación con los últimos 10 años, su situación actual como agricultor y la de su familia es:

- ( ) Mejor
- ( ) Peor
- ( ) Igual

14. ¿Considera usted que producir maíz es negocio?

- ( ) SI ¿Por qué? \_\_\_\_\_

( ) NO ¿Por qué? \_\_\_\_\_

15. ¿Por qué sigue usted sembrando maíz? \_\_\_\_\_

***Termina entrevista para productores que no producen totomoxtle***

16. ¿Desde qué año se dedica al aprovechamiento del totomoxtle? \_\_\_\_\_

17. ¿Cómo surgió su interés por aprovecharlo? \_\_\_\_\_

18. En su opinión, ¿qué es más importante, la producción de?:

- ( ) ¿Grano?
- ( ) ¿Totomoxtle?
- ( ) ¿Grano y totomoxtle?

19. De la superficie que sembró con maíz en 2009, ¿Cuánta aprovechó para sacar totomoxtle?

\_\_\_\_\_ ha. **(Pregunta para confirmar el dato de pregunta 7)**

20. ¿Cuánto produjo de totomoxtle en esa superficie? \_\_\_\_\_ Kilos

21. ¿Realizó usted mismo la extracción?

- ( ) SI
- ( ) NO **(pase a la pregunta 28).**

22. ¿Cómo hace la extracción? \_\_\_\_\_

23. ¿Cuántos kilos extrae por día? \_\_\_\_\_ kilos

24. ¿A quién le vendió su totomoxtle? \_\_\_\_\_

25. ¿A cuánto le pagaron el kilo? \_\_\_\_\_ pesos.

26. ¿Dónde comercializa el totomoxtle la persona a la que usted le vendió? \_\_\_\_\_

27. ¿Cuánto le costó la extracción del totomoxtle?  
 .....\$ \_\_\_\_\_
28. ¿Quién realizó la extracción? \_\_\_\_\_
29. ¿Tenía compromiso previo de venta con la persona que extrajo el totomoxtle?  
 SI  NO **(pase a pregunta 34)**
30. ¿En qué consistía ese compromiso y cuál fue el beneficio para usted?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
31. ¿Cree usted que sus beneficios hubieran sido mayores si realiza usted mismo la extracción del totomoxtle?  
 SI ¿Cuánto más? \_\_\_\_\_  
 NO ¿Por qué no? \_\_\_\_\_
32. En años anteriores, ¿ha establecido compromisos previos para la venta de su totomoxtle?  
 SI  NO **(pase a la pregunta 34)**
33. ¿Qué otro tipos de compromisos ha establecido? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
34. ¿Qué importancia tiene para usted la producción de totomoxtle?  
 Muy importante  Importante  Poco importante  No es importante
- 35 Si no hubiera posibilidad de producir y vender el totomoxtle, ¿seguiría sembrando maíz?  
 SI  NO  
 ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
36. ¿Qué variedades utiliza para la producción de totomoxtle?  
 Criollas  
 Híbridos
37. ¿Qué características encuentra usted favorables en la variedad que utiliza? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
38. ¿Qué características debe tener la hoja para que sea aceptada en el mercado?  
 a) Longitud: \_\_\_\_\_  
 b) Color: \_\_\_\_\_  
 c) Textura: \_\_\_\_\_  
 d) Cobertura: \_\_\_\_\_  
 e) Otras: \_\_\_\_\_
39. ¿Ahora que aprovecha el totomoxtle, su situación como agricultor y la de su familia es:  
 Mejor  
 Peor  
 Igual.