



CAMPUS PUEBLA

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE MAÍCES NATIVOS (*Zea mays* L.)
EN EL TRÓPICO HÚMEDO POBLANO: MAGNITUD Y USOS**

FERNANDO LÓPEZ MORALES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2012



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

CAMPE-43-2-03

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

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Fernando López Morales** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Oswaldo R. Taboada Gaytán** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis "**Diversidad morfológica de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el trópico húmedo poblano: magnitud y usos**" y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 28 de agosto de 2012.

Fernando López Morales

Vo.Bo. Profesor Consejero
Dr. Oswaldo R. Taboada Gaytán

La presente tesis, titulada: **Diversidad morfológica de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el trópico húmedo poblano: magnitud y usos**, realizada por el alumno **Fernando López Morales**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

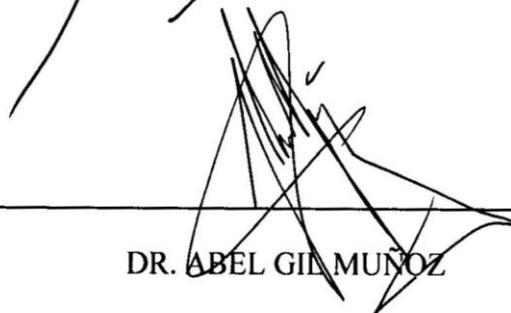
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. OSWALDO R. TABOADA GAYTÁN

ASESOR:



DR. ABEL GIL MUÑOZ

ASESOR:



DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

ASESOR:



DR. DELFINO REYES LÓPEZ

Puebla, Puebla, México, agosto de 2012

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE MAÍCES NATIVOS (*Zea mays* L.)
EN EL TRÓPICO HÚMEDO POBLANO: MAGNITUD Y USOS

Fernando López Morales, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2012

La diversidad del maíz es tal que en cada región de México existen variedades locales adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas, altitudinales y de manejo, bajo las cuales se está produciendo este cultivo. Por esta razón se ha planteado que la actual diversidad genética presente en las poblaciones locales de maíz, ha sido el producto de la interacción entre las diferentes culturas étnicas y las diversas condiciones ambientales que crean los agroecosistemas en las regiones de temporal. Por lo tanto, este estudio tuvo por objetivo general el estudiar la diversidad morfológica y de usos de los maíces nativos cultivados en cuatro municipios del trópico húmedo de Puebla: Tenampulco, Ayotoxco de Guerrero, Hueytamalco y San José Acateno. Para ello, durante el año 2008 se realizó una colecta de poblaciones nativas de maíz en la región y simultáneamente se aplicó un cuestionario a los agricultores donantes de muestras. A finales del 2009 se establecieron dos experimentos, utilizando un diseño látice 10×10 con dos repeticiones, en los cuales se evaluaron 93 poblaciones nativas, una accesión representativa de la raza Tuxpeño (Vera-39) y seis materiales mejorados. Se midieron en total 51 caracteres, entre vegetativos, agronómicos, de espiga, de totomoxtle, de mazorca, de grano y se calcularon diversos índices. Se realizaron análisis de varianza, de correlación, de componentes principales y de conglomerados para definir la diversidad morfológica y precisar la correspondencia de las poblaciones locales con el tipo racial tuxpeño. Las encuestas aplicadas a 93 productores fueron codificadas y analizadas. Los principales resultados fueron los siguientes: 1) existe una gran diversidad morfológica y de usos en los maíces nativos cultivados en el trópico húmedo poblano; 2) los maíces nativos cultivados en esta región pueden considerarse como pertenecientes a la raza Tuxpeño; 3) en principio, la diversidad de los maíces nativos puede agruparse por coloración de grano (blanco, amarillo, azul y rojo) y niveles de precocidad (precoz, intermedio y tardío); 4) los usos más frecuentes del maíz, independientemente del color de grano, fueron: elaboración de tortilla, atole, tamales, elote, hoja para tamal y alimento para animales.

Palabras clave: Características agronómicas, caracterización morfológica, correspondencia racial, poblaciones nativas, usos.

MORPHOLOGICAL DIVERSITY OF NATIVE MAIZE (*Zea mays* L.) POPULATIONS IN THE HUMID TROPICS OF PUEBLA, MEXICO: MAGNITUDE AND USES

Fernando López Morales, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2012

Maize diversity is such that in each region of Mexico there are local varieties adapted to the climate, soil, altitude and management conditions, under which this crop is produced. For this reason, it has been suggested that the genetic diversity currently present in local populations of maize has been the product of the interaction between the different ethnicities and the diverse environmental conditions that create agroecosystems in rain-fed regions. Therefore, this study was aimed to explore the morphological diversity and uses of the native maize populations grown at four municipalities in the humid tropics of Puebla: Tenampulco, Ayotoxco de Guerrero, Hueytamalco and San Jose Acateno. Thus, during the year 2008, a collection of native maize populations was performed in the region; at the same time, a questionnaire was applied to the sample donors-farmers. At the end of 2009, two experiments were established, under a 10×10 lattice design with two replications. A total of 93 native populations were evaluated in each one, as well as one accession representative of the Tuxpeño race (Vera-39) and six improved materials. A total of 51 characters, including vegetative, agronomic, of the tassel, corn husk, cob and grain traits were measured, and various indexes were calculated. To study the morphological diversity and decide over the correspondence of local populations with the Tuxpeño race, statistical analyses were conducted, including analysis of variance, correlation, principal components and cluster analysis. The surveys of 93 producers were coded and analyzed. The main results were: 1) exists a large morphological diversity and of uses among the landraces cultivated in the humid tropics of Puebla, 2) the landraces cultivated in this region can be considered as belonging to the Tuxpeño race, 3) initially, the landrace diversity can be grouped by grain color (white, yellow, blue and red) and precocity (early, intermediate and late), 4) the most frequent uses of corn, regardless of grain color, were : tortillas, atole, tamales, fresh corn, corn husk and stubble.

Key words: agronomic traits, landraces, morphological characterization, racial correspondence, uses.

DEDICATORIA

A mi madre

Catalina Morales Sánchez: Ya que siempre confié en mí y a quien dedico no solo esta tesis de maestría, sino mi vida entera. Te doy gracias por todo tu amor y sacrificio sembrados en tu hijo, que te ama con todo su corazón y que te extraña aunque ya no estés aquí.

A mi padre

Tomas López López: Le dedico la presente tesis de maestría y le doy gracias por su apoyo incondicional.

A mi hermana

Eloina Sánchez Morales: Quien se esfuerza cada día por el bienestar de mi sobrina y quien me da siempre su apoyo incondicional.

A mi sobrina

María José Corona Sánchez: Quien le da alegría a la casa y de quien espero que algún día viva la experiencia de lo que es terminar una maestría. Solo te pido que pienses bien lo que deseas, por que todo lo que pienses se puede volver realidad.

A mis maestras

Leonor Torres Belmont y Judith Torres Cravioto: Que con su sabiduría han sabido apoyarme y aconsejarme en cualquier situación. Con gran cariño y respeto les dedico esta tesis de maestría.

A mis padrinos

José Luis San Martín y Guadalupe García Enríquez: Por todo su apoyo, comprensión y ejemplo de pareja, pero sobre todo por compartir su casa y alimento. Mil gracias.

A toda mi familia

A todos mis tíos y tías, sobrinos y amigos. Gracias por ser parte de esta historia.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**), por el apoyo económico brindado para realizar mis estudios de Maestría.

Al Mtro. Máximo Romero Jiménez, por el apoyo financiero de Beca-Tesis 2011 del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (**CONCYTEP**).

A mis queridísimos amigos: Lusmila, Floriberto, Obdulia, Fabiola, Miguel y Carlos por compartir esta etapa de mi vida tan importante como lo es la maestría, gracias por toda su amistad y comprensión.

Al Dr. Oswaldo R. Taboada Gaytán: Por sus horas dedicadas a esta investigación, por su esfuerzo y apoyo incondicional, mil gracias.

Al Dr. Abel Gil Muñoz: Por sus comentarios y sugerencias en las revisiones para mejorar esta investigación.

Al Dr. Pedro Antonio López: Por su apoyo y consejos para mejorar esta investigación.

Al Dr. Delfino Reyes López: Por su apoyo y dedicación para mejorar esta investigación.

Al Dr. Higinio López Sánchez: Por su apoyo para la elaboración del artículo científico, el cual sirvió como base para la presente investigación.

A los señores Jesús Valerio Trujillo y Camerino Palacios Bautista, quienes facilitaron los terrenos para la evaluación en campo de las poblaciones de maíz; así mismo, a los agricultores de la región de estudio que proporcionaron las colectas y que contribuyeron con mi trabajo de investigación al contestar las encuestas.

Por último, quiero agradecer al *Campus* Puebla a través del Programa de Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional del Colegio de Postgraduados, el cual me formó para enfrentarme a los cambios y retos que vive la agricultura de nuestro país, la cual cuidaré, atenderé y trabajaré en beneficio de la grandeza del pueblo mexicano.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL

Se agradece el apoyo financiero recibido del Fondo Mixto CONACYT – Gobierno del Estado de Puebla para la realización de la presente investigación, a través del Proyecto FOMIX PUE-2007-01-76993, **“DIVERSIDAD GENÉTICA, CONSERVACIÓN Y FITOMEJORAMIENTO DE POBLACIONES LOCALES DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN LAS PRINCIPALES REGIONES PRODUCTORAS DE PUEBLA”** (Proyecto dirigido por el Dr. Abel Gil Muñoz, Profesor Titular del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla).

CONTENIDO

	Página
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	4
1.2. Hipótesis	4
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Marco de referencia de la zona de estudio.....	5
2.2. Clima.....	6
2.3. Orografía e hidrografía	7
2.4. Uso de suelo y vegetación.....	8
2.5. Fauna.....	9
2.6. Tipo de suelo y uso potencial agrícola.....	9
2.7. Aspectos socioeconómicos	10
2.7.1. Demografía	10
2.7.2. Superficie sembrada y cosechada	10
2.8. Origen del maíz.....	10
2.9. Razas de maíz en México	12
2.10. Caracterización morfológica.....	14
2.11. Mejoramiento genético del maíz.....	16
2.12. Conservación de la diversidad genética.....	17
2.12.1. Conservación <i>ex situ</i>	18
2.12.2. Conservación <i>in situ</i>	19
2.13. Diversidad étnica en México y su relación con el maíz.....	20
2.14. Sistemas agrícolas tradicionales	22
2.15. Usos principales del maíz	24
2.15.1. Consumo humano del maíz	25
2.15.2. Uso industrial	26
2.15.3. Uso forrajero	27
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	28
3.1. Evaluación en campo	28
3.1.1. Colecta de material	28
3.1.2. Diseño experimental	30
3.1.3. Sitios experimentales	30
3.1.4. Precipitación pluvial y temperaturas máximas y mínimas	30

3.1.5. Manejo agronómico de los experimentos	32
3.1.6. Variables cuantificadas	33
3.1.6.1. Vegetativas.....	33
3.1.6.2. Agronómicas	33
3.1.6.3. De la espiga.....	35
3.1.6.4. Del totemoxtle	36
3.1.6.5. De la mazorca	37
3.1.6.6. Del grano.....	37
3.1.6.7. Índices	37
3.1.7. Análisis estadísticos	38
3.1.7.1. Análisis de varianza	38
3.1.7.2. Análisis de componentes principales (ACP) y de conglomerados (ADC)	39
3.1.8. Descripción de la raza Tuxpeño.....	40
3.2. Encuestas.....	40
3.2.1. Recolección de información	40
3.2.2. Sistematización y análisis de la información de las encuestas	41
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Diversidad morfológica de los maíces nativos del trópico húmedo poblano.....	42
4.1.1. Análisis de varianza de la localidad de La Virgen.....	42
4.1.2. Análisis de varianza de la localidad de Rancho Nuevo	42
4.1.3. Análisis de varianza combinado	42
4.1.4. Análisis de componentes principales	45
4.1.5. Agrupación de la diversidad	47
4.1.6. Correspondencia con la raza Tuxpeño.....	51
4.1.7. Prueba de medias con base en el análisis de varianza combinado.....	52
4.1.8. Estratos de precocidad	53
4.1.9. Distribución del color de grano en las colectas	55
4.1.10. Relación de coloración de grano por estrato de precocidad	56
4.1.11. Comparación de rendimiento en las dos localidades	57
4.1.12. Selección de materiales sobresalientes	58
4.2. Diversidad de usos de los maíces nativos del trópico húmedo poblano.....	59
4.2.1. Distribución de las encuestas	59

4.2.2. Origen de la semilla para siembra.....	61
4.2.3. Antigüedad de los maíces nativos en las localidades de estudio	61
4.2.4. Procedencia de la semilla en relación con la textura y pendiente de los terrenos donde se siembran	63
4.2.5. Fechas de siembra y de cosecha de maíz en el trópico húmedo poblano.....	64
4.2.6. Elementos que influyen en la diversidad del maíz en el trópico húmedo poblano.....	65
4.2.7. Usos principales del maíz nativo en el trópico húmedo poblano.....	66
4.2.8. Características del maíz nativo en el trópico húmedo poblano.....	67
4.2.9. Las características a mejorar en los maíces nativos del trópico húmedo poblano.....	69
4.2.10. Los usos y características de los maíces nativos en el trópico húmedo poblano.....	72
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	74
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS	76
ANEXOS.....	84

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento promedio de maíz para grano en cuatro municipios del trópico húmedo del estado de Puebla en 2010	10
Cuadro 2. Número de accesiones, coloración de grano de maíz y altitudes máximas y mínimas de colecta en cuatro municipios del trópico húmedo poblano..	29
Cuadro 3. Concentrado de análisis de varianza combinado de las poblaciones de maíz nativo evaluadas en dos localidades del trópico húmedo poblano	43
Cuadro 4. Valores propios de los seis primeros componentes principales (CP) en la caracterización de 93 poblaciones de maíz nativo en el trópico húmedo poblano	45
Cuadro 5. Vectores propios de 26 variables originales, en relación con los tres primeros componentes principales (CP), en la caracterización de 93 poblaciones de maíz nativo en el trópico húmedo poblano	46
Cuadro 6. Promedios de 10 caracteres de los seis grupos obtenidos en el dendrograma de 100 poblaciones de maíz del trópico húmedo poblano...	50
Cuadro 7. Coloración de grano y días a floración femenina (DFF) en poblaciones nativas de maíz en el trópico húmedo poblano	55
Cuadro 8. Relación de la coloración de grano por estrato de precocidad en poblaciones nativas de maíz en el trópico húmedo poblano	56
Cuadro 9. Relación de localidades y número de colectas por coloración de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	60
Cuadro 10. Antigüedad en años que el agricultor ha sembrado el maíz nativo para cada coloración de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	62
Cuadro 11. Procedencia de la semilla, textura y pendiente de los terrenos donde se siembran las poblaciones locales de maíz por coloración de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	63
Cuadro 12. Fechas de siembra y cosecha por año agrícola, de acuerdo con el color de grano del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	64
Cuadro 13. Usos del maíz nativo por color de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	66

Cuadro 14. Mejores características por color de grano del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.....	68
Cuadro 15. Características a mejorar por color de grano del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.....	69
Cuadro 16. Razones por las cuales los productores siguen sembrando semilla nativa de maíz en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	71

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización de los municipios bajo estudio en el trópico húmedo del estado de Puebla	6
Figura 2. Distribución de los tipos climáticos en los cuatro municipios estudiados del trópico húmedo del estado de Puebla	7
Figura 3. Grupos étnicos de México	20
Figura 4. Distribución de las localidades de colecta en los cuatro municipios estudiados en el trópico húmedo del estado de Puebla.	28
Figura 5. Relaciones termopluviométricas en la localidad de La Virgen, Municipio de Hueytamalco en el trópico húmedo poblano, en 2010.....	31
Figura 6. Relaciones termopluviométricas en la localidad de Rancho Nuevo, Municipio de Ayotoxco de Guerrero en el trópico húmedo poblano, en 2010.....	31
Figura 7. Siembra tradicional de maíz en el trópico húmedo poblano: A) Siembra directa sin remover el suelo y manteniendo el rastrojo de la cosecha anterior B) apertura del orificio de siembra con una coa o “punzón” para depositar las semillas de maíz	32
Figura 8. Diagrama de una espiga de maíz.....	36
Figura 9. Dendrograma de 100 poblaciones de maíz caracterizadas en el trópico húmedo de Puebla	49
Figura 10. Gráfica de dispersión de 100 poblaciones de maíz caracterizadas en el trópico húmedo poblano, en el espacio determinado por los tres primeros componentes principales (CP).	50
Figura 11. Clasificación de poblaciones de maíz por estrato de precocidad en el trópico húmedo poblano.....	54
Figura 12. Rendimiento de grano de 10 poblaciones de maíz sobresalientes en dos localidades del trópico húmedo poblano.....	57
Figura 13. Distribución de los usos principales del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano	67
Figura 14. Distribución de las mejores características del maíz nativo en el trópico húmedo poblano	68
Figura 15. Distribución de las características a mejorar del maíz nativo en el trópico húmedo poblano.....	70

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo A. Poblaciones de maíz evaluadas en las localidades de La Virgen (Hueytamalco) y Rancho Nuevo (Ayotoxco de Guerrero) en el año 2009-2010	84
Anexo B. Concentrado del análisis de varianza de las variables evaluadas en los maíces nativos en dos localidades del trópico húmedo poblano, 2009.....	87
Anexo C. Resultados de la prueba de medias con base en el análisis de varianza combinado de 27 variables en el trópico húmedo poblano, 2009.....	89
Anexo D. Cuestionario aplicado a los donadores de muestras de maíz en los cuatro municipios del trópico húmedo poblano.....	101

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En México, el maíz (*Zea mays* L.) es el alimento principal no sólo en los centros urbanos, sino también en el medio rural. Se estima que cada mexicano consume cerca de 100 kg de grano por año, que rinden 150 kg de tortilla, por lo que existe un consumo diario de 410 g de tortilla (Bressani, 1994). Según Muñoz (2005) el maíz, al igual que el trigo (*Triticum aestivum*) y el arroz (*Oryza sativa*), es uno de los cultivos más importantes del mundo para la alimentación humana y animal. Las plantas de este cultivo son las más estudiadas por el hombre, no sólo por su diversidad genética sino también por su diversidad de usos. Esta planta sigue construyéndose gracias a los actuales productores que practican la agricultura tradicional en las diferentes áreas temporaleras de nuestro país.

La diversidad del maíz es tal que en cada región de México existen variedades locales de maíz adaptadas a las condiciones climáticas, edáficas, altitudinales y de manejo, bajo las cuales se está produciendo este cultivo. Por esta razón se ha planteado que la actual diversidad genética, presente en las poblaciones locales de maíz, ha sido el producto de la interacción entre las diferentes culturas étnicas y las diversas condiciones ambientales que crean los agroecosistemas en las regiones de temporal (Muñoz, 2005).

En México el maíz se siembra en más de la mitad de la superficie cultivada del país (8 millones de hectáreas) por entre 2.5 y 3 millones de agricultores anualmente. Por una parte, un gran número de pequeños agricultores lo producen para autoconsumo en áreas de temporal, generalmente en el centro-suroeste del país, con un 86 % de la superficie sembrada; por otro lado, se cuenta con un número relativamente pequeño de agricultores que producen maíz con fines puramente comerciales y que generalmente siembran bajo riego en las áreas de mejores tierras, recurren a una alta utilización de insumos industriales y, por lo general, obtienen altos rendimientos, principalmente en la parte norte de país con 14 % de la superficie sembrada (Bellon *et al.*, 2009; Kato *et al.* 2009). Según cifras del SIAP (2010) la producción de maíz en México para 2010 fue de 23,301,878.98 t de grano.

En el 2010, en el estado de Puebla se sembraron 606,534 hectáreas de maíz para grano (lo que representa el 62 % de la superficie cultivada), las cuales, en su mayoría (92 %), se establecieron bajo condiciones de temporal. Esta superficie sembrada generó un total de 1'080,462 t de grano de maíz, con un rendimiento aproximado de 2 t·ha⁻¹ (SIAP, 2010). Cabe destacar que casi en todo el estado se cultiva maíz.

La zona de estudio quedó conformada por los municipios de San José Acateno, Hueytamalco, Ayotoxco y Tenampulco, ubicados en la parte nororiental del Estado, en lo que se ha denominado trópico húmedo poblano. Estos municipios pertenecen al Distrito de Desarrollo Rural de Teziutlán, que para el año 2010 tuvo una superficie agrícola de 122,928.37 ha, de las cuales 71,570 ha se destinaron a la producción de grano de maíz en condiciones de temporal. De esa superficie se cosecharon 69,500 ha, las cuales generaron un volumen de producción de 83,567 t, por lo que el rendimiento promedio bajo estas condiciones fue ligeramente superior a $1.2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2010). En los cuatro municipios que integraron el área de trabajo, la producción de maíz se lleva a cabo bajo condiciones de temporal; durante el 2010, se cosecharon 12,000 ha entre los cuatro municipios, que derivaron en un volumen de producción de 15,778.95 toneladas, lo que da un rendimiento promedio de $1.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2010). Según datos de ASERCA (2009), en los cuatro municipios bajo estudio, en el periodo de primavera-verano, había poco más de 800 pequeños productores y más de 50 comunidades de autoconsumo.

En la región de estudio ha habido algunos trabajos previos, tal es el caso del reportado por Gil *et al.* (2004), quienes informan que en el año de 1997 se realizó una colecta de 198 poblaciones nativas en la microrregión de Ayotoxco de Guerrero. Señalan que predominaron los maíces de grano blanco (166), seguidos de los amarillos (20) y en menor cantidad los pintos (8 colectas) y azules (4). En cuanto a los niveles de precocidad, se indicó que todos los materiales evaluados llegaron al 50 % de floración femenina entre los 60 y los 77 días después de la siembra, clasificándose por tanto como ultraprecoces. En lo que respecta al rendimiento de grano, López *et al.* (1998) informaron que existe un alto potencial de rendimiento en dicha región, pues se reportaron producciones promedio de $4,775 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, superando los valores alcanzados por las variedades mejoradas recomendadas para la región.

López (2009) agrega que en el trópico húmedo, el maíz resulta ser un cultivo de gran relevancia para los productores, pues las hojas de la mazorca se emplean para la fabricación de artesanías, dando así un valor agregado a la producción de este cultivo, lo cual se refleja en ingresos significativos para las familias de dichos municipios, pues se generan jornales en el proceso de beneficiado y selección de las hojas. Cabe señalar que, en la percepción de los agricultores, el maíz nativo que cultivan es el que presenta las características idóneas requeridas en las hojas de maíz (color, consistencia, suavidad, longitud y ancho), por lo que es el preferido por los compradores.

Los estudios antes mencionados permitieron avanzar en la valoración de los maíces nativos en cuanto a su potencial agronómico, pero poco se adentraron en cuantificar la diversidad fenotípica presente y a explicar las causas de la misma. En la zona objeto de este trabajo se ha reportado a la raza Tuxpeño como la predominante, con distribución en el estado de Veracruz y en el noroeste de Puebla, a altitudes sobre el nivel del mar de 0-500 metros. Este tipo de maíz es importante para el hombre por su alto potencial de rendimiento de grano y debido a que ha mostrado una amplia diversidad, tanto morfológica como de usos (Wellhausen *et al.*, 1951; Caballero y Cervantes, 1990, Muñoz, 2005).

De acuerdo con Jarvis *et al.* (2006), el conocer la diversidad de usos de un determinado recurso fitogenético es una pieza fundamental para formular estrategias que permitan la conservación de la diversidad genética de la especie. En el caso del maíz, tanto a nivel nacional como estatal y regional, el cultivo es y seguirá siendo la base de la alimentación en zonas rurales y urbanas. En los sistemas de agricultura tradicional en los que el maíz es eje central, predomina el empleo de poblaciones nativas; un rasgo característico de tales sistemas es la gran gama de usos que se le da al cultivo (Gil *et al.*, 2004). En este sentido, Gil y Álvarez (2007) señalan que en el ámbito rural la producción de maíz tiene diferentes destinos: para consumo humano (elaboración de tortillas, tamales, atole, pinole, pozole, elotes y huitlacoche), para consumo animal (en grano, forraje verde y rastrojo), para usos diversos (medicinal, material de construcción, etc.) y, cuando se generan excedentes, para la venta en el mercado.

Aun cuando se ha documentado la diversidad de usos con que cuenta el maíz en varias regiones del país, no hay antecedentes de la diversidad de usos de los maíces nativos en el trópico húmedo poblano y específicamente en los cuatro municipios definidos como área de estudio.

Los elementos antes vertidos resaltan la importancia de desarrollar un trabajo encaminado al estudio más detallado de la diversidad presente entre los maíces nativos cultivados en la región del trópico húmedo poblano. Así, la investigación tuvo dos vertientes: i. Cuantificar la magnitud de la diversidad, recurriendo para ello a experimentos de caracterización morfológica en campo, y ii. Conocer la gama de usos que el agricultor hace de tal diversidad.

Este estudio forma parte de una serie de acciones encaminadas al estudio de los recursos fitogenéticos, en específico, las referentes a la conservación y aprovechamiento de la diversidad. Asimismo, incluye aspectos relacionados con el estudio de las relaciones que se establecen entre el hombre y el recurso genético, específicamente en lo que respecta al conocimiento generado como producto de tal interacción.

La presente tesis está organizada en seis capítulos. El Capítulo I es una introducción a los temas de estudio. En el Capítulo II se presenta la revisión de literatura, mientras que en el Capítulo III se detallan los materiales y métodos empleados en la investigación. En el Capítulo IV se exponen los resultados y se analizan sus implicaciones, mientras que en el Capítulo V se incluyeron las conclusiones generales. El Capítulo VI contiene las referencias citadas en la presente tesis.

1.1. Objetivos

Objetivo general:

- Estudiar la diversidad morfológica y de usos de los maíces nativos cultivados en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Objetivos específicos

- Precisar si existe correspondencia entre el tipo racial Tuxpeño reportado para la región y las poblaciones de maíz nativo existentes en la actualidad.
- Identificar los componentes del patrón varietal de maíz y sus atributos principales.
- Conocer la magnitud de la diversidad de usos de los maíces nativos del trópico húmedo poblano.

1.2. Hipótesis

- En el trópico húmedo poblano hay una gran diversidad genética y de usos en los maíces nativos, la cual ha sido generada por los agricultores, las condiciones ambientales y su interacción.
- La mayor parte de las variedades nativas de maíz mostrarán correspondencia con el testigo racial Tuxpeño.
- La diversidad de usos de los maíces nativos en el trópico húmedo poblano está basada en la coloración del grano.

CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco de referencia de la región de estudio

Según la regionalización ecológica del estado de Puebla propuesta por Yanez (2011), el trópico húmedo de Puebla se ubica en dos partes del estado, una en la porción norte, en una franja oblicua, que abarca parte de los extremos noroeste y noreste de la entidad (en sus colindancias con el estado de Veracruz), y otra en una pequeña fracción del extremo sureste (al oriente de Tehuacán). En total, comprende una superficie de 1,574.95 Km² (lo que representa aproximadamente el 4 % de la superficie del estado), de la cual un 89 % corresponde al área ubicada en el norte de la entidad y el 11 % restante a la localizada en el sureste de Puebla. En la franja norte ya descrita se ubican 15 municipios; la superficie agrícola de aquellos que tienen al menos el 35 % de su área dentro del trópico húmedo es de 1,192.59 Km² (INEGI, 2009), mientras que la superficie destinada a la producción de maíz para grano es de 24,927 ha.

La zona objeto de esta investigación se ubicó en la franja norte de trópico húmedo de la entidad, abarcando los municipios de San José Acateno, Hueytamalco, Ayotoxco y Tenampulco (Figura 1), ubicados en la parte nororiental del estado. En ellos, la producción de maíz se lleva a cabo bajo condiciones de temporal, en una superficie sembrada de 4,300 ha, con un volumen de producción de cuatro mil toneladas y un rendimiento promedio de 1.3 t ha⁻¹ (SIAP, 2010).

Tenampulco se ubica entre los 20° 08' y 20° 15' LN y 97° 19' y 97° 30' LO, a una altitud de entre 100 y 400 metros; Ayotoxco de Guerrero tiene coordenadas de 19° 59' y 20° 09' LN y 97° 22' y 97° 28' LO y altitud entre 100 y 600 m; Hueytamalco se localiza a 19° 52' y 20° 12' LN y 97° 12' y 97° 23' LO, entre 100 y 1,900 msnm; por último, San José Acateno está en los 20° 00' y 20° 12' LN y 97° 07' y 97° 19' LO y registra altitudes entre 60 y 600 msnm. La extensión conjunta de los cuatro municipios es de 747.7 km² y ocupan el 2.11 % de la superficie del estado (INEGI, 2009). El espacio geográfico estudiado colinda al norte y este con el estado de Veracruz; al oeste con los municipios de Tuzamapan de Galeana, Jonotla, Cuetzalan del Progreso, Zoquiapan y Tlatlauquitepec; y al sur con los municipios de Hueyapan, Xiutetelco y Teziutlán. La población total de los cuatro municipios es de 49,138 habitantes (INEGI, 2009).

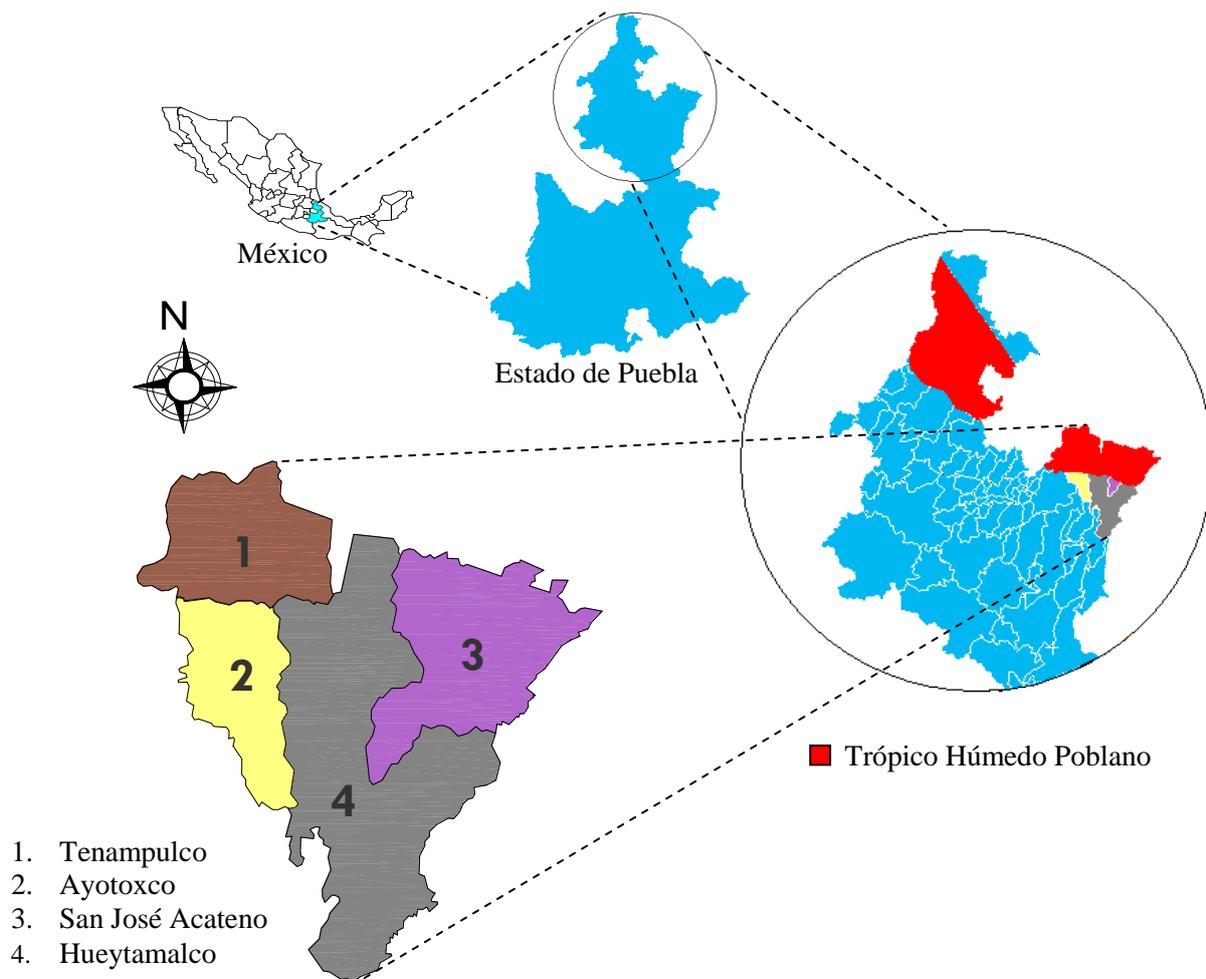


Figura 1. Localización de los municipios bajo estudio en el trópico húmedo del estado de Puebla (Fuente: Elaboración propia).

2.2. Clima

En los municipios se localizan cuatro tipos de climas, de acuerdo a la clasificación de García (1973), de los cuales sólo tres son los que predominan en el área de estudio (Figura 2): Am(f), clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano, representa el 42.75 % de la superficie total y se localiza en la parte norte de la región de estudio; Af(m), cálido húmedo con lluvias todo el año, presente en un 28 %, este clima cruza el área de estudio, en su parte media, de este a oeste; (A)C(fm), semicálido con lluvias todo el año, este clima se localiza en la parte sur, con un porcentaje de cobertura del 29 %; el cuarto clima es el C(fm), templado húmedo con lluvias todo el año, el cual abarca el 0.25 %, dada su localización al sur y porcentaje mínimo, no es representativo de la región considerada en el presente estudio. El rango de temperatura promedio anual oscila de los 20 a los 26°C, mientras que la precipitación promedio anual varía entre 1,800 y 3,225 mm, para los cuatro municipios (INEGI, 2009).

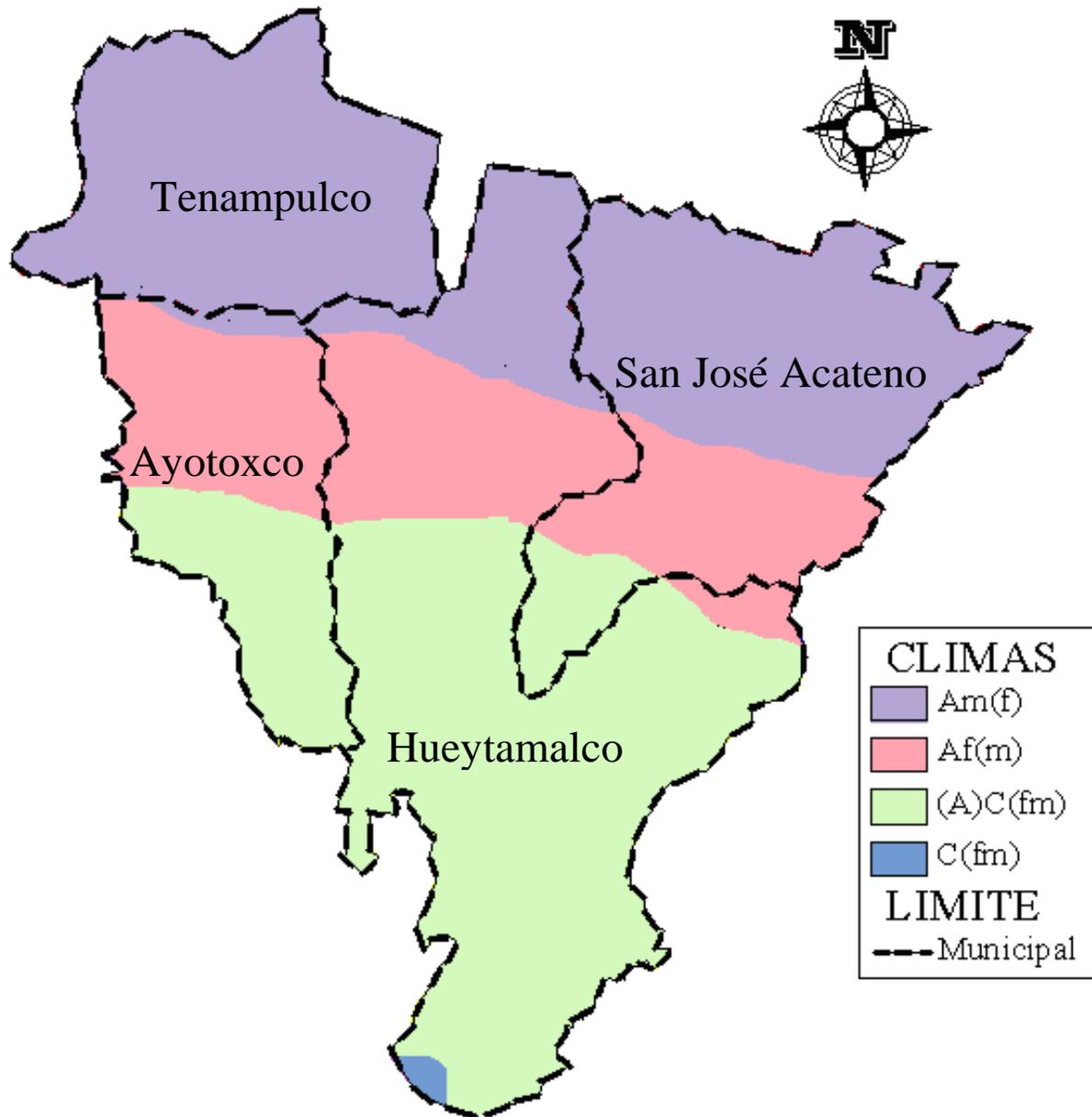


Figura 2. Distribución de los tipos climáticos en los cuatro municipios estudiados del trópico húmedo del estado de Puebla (Fuente: Elaboración propia).

2.3. Orografía e hidrografía

De acuerdo con el INEGI (2009), la orografía de los cuatro municipios está determinada por el Eje Neovolcánico (Sierra volcánica de laderas tendidas con lomerío 59.5 %), la Llanura Costera del Golfo Norte (Lomerío típico 38.25 %) y la Sierra Madre Oriental (Sierra alta escarpada 2.25 %). Los dos primeros sistemas se encuentran en los cuatro municipios mientras que el último se ubica al sur del municipio de Ayotoxco de Guerrero. Toda el área de estudio se ubica en la región hidrológica de Tuxpan-Nautla, perteneciente a la cuenca de los ríos Nautla y otros (22.5 %) y Tecolutla (77.5 %). Los municipios de Tenampulco y Ayotoxco de Guerrero pertenecen en su totalidad a la cuenca del río Tecolutla. Los ríos más

importantes en la región son el río Apulco, uno de los más importantes del Estado, que recorre el Occidente del área bajo estudio y sirve como límite natural con otros municipios; el Tecolutla, que sirve como límite con el estado de Veracruz en un corto tramo al norte; y el río Cedro Viejo, que se utiliza como límite natural entre Hueytamalco y San José Acateno. (INEGI, 2009)

2.4. Uso de suelo y vegetación

En los cuatro municipios de la zona de estudio, el uso agrícola del suelo ocupa el 45.5 % de la superficie total. En el municipio de Tenampulco se cultiva principalmente maíz para grano, con 2,600 ha de superficie sembrada, café cereza (*Coffea arabica* L.), cacahuete (*Arachis hypogaea*), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) (INEGI, 2010). Dentro de las hortalizas se encuentra el chile (*Capsicum annuum*), la cebolla morada (*Allium cepa* L.) y en la fruticultura se cultiva la naranja (*Citrus sinensis* L.) con 1,130 ha y el limón (*Citrus limon* L.) a gran escala. En Ayotoxco de Guerrero se siembra maíz para grano en 1,900 ha, café cereza y vainilla (*Vanilla planifolia*). En el municipio de Hueytamalco se cultiva maíz para grano en 2,350 ha, café cereza en 4,500 ha y en fruticultura destacan los cultivos de naranja con 1,560 ha y plátano (*Musa sapientum*). Por último, San José Acateno cuenta con granos como el maíz, café y frijol, mientras que entre los frutales se tiene el plátano, la naranja con 4,600 ha y el limón, principalmente. Cabe mencionar que todas las siembras son de temporal; en ellas el maíz juega un papel importante, junto con algunos cítricos de la región ya que se plantan juntos como cultivos asociados mientras los cítricos crecen. La vegetación de pastizales ocupa un 44.0 % de la superficie total del área de estudio y está establecida con estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y grama (*Stenotaphrum secundatum*). También se cuenta con áreas reducidas de selva alta perennifolia con vegetación secundaria arbustiva distribuida a lo largo de ríos, con un porcentaje de 7.25 %, mientras que el bosque mesófilo de montaña tiene una extensión del 2.25 % del área total, con especies tales como Jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* L.), pino colorado (*Pinus patula* Schltdl. & Cham.) y encino (*Quercus ilex*). Asimismo, se cuenta con maderas preciosas como: cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba (*Swietenia macrophylla*). Por último en los cuatro municipios, la zona urbana abarca sólo el 1.0 % en cada municipio (INEGI, 2009).

2.5. Fauna

En los cuatro municipios existe una gran variedad de animales: ardilla (*Sciurus vulgaris*), tejón (*Meles meles*), mapache (*Procyon lotor*), armadillos (*Dasyus novemcinctus*), chachalacas (*Ortalis vetula*), coyotes (*Canis latrans*), conejos (*Oryctolagus cuniculus*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama americana*), tlacuache (*Didelphis virginiana*), comadreja (*Mustela nivalis*), zorra (*Vulpes vulpes*), marta (*Martes martes*), así como varias especies de reptiles y diversas aves (INAFED, 2009).

2.6. Tipo de suelo y uso potencial agrícola

De acuerdo con el INEGI (2009), en los municipios del área de estudio se encuentran ocho tipos de suelos, distribuidos con los porcentajes siguientes: Regosol (57.07 %), Phaeozem (19.94 %), Vertisol (7.57 %), Andosol (6.81 %), Cambisol (2.77 %), Nitosol (2.77 %), Luvisol (0.25 %) y Leptosol (0.25 %).

El suelo Regosol ocupa el centro y noreste de los municipios, en ocasiones presenta fase pedregosa (fragmentos de roca o tepetate de 7.5 cm de diámetro); el Phaeozem, se localiza en un área muy reducida, en un tramo de la rivera del Apulco; el suelo de tipo Vertisol se extiende en áreas de las riveras de algunos ríos y en largas y angostas franjas que recorren de Norte a Sur de los municipios; el suelo Andosol se encuentra en áreas reducidas del sur y centro de los municipios, son suelos de tierra negra de origen volcánico; el Cambisol esta presente en la ribera del río Apulco, con poco porcentaje; el Nitosol ocupa una zona del centro-norte; mientras que el suelo Luvisol está en una angosta franja al Norte del municipio de Hueytamalco y en la rivera del río Cedro Viejo. Por ultimo, el suelo de tipo Leptosol ocupa una zona del centro-norte, y se caracteriza por su profundidad menor de 10 cm (INAFED, 2009).

El uso potencial de la tierra para la agricultura está dividido de la siguiente manera: para la agricultura mecanizada continua (9.5 %), para la agricultura con tracción animal continua (34.25 %), para la agricultura manual continua (51.75 %) y la no apta para uso agrícola (4.5 %), las tres categorías están distribuidas en toda el área de los municipios. Cabe mencionar que el municipio con el mayor porcentaje de tierras no aptas para uso agrícola es Hueytamalco, con 15 % (INEGI, 2009).

2.7. Aspectos socioeconómicos

2.7.1. Demografía

De acuerdo al conteo de población del INEGI (2010), la población total de los cuatro municipios es de 49,138 habitantes. En Tenampulco se tiene una población de 6,721 habitantes, de los cuales 3,316 son hombres y 3,405 mujeres; Ayotoxco de Guerrero cuenta con 7,883 habitantes, de los cuales 3,840 son hombres y 4,043 mujeres; Hueytamalco tiene 26,115 habitantes, 13,009 son hombres y 13,106 mujeres; por último, San José Acateno cuenta con 4,195 hombres y 4,224 mujeres para un total de 8,419 habitantes. Las edades promedio por municipio son 26, 20, 22 y 24 años, respectivamente.

2.7.2. Superficie sembrada y cosechada

En el Cuadro 1 se concentran datos estadísticos básicos de la producción de maíz en los municipios bajo estudio para el año 2010. Se observa que la superficie total sembrada con maíz asciende a las 12,000 ha, las cuales se cultivaron exclusivamente bajo temporal. El 100 % de ellas fue cosechado; el rendimiento promedio de la región fue de 1.31 t·ha⁻¹.

Cuadro 1. Superficie sembrada, cosechada, producción y rendimiento promedio de maíz para grano en cuatro municipios del trópico húmedo del estado de Puebla en 2010.

Municipio	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Producción (t)	Rendim. (t·ha ⁻¹)
ACATENO	2,500.00	2,500.00	3,008.30	1.20
AYOTOXCO	2,800.00	2,800.00	3,516.50	1.26
HUEYTAMALCO	3,300.00	3,300.00	4,196.40	1.27
TENAMPULCO	3,400.00	3,400.00	5,057.75	1.49
TOTAL	12,000.00	12,000.00	15,778.95	1.31
PROM				

Fuente: SIAP (2010)

2.8. Origen del maíz

Conocer el origen geográfico del maíz (*Zea mays* L.) es de gran importancia, debido a que en el área de origen se puede localizar la diversidad genética más extensa tanto del maíz como de algunas plagas y enfermedades que lo parasitan, ya que muchos de estos depredadores se han originado en la misma área y han evolucionado en forma paralela al maíz. De igual forma, en esta área persisten modelos de control biológico y evidencias notables de los

métodos que se han utilizado para acelerar el mejoramiento genético de la especie (Miranda, 2005).

En las dos últimas décadas se ha hecho una revisión de la literatura sobre la historia y evolución del maíz. En este lapso de tiempo se ha llegado a un consenso de que el teocintle, en particular el teocintle anual mexicano, es el ancestro del maíz cultivado (Kato *et al.*, 2009). Miranda (2005) menciona algunas de las razones para tal afirmación: se ha concluido que ambas entidades taxonómicas tienen 10 cromosomas en sus células gaméticas; que los cromosomas son muy semejantes en longitud, posición del centrómero y se asocian en forma normal a la profase meiótica; que el cruzamiento entre el maíz y el teocintle ocurre con mucha frecuencia en forma natural, y que los híbridos son fértiles en un alto porcentaje. Agrega que las diferencias que se observan en algunos órganos del teocintle en relación con los del maíz cultivado, se deben a los efectos de selección natural y a los de la selección artificial en la segunda planta.

Se ha definido como “centro de origen” de plantas cultivadas a una zona geográfica en donde se encuentra un máximo de diversidad del cultivo y en el que coexisten o coexistieron sus parientes silvestres. Según las observaciones de Vavilov (1987) el origen del maíz, junto con aproximadamente 49 especies más, está en el Centro Primario VII, que se localiza desde el centro-sur de México hasta la mitad del territorio de Centroamérica (Mesoamérica). Dos lugares que presentan macrofósiles de domesticación iniciales son: a) Tehuacán, Puebla donde se han encontrado restos de maíz domesticado que data desde 7,000 años a. C., situación que apunta a que esta región se considere como el centro de domesticación y dispersión del maíz (Reyes, 1990; Muñoz 2005); y b) Guilá Naquitz, Oaxaca donde se llevaron a cabo estudios en una zona semiárida con abundantes registros de plantas comestibles. Los periodos fechados en esta zona son de 6,250 a 5,400 años a. C. (Piperno y Flannery, 2001). La morfología de los registros de maíz permite sostener que la domesticación inicial ocurrió alguna vez durante la mitad y término del periodo Arcaico (Benz, 2001).

El maíz ha sido domesticado y dispersado por los grupos étnicos desde hace varios miles de años y la mayor proporción de la diversidad observada en el cultivo fue generada por la acción humana en los sistemas de producción agrícola ancestrales (Miranda, 2005). En la actualidad, lo que se observa en México es una variación continua en la diversidad de maíz,

sobre todo en sus caracteres cuantitativos, como dimensión de la mazorca, del grano y rasgos por el estilo. La mayoría de las poblaciones representan combinaciones de razas. Las poblaciones de maíz en manos de los agricultores continúan evolucionando día con día, elevando su rendimiento y en ocasiones su resistencia a factores adversos, ganando especialización para muchos hábitat del agro y para usos especiales, cosa que no sucede con las muestras conservadas en los bancos de germoplasma (Ortega, 2003).

Finalmente, conviene citar lo mencionado por Turrent y Serratos (2004): La domesticación es un proceso que realiza el ser humano y que los campesinos e indígenas en las comunidades rurales de México han realizado desde tiempos remotos hasta el presente. Esta participación es un factor clave en cualquiera de las teorías sobre el origen del maíz para explicar su evolución en condiciones de domesticación.

2.9. Razas de maíz en México

Wellhausen *et al.* (1951) apunta que en los primeros ensayos para la clasificación del maíz se utilizó la definición de raza que propusieron Anderson y Cutler (1942): Un conjunto de individuos emparentados, con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo. De acuerdo con Muñoz (2005), una raza es un conjunto de variedades relativamente similares, adaptadas a una región ecológica. Otra definición de raza la dio Reyes (1990), quien la definió como el conjunto de poblaciones de individuos de una misma especie con poblaciones similares, que manifiestan ciertos rasgos diferenciales, heredables y que a su vez permiten separarlas de otras poblaciones. Adicionalmente, el mismo autor señala que la formación de razas diferentes se origina por distintas modalidades de aislamiento que restringen la reproducción a un cierto número de individuos; estas barreras generalmente son ecológicas en naturaleza y que dentro de una raza puede haber un alto número de variedades.

Serratos (2009) explica que a partir de 1943, varios miles de variedades locales fueron colectadas en México, Perú, Bolivia, Brasil, Guatemala y otros países de Centro y Sudamérica por científicos de la fundación Rockefeller, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Agrega que en México y Centroamérica, la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura de México se encargó, junto con instituciones académicas agrícolas, de la coordinación e infraestructura del trabajo de campo. Finalmente, menciona que las variedades locales procedentes de la misma área geográfica que

presentaban características morfológicas, genéticas y citológicas similares se agruparon en distintas razas. Desafortunadamente muchas de las colecciones originales se perdieron debido a que no se contaba con instalaciones de almacenamiento adecuadamente equipadas (Phoelman, 2005).

Wellhausen *et al.* (1951) con base en más de 2,000 colectas de maíz nativo, realizaron un estudio de origen, caracterización y distribución de las razas de maíz en México. Agregan que el resultado de tal trabajo fue la identificación de 25 razas, las cuales se pueden dividir en cuatro grupos principales en la siguiente forma: Indígenas Antiguas, Exóticas Pre-Colombinas, Mestizas Prehistóricas, Modernas Incipientes, y Razas No Bien Definidas, como un grupo adicional. Desde entonces se han utilizado diferentes técnicas multivariadas para tener una mejor clasificación de las diferentes razas y subrazas de maíz (López *et al.*, 2005).

La gran diversidad de maíces que existe en México se debe a que las razas primitivas se encuentran actualmente vivas; aunado a esto, se ha tenido influencia de maíces exóticos de países Sudamericanos, que al cruzarse de manera natural con el teocintle, o con los maíces existentes en México, han originado nuevas características, que junto con la geografía de este país, han favorecido la diferenciación de las razas (Hernández, 1999).

Los centros de origen y domesticación normalmente presentan la mayor diversidad genética (Miranda, 2005). Serratos (2009) explica que de las aproximadamente 300 razas de maíz que existen a nivel mundial que fueron reportadas por Brown y Goodman (1988), en un momento se detectaron 59 razas en México. De acuerdo con Serratos (2009), actualmente, incluidos los trabajos realizados por diferentes instituciones, se estima la existencia de un número de 65 razas, aun cuando algunas se clasifiquen como imprecisas. El mismo autor proporciona el siguiente listado de razas para México: Ancho, Apachito, Arrocillo Amarillo, Arrocillo, Azul, Blandito, Blando Sonora, Bofo, Bolita, Cacahuacintle, Carmen, Celaya, Chalqueño, Chapalote, Clavillo, Comiteco, Conejo, Cónico, Cónico Norteño, Coscomatepec, Cristalino Chihuahua, Complejo Serrano Jalisco, Cubano Amarillo, Dulce de Jalisco, Dulcillo Noroeste, Dzit Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Fasciado, Gordo, Harinoso, Harinoso de Ocho, Jala, Lady Finger, Maíz Dulce, Maizón, Motozinteco, Mushito, Nal Tel, Nal-Tel de Altura, Olotillo, Olotón, Onaveño, Palomero de Chihuahua, Palomero Toluqueño, Pepitilla, Ratón, Reventador, San Juan, Serrano de Jalisco, Tablilla, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tehua, Tepecintle, Tunicata, Tuxpeño Norteño,

Tuxpeño, Vandeño, Xmejenal, Zamorano Amarillo, Zapalote Chico y Zapalote Grande. Estas 65 razas representan el 21.66 % de la diversidad racial total y constituyen uno de los motivos por los cuales México ha sido reconocido como un centro de origen, domesticación y diversidad del maíz.

Aun cuando la diversidad de tipos de maíz se encuentra representada parcialmente en los bancos de germoplasma (conservación *ex situ*), es necesario complementar el conocimiento sobre la misma mediante estudios directos en campo, pues tal variación no se mantiene estática debido al trabajo de millones de campesinos y grupo étnicos, quienes durante miles de años lograron la domesticación del maíz y año con año realizan una selección continua de sus semillas, con la finalidad de obtener un grano con mejores propiedades que permita satisfacer sus necesidades. La gran diversidad genética del maíz nativo de México se puede encontrar en los campos agrícolas en forma de variedades criollas, de este modo se conservan los recursos genéticos “*in situ*” como un hecho cotidiano (Herrera *et al.*, 2000). La diversidad no es solo resultado de factores ambientales y biológicos, sino también de procesos humanos de domesticación y diversificación; los pequeños agricultores del país, en su mayor parte indígenas y campesinos, son quienes continúan manteniendo esta diversidad en sus campos, solares, huertas y plantaciones (Bellon *et al.*, 2009).

Por último, es conveniente mencionar que trabajos como el de Muñoz (2005) han evidenciado que la diversidad del maíz está presente también a nivel regional y local en los denominados “patrones varietales”, definidos estos como un sistema que conjunta los grupos de variedades, los estratos o niveles ambientales y las relaciones entre ellos. Por lo anterior, Gil *et al.* (2004) sugieren estudiar la diversidad presente en las poblaciones nativas desarrolladas por los agricultores para hacer frente a las condiciones ambientales adversas, basándose en tres características que describen a los componentes de un patrón varietal: la coloración del grano, los niveles de precocidad y las características agronómicas (principalmente rendimiento de grano).

2.10. Caracterización morfológica

Gil (2006a) menciona que el término característica o carácter hace referencia a cualquier atributo, cualidad, rasgo, forma, estructura, función, etc., de las células, órganos, tejidos, sistemas, individuos o poblaciones en los seres vivos. Según Jarvis *et al.* (2006), caracterización es la valoración de los caracteres de una planta que son altamente heredables,

fácilmente visibles y expresados de igual modo en todos los ambientes, agregan que la caracterización se emplea para distinguir los fenotipos que se pueden comparar y/o evaluar. También mencionan que las características están determinadas en mayor o menor medida por los genes, los cuales son responsables de la herencia y la variación. Los análisis morfológicos en maíz han confirmado que las estructuras que más contribuyen en la variación morfológica son la espiga, la mazorca y el grano (Camacho y Chávez, 2004). Existe una gran variabilidad en caracteres morfológicos, tanto entre razas como dentro de ellas, aunque ciertas poblaciones tienen niveles bajos de diversidad, aparentemente por tratarse de variedades para usos especiales (Sánchez *et al.*, 2000).

Herrera *et al.* (2000) señalaron que los caracteres varían en sensibilidad a los cambios ambientales, siendo los de las estructuras femeninas y masculinas los menos susceptibles a esos cambios (más estables) y los de mayor relevancia para ser considerados como criterios de clasificación. Los caracteres morfológicos han sido empleados ampliamente en los análisis de diversidad debido a que no requieren de equipo sofisticado o procedimientos preparatorios. No sólo se han empleado para caracterizar el cultivo de maíz, sino también para otros cultivos de importancia en México. La diversidad se estima con base en la medición de algunos caracteres fenotípicos (caracteres reproductivos de la planta, espiga o mazorca, fisiológicos o fenológicos); este método es una medición indirecta de la diversidad genética, pues su expresión frecuentemente está influenciada por factores ambientales y depende del estado de desarrollo, afectando por tanto el comportamiento y la expresión de los caracteres (Alvarado, 2010).

Wellhausen *et al.*, (1951) señalaron que los caracteres por ellos empleados en la clasificación de los maíces de México quedaban comprendidos en cuatro grupos principales: a) caracteres vegetativos: estos caracteres de la planta son modificados normalmente en su mayoría por la variación ambiental y no está claramente definido si es más apropiado comparar las variedades y razas en un solo ambiente o compararlas según el desarrollo que tienen en sus respectivos ambientes; b) caracteres de la espiga, la cual es considerada como uno de los órganos más útiles para fines de clasificación; c) caracteres de la mazorca: la mazorca es el órgano más especializado de la planta y es la estructura que se distingue más entre una y otra raza o entre variedades; y d) caracteres fisiológicos, genéticos y citológicos: son caracteres del funcionamiento de los órganos y tejidos de las plantas, las cuales se pueden heredar desde el nivel de célula hasta el nivel población.

La taxonomía numérica es un grupo de técnicas matemáticas por medio de las cuales se clasifica a los organismos con base en su similitud o semejanza. Generalmente se utilizan características morfológicas, aunque en realidad se puede emplear cualquier tipo de caracteres para agrupar a las unidades taxonómicas operacionales (por ejemplo: razas, especies, familias, etc.); de acuerdo a esta definición, la taxonomía numérica se utilizó para sistematizar y ordenar la diversidad del maíz, en los 70's (Serratos, 2009).

2.11. Mejoramiento genético del maíz

El fitomejoramiento involucra todos los elementos de la evolución como variación, recombinación de caracteres, selección y aislamiento de tipos deseados para su uso con fines productivos. El fitomejoramiento y genotecnia vegetal están dirigidos hacia objetivos económicos ya que son un elemento fundamental dentro de las estrategias para incrementar los niveles de rendimiento a través de la formación de mejores genotipos que hacen a la actividad agrícola más redituable (Ortiz, 1994).

Desde mediados del siglo pasado ha habido programas de fitomejoramiento científico en el país, sobre todo públicos y más recientemente privados. Instituciones como el INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) y varias universidades y centros de enseñanza agrícola (entre las que destacan la Universidad Autónoma Chapingo, el Colegio de Posgraduados y la Universidad Autónoma Antonio Narro), así como el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) han desempeñado un papel importante en el fitomejoramiento del maíz (Bellon *et al.*, 2009). En el caso del Centro Nacional de Rescate y Mejoramiento de Maíces Criollos (CENREMMAC), adscrito a la Universidad Autónoma Chapingo, se tiene por objeto mejorar las razas de maíz en México (Márquez, 1990); según Márquez *et al.* (2000), actualmente ha obtenido poblaciones mejoradas que se han utilizado como fuentes potenciales para obtener líneas endogámicas con el fin de formar híbridos comerciales competitivos e incrementar la base genética en los cultivos comerciales de maíz.

A pesar de lo anterior, el papel de las instituciones públicas ha ido disminuyendo, mientras que el de las empresas privadas ha aumentado. Grandes compañías transnacionales como Pioneer y Monsanto tienen una participación cada vez más relevante en la producción de variedades mejoradas, en particular híbridos. Sin embargo, no está claro cuál es el grado de utilización de la diversidad genética mexicana por parte de los programas privados,

particularmente de compañías transnacionales, dado que mucha de esta información es de índole privada (Bellon *et al.*, 2009).

En la actualidad las compañías productoras de semillas transnacionales y nacionales se han enfocado a la producción y comercialización de híbridos, los cuales reducen la base genética y encierran un riesgo que en otras épocas y países ha mostrado ser desastroso por la vulnerabilidad al ataque de plagas y enfermedades, que puede causar grandes pérdidas en la producción de alimentos (Hernández, 1999).

Cabe señalar que la falta de adaptación de los materiales mejorados a uno o varios de los factores limitantes (cantidad de lluvia, topografía, altitud, temperatura, viento, drenaje del suelo, pH, textura del suelo, etc.) en las regiones de temporal, abre la posibilidad de recurrir a poblaciones locales que ya están adaptadas o contienen caracteres de resistencia a factores adversos, las cuales pueden servir como base a un programa de mejoramiento genético (Mijangos, 2010). Si bien las variedades adaptadas localmente no igualan la productividad de variedades mejoradas bajo condiciones ideales de cultivo, suelen presentar otras cualidades como son una alta resistencia a enfermedades y plagas, tolerancia a la sequía, al frío o al calor; se encuentran adaptadas a suelos pobres en nutrientes, presentan un mejor sabor y bajo condiciones de almacenamiento suelen durar más tiempo. Todas estas características son muy apreciadas por los agricultores (Brush, 1991).

De las más de 300 razas de maíz, las que más se usan en mejoramiento genético son: Tuxpeño, Cuban Flint, Tusón, Coastal Tropical Flint, Chandelle, Haitian Yellow, Corn Belt Dent y las variedades ETO y Suwan, esto a nivel global (Brown y Goodman, 1988) lo que representa el 3 %. De las 65 razas existentes en México (Serratos, 2009), las razas Tuxpeño, Celaya, Vandeño y Cónico son las que más se usan en el mejoramiento genético (Roberts, 1950) y representa el 6.1 % de la diversidad racial de este país. El bajo porcentaje de uso de las razas de maíz en los programas de mejoramiento genético estriba principalmente en que éstas presentan problemas de adaptación (Holley y Goodman, 1988), que para ser superados requieren un proceso de selección (Goodman, 2002).

2.12. Conservación de la diversidad genética

Entender la razón por la cual deseamos conservar la diversidad genética es importante porque puede ayudar a identificar las necesidades de un programa de conservación de esta

naturaleza. Estos beneficios no están relacionados solamente con la diversidad genética sino también con la salud del ecosistema y el bienestar de la humanidad (Jarvis *et al.*, 2006). En México, la conservación de la diversidad genética se realiza bajo dos modalidades, *ex situ* e *in situ*; los dos tipos de conservación actualmente van dirigidos hacia el descubrimiento de un nuevo genotipo o variedad, principalmente en cultivos básicos (como el maíz) o especies de mayor demanda o interés (Santacruz y de la O, 2006). La conservación *ex situ* enfrenta dificultades de financiamiento y compromiso institucional, aun cuando existen programas gubernamentales que la apoyan y buscan hacerla más eficiente. La conservación *in situ* es relativamente incipiente y fuertemente afectada por la deforestación y cambios en el uso del suelo (Bellon *et al.*, 2009).

2.12.1. Conservación *ex situ*

Según Jarvis *et al.* (2006), la conservación *ex situ* se define como el “traslado del material vegetal del lugar donde se encuentra creciendo a un sitio diferente en el cual será almacenado, ya sea como semilla en un banco de germoplasma, como material vegetativo *in vitro* o como planta en un jardín botánico o en un banco de germoplasma en campo”. Los mismos autores señalan las ventajas más importantes de este tipo de conservación: es fácil identificar el material genético conservado en el banco o jardín botánico, además, en la mayoría de los casos, se cuenta con información detallada de la colecta del material, asimismo, un gran número de accesiones se guardan en condiciones deseables (espacios reducidos) y se regeneran periódicamente, por lo que la probabilidad de pérdida del material es relativamente baja.

Las colectas hechas por Wellhausen *et al.* (1951) no solo sirvieron para estudiar la diversidad del maíz y hacer una clasificación de las razas existentes en la colecta, sino que formaron parte del inicio de la conservación *ex situ* del maíz en bancos de germoplasma. En la actualidad, el banco de germoplasma del Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT) alberga 22 mil muestras de maíz, especies y géneros relacionados como el teocintle y *Tripsacum*; mientras que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) cuenta con un total de 12,302 accesiones conservadas y caracterizadas de cuatro especies, la gran mayoría corresponden al maíz (Polanco y Flores, 2008).

Serratos (2009) con base en la información del catálogo LAMP (Latinoamerican Maize Project, 1991) informa que en dicho catálogo están registradas 943 colectas del estado de Puebla. Puebla figura entre los estados donde se encuentran localidades que poseen una gran diversidad de maíz. Las razas de maíz catalogadas para el Estado fueron las siguientes: Tuxpeño, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Olotillo, Bolita, Pepitilla, Mushito, Cacahuacintle, Palomero, Arrocillo Amarillo y Arrocillo (Serratos, 2009). Especialmente la raza Tuxpeño es importante por su alto potencial de rendimiento de grano; esta raza se distribuye principalmente en los estados de Veracruz y noroeste de Puebla a altitudes entre los 0-500 msnm, aunque ha mostrado una amplia adaptación a otras áreas (Wellhausen *et al.*, 1951; Caballero y Cervantes, 1990; Muñoz, 2005).

2.12.2. Conservación *in situ*

La conservación *in situ* puede definirse como el cuidado del hábitat natural y de las poblaciones de especies domesticadas o cultivadas, que se realiza en los campos de los agricultores. Asimismo, presta atención a las poblaciones vegetales silvestres que crecen en sus hábitats originales (Jarvis *et al.*, 2006; Gil, 2006b). Algunas ventajas de la conservación *in situ* mencionadas por los autores antes citados son: 1) Es la conservación tanto del material genético como de los procesos que incrementan la diversidad, 2) La sostenibilidad a largo plazo del trabajo de los mejoradores puede depender de la continua disponibilidad de variación genética, la cual puede mantenerse y desarrollarse en los campos de los agricultores, 3) La conservación *in situ* maneja un gran número de especies en un solo sitio.

En los últimos 15 años ha habido numerosos proyectos enfocados a promover la conservación *in situ* del maíz, fundamentalmente en el centro y sur de México. Cuando se habla de recursos genéticos de plantas cultivadas en este país mega diverso, es necesario hacer referencia a las áreas de temporal y los grupos étnicos que las habitan, lo que representa el 13 % de la población, además de otros campesinos y productores en general (Muñoz, 2005). El futuro de la diversidad del maíz está íntimamente ligado al futuro de la agricultura. Si bien la conservación *in situ* es fundamental y debe ser apoyada y sostenida, no solo son los campesinos mexicanos, con sus prácticas, conocimientos, ambientes y tecnologías diversas, los que mantienen esta diversidad, sino quienes están constantemente recreándola (Bellon *et al.*, 2009).

2.13. Diversidad étnica en México y su relación con el maíz

La población de México se ha distinguido a lo largo de la historia por su diversidad étnica. La CONAPO (2010) estima que el 12.5 % de la población del país es indígena. De acuerdo con el INEGI (2010), en México se encuentran 54 grupos étnicos (Figura 3), de los cuales cuatro se localizan en el estado de Puebla: Nahuas (447,797), Totonacas (106,559), Popolocas (16,576) y Mazatecos (16,045) (INEGI, 2010).

Según Chaudhary *et al.* (2006) la diversidad de especies nativas cultivadas se encuentra relacionada con algún grupo étnico. En este sentido, Miranda (2005) afirma que, sin duda, el maíz ha sido domesticado y dispersado por los grupos étnicos, desde la era del Neolítico y que la mayor proporción de la diversidad observada en el cultivo fue generada por la acción humana en los sistemas de producción agrícola ancestrales.

Para México, el maíz no es sólo un bien comercial, sino que constituye una expresión de relaciones que han permitido a las comunidades y los pueblos rurales de este país su subsistencia. Durante más de 300 generaciones, las comunidades rurales e indígenas mexicanas han sido los guardianes de los nichos ecológicos, brindando múltiples razas del maíz (Serratos, 2009). Este hecho es trascendental en la historia y la cultura de los mexicanos y un legado para la humanidad.



Figura 3. Grupos étnicos de México (<http://www.cdi.gob.mx>).

Se puede afirmar que la cultura indígena-campesina en las comunidades de los pueblos es un factor fundamental para la supervivencia y la diversidad del maíz. El maíz constituyó el soporte de la resistencia indígena durante más de 500 años, por lo que desde entonces el maíz y los pueblos indígenas y campesinos han tenido una relación muy estrecha, que ha convertido a los campesinos en guardianes de esa riqueza genética. El manejo del maíz por los campesinos y grupos étnicos en diferentes lugares de México es fundamental para la continuidad de la diversidad del cultivo (Serratos, 2009).

Muñoz (2005) expone las relaciones entre las razas de maíz y las diferentes culturas y grupos étnicos que se desarrollaron en México. A continuación se presenta un resumen de tal apartado: en la región Maya que comprende Chiapas y Guatemala, se encuentran el Nal-tel, Olotillo, Olotón, Tehua, Tepecintle, Vandeño y Comiteco. En la región de Oaxaca sobresalieron dos grandes culturas que fueron la Zapoteca y la Mixteca, donde su diversidad de maíz está representada por las razas Zapalote chico, Zapalote grande, Bolita, Mixteco y Mushito, entre otros. En la Vertiente del Golfo se encuentra un mosaico de culturas entre las que sobresale la Olmeca y la Totonaca, en esta región predominan los maíces de tipo Arrocillo Amarillo, Tuxpeño y Tuxpeño Norteño. Estas dos últimas son de las razas más estéticas, de las más productivas y las más extendidas en el ámbito tropical, no sólo nacional sino mundial. En el Altiplano Central, especialmente en el Valle de México, se desarrollaron los nahuas, los aztecas, los toltecas y los teotihuacanos; estas culturas dieron origen a los maíces Palomero Toluqueño, Cónico, Cacahuacintle, Pepitilla, Ancho y Chalqueño. Por otro lado, en la región Occidente que comprenden los estados de Michoacán, Nayarit, Jalisco, Colima, Sinaloa, Guerrero y Guanajuato existen los maíces Chapalote, Reventador, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Harinoso de Ocho, Maíz Dulce, Maíz Conejo, Cónico Norteño, Celaya y Jala (esta última representa las mazorcas más largas, mismas que han alcanzado hasta 71 cm de longitud); en estos Estados se establecieron los grupos étnicos Kikapú, Mazahuas, Tarahumaras, Huicholes, Yaquis, Puhépechas y Otomíes, que prevalecen hasta nuestros días.

Por toda la abundancia de variedades de maíz en México, el país se circunscribe en el mundo como un ente plurisocial y cultural, en donde las diversas manifestaciones religiosas y sociales del maíz se encuentran presentes a diario. Las razas de maíz y los grupos étnicos están relacionados entre sí en cada región (Aguilar *et al.*, 2003; Ortega, 2003). Las formas en

que los grupos étnicos usan el maíz tienen relación directa con la selección bajo domesticación (Hernández, 1972).

Dado que México es un país que presenta, entre otras cosas, una gran diversidad en el cultivo del maíz, preservada y mejorada por los agricultores, es necesario buscar estrategias que permitan, por una parte, cuantificar y catalogar tal variación para proteger dichos recursos fitogenéticos y a sus generadores, y por otra, emplearla en beneficio de los agricultores (Gil *et al.*, 2004).

2.14. Sistemas agrícolas tradicionales

El maíz es el cultivo más importante en el medio rural mexicano: se siembra en más de la mitad de la superficie cultivada del país (8 millones de hectáreas) por parte de entre 2.5 y 3 millones de agricultores anualmente. Su producción se lleva a cabo bajo dos modalidades distintas; por una parte, lo cultiva un gran número de pequeños agricultores campesinos, quienes lo producen para autoconsumo y venta a pequeña escala, principalmente en áreas de temporal, en sistemas donde se combinan técnicas prehispánicas, coloniales y modernas, aplicando algunos insumos industriales; las mayores superficies sembradas con maíz en esta variante se encuentran en la zona sub-húmeda tropical y en la templada húmeda y subhúmeda, generalmente en el centro-suroeste del país, con un 86 % de la superficie sembrada (Bellon *et al.*, 2009; Kato *et al.*, 2009). En contraste, en la otra modalidad se ubica un número relativamente pequeño de grandes agricultores que lo producen con fines puramente comerciales, pocas veces consumen directamente el producto, lo cultivan bajo riego, en las áreas de mejores tierras, con alta utilización de insumos industriales y altos rendimientos, principalmente en la parte norte del país con 14 % de la superficie sembrada (Polanco y Flores, 2008; Kato *et al.*, 2009).

Los pequeños agricultores utilizan sobre todo una gran diversidad de poblaciones nativas (variedades criollas), mientras que los agricultores comerciales comúnmente utilizan híbridos comerciales, producto del fitomejoramiento científico (Bellon *et al.*, 2009). La diversidad de poblaciones nativas de maíz continúa siendo la base de la agricultura campesina mexicana. Esta diversidad está asociada, por una parte, al uso de diversas partes de la planta del maíz, no sólo el grano para hacer tortillas y elaborar bebidas como el pozol. Dichas partes de la planta incluyen los tallos, las hojas o brácteas que cubren la mazorca —comúnmente llamadas totomoxtle— y que se destinan a diversos usos, como envoltura para tamales y

forraje para animales (Perales *et al.*, 2003; Bellon *et al.*, 2009). En las variedades nativas, la productividad no está dictada puramente por lo económico, sino ante todo por un complejo entramado de costumbres, conocimientos, gustos y necesidades de cada agricultor. Perales *et al.* (2003) mencionan que el maíz se produce desde el nivel del mar hasta los 3,000 m y a todo lo largo y ancho del país. Por otra parte, tal diversidad y adaptabilidad se relaciona con conocimientos y prácticas de manejo y cultivo por parte de los agricultores, como la selección de semillas de la cosecha, el flujo de semillas entre agricultores y la asociación de tipos específicos con ambientes particulares.

El sistema de agricultura tradicional cumple con dos funciones críticas: a) La conservación de la diversidad del germoplasma y b) La continua mejora y adaptación de las variedades nativas, a diversas y difíciles condiciones productivas (clima, falta de riego, suelos pobres y topografía desfavorable) que caracterizan a la agricultura de subsistencia o campesina (Gil *et al.*, 2004). Por ello es que Bellon *et al.* (2009) mencionan que el sistema tradicional de uso del maíz es dinámico y que en él se incorporan nuevos tipos de tecnologías y variedades mientras que otros se abandonan. Este proceso incluye la incorporación de variedades mejoradas, que son sometidas al mismo manejo que las variedades nativas, lo que da lugar a tipos adaptados localmente que los propios agricultores reconocen como “acriollados” y finalmente como criollos.

La diversidad de los maíces nativos o criollos se encuentra principalmente en donde imperan condiciones de temporal, esto sucede en los sistemas tradicionales que generalmente están desarrollados por uno o varios grupos étnicos, los cuales han resguardado este germoplasma hasta nuestros días (Kato *et al.* 2009). El principal sistema de cultivo con maíz en México es la milpa (Aguilar *et al.*, 2003). Según Chávez *et al.* (2004) “milpa es un término utilizado en México para referirse a la parcela donde se cultiva uno o varios cultivos”.

En las condiciones de agricultura tradicional es recomendable hacer trabajos de conservación *in situ* y con los métodos en los cuales participan fitomejoradores y campesinos (Ortega, 2003; Muñoz, 2005). Gil *et al.* (2004) mencionan que el fitomejoramiento se debe enfocar a las variedades nativas, las cuales no se están aprovechando en todo su potencial.

En la agricultura tradicional la mujer también desempeña un papel clave en el mejoramiento genético ya que, frecuentemente, es ella quien aparta las mazorcas para la siguiente siembra y

contribuye a mejorar la unidad de producción familiar. La selección de la semilla empieza en el campo cuando el agricultor se fija en plantas sobresalientes según sus criterios, continúa en poscosecha, a partir de las mazorcas y finaliza en el hogar, cuando la mujer participa (Kato, 2009; Aguilar *et al.*, 2003).

2.15. Usos principales del maíz

En los últimos 11 años, a nivel mundial se han producido en promedio 630.3 millones de toneladas de maíz al año, superando a las 584.3 millones de toneladas de trigo y 568.4 millones de toneladas de arroz. Para nuestro país, en el mismo período, la producción anual de maíz ha sido de alrededor de 19.1 millones de toneladas, teniendo un rendimiento anual promedio de 2.5 toneladas por hectárea. A pesar de esto, se importan alrededor de 5.8 millones de toneladas anuales, las cuales van en aumento cada año, principalmente de maíz amarillo para usos pecuarios (96 %) y el resto de grano blanco, lo que ubica a México en el cuarto lugar a nivel mundial en importaciones, siendo Estados Unidos el proveedor principal del grano. En México se tiene un consumo promedio anual de 24.6 millones de toneladas de maíz, quedando sin contar el quebrado y subproductos (Polanco y Flores, 2008). Para el ciclo 2011-2012, México se convirtió en el primer importador de maíz del mundo, pasando de 396 mil toneladas importadas en 1992 a 9.8 millones de toneladas para dicho ciclo (Díaz, 2012).

Sánchez *et al.* (1998) señalan que entre los cereales, el maíz es el cultivo más dinámico a nivel mundial en cuanto a usos se refiere, sostienen que tan sólo en consumo humano, industrial y forrajero se puede encontrar una gran gama de usos. Información proporcionada por el CIMMYT (2006) muestra que el 22 % del volumen de maíz producido mundialmente se destina para alimento humano y el 63 % para consumo animal. En la misma fuente se indica que estos valores son semejantes en América Latina, ya que el 29 % se usa como alimento humano y el 58 % para consumo animal. En el caso de México, según Polanco y Flores (2008), de las 19.1 millones de toneladas que se producen en promedio anualmente, el 55 % se destina al consumo humano, el 33 % al sector pecuario (especialmente para la producción de pollo y cerdo), 8 % a la industria y sólo el 1 % a semilla; el resto constituye las mermas.

Barros y Buenrostro (1997) consideran que la planta de maíz tiene un uso integral. Así, mientras el elote se usa para alimento, el grano se consume en forma de alimentos o productos industrializados; los estilos o cabellos del elote se emplean para preparar una

infusión diurética; las hojas secas de la mazorca o totomoxtle para envoltura de tamales o elaboración de artesanías (Esteva, 2003; Kato *et al.*, 2009); el olote, como combustible o materia prima de productos industrializados; el tallo, las hojas y granos frescos o secos, como forraje; y el hongo huitlacoche (*Ustilago maydis*) como alimento (Sánchez *et al.*, 1998).

De acuerdo con su uso, existen variedades de maíz forrajero así como para la producción de grano. Los granos de estas últimas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) Granos de color blanco: para la elaboración de cereales.
- b) Granos con alto contenido de carbohidratos: más aptos para la alimentación de animales.
- c) Granos de estructura cerosa: tienen un alto contenido de amilopectina; se utilizan como alimento para el ganado.
- d) Granos con alto contenido de azúcar: son aptos para la alimentación humana.
- e) Granos con alto contenido de aceite: se utilizan principalmente en la industria aceitera.
- f) Granos con alto contenido de proteína y lisina: Se usan tanto en la industria como en la alimentación humana.
- g) Granos con mayor proporción de almidón duro o cristalino: se utilizan para elaborar rosetas o palomitas (Parsons, 1991).

2.15.1. Consumo humano del maíz

El maíz ha tenido y sigue teniendo diversos usos. Uno de los hallazgos, además de la domesticación de la planta de maíz, fue el descubrimiento del proceso de nixtamalización (los granos de la mazorca se someten a cocimiento con cal) hace 2,000 años, con el cual, además del descubrimiento del comal, se creó la elaboración de tortillas y tamales, lo que representa un gran logro de las culturas mesoamericanas al diversificar aun más los usos cotidianos de este cereal (Iltis, 2000; Vargas, 2007). También se descubrieron decenas de usos complementarios para el consumo humano, como la elaboración de pinole, tamales, bebidas sagradas y muchos otros. Se cuenta con un sin número de recetas que toman a este producto como la materia prima en la gastronomía mexicana, ya que tan solo en el año de 1984 el Museo Nacional de Culturas Populares menciona que el maíz tiene múltiples usos que van mas allá de los alimentos. El maíz como alimento humano es usado en una gran variedad de formas, como es lógico, la mayor variación se encuentra en América Latina y África, donde es un alimento básico (Paliwal, 2001).

En muchas regiones, los campesinos acostumbran cultivar poblaciones bastante parecidas, que se diferencian por sus colores: blanco, amarillo, azul, rojo y diversas variantes. El maíz blanco se cultiva casi exclusivamente para consumo humano y principalmente para la elaboración de tortillas (Ortega, 2003). Anualmente se consumen alrededor de 11 millones de toneladas de maíz blanco en forma de tortillas, elaboradas ya sea mediante el proceso tradicional o utilizando harina de maíz (Polanco y Flores, 2008). El maíz amarillo sirve como alimento para los animales o para procesos industriales y el azul o morado para antojitos (Ortega, 2003). Con el maíz se pueden obtener sémolas, germen, aceite comestible, fibra dietética, entre otros (Ortega y Ochoa, 2003). El maíz azul es utilizado en procesos de cocimiento alcalino para elaboración de masa, totopos y botanas (Sánchez *et al.*, 1998). Los maíces de colores, excepto el blanco y amarillo, son producidos en pequeña escala en territorios marginados y principalmente para autoconsumo (Polanco y Flores, 2008).

Según cifras del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) en el año 2010, la producción de maíz de grano fue de 23,301,879 toneladas en el país. El maíz blanco representó 94.56 %, el maíz amarillo 4.89 % y otros colores 0.55 % del volumen de producción. La participación del maíz amarillo se ha incrementado durante los últimos años (Polanco y Flores, 2008).

2.15.2. Uso industrial

Según Polanco y Flores (2008), el maíz ha resultado ser una verdadera fábrica de productos industriales; por ejemplo, se utiliza para la producción de almidón, glucosa, dextrosa, fructuosa, aceites, botanas y etanol, entre otros. El maíz está, de una u otra forma, presente en la vida diaria de cientos o miles de millones de personas en el mundo, por lo cual lo han llamado “el grano de la humanidad” (Kato *et al.*, 2009). Uno de los productos que en los últimos años ha tenido gran importancia es la elaboración de etanol, el cual es un alcohol derivado de la fermentación del almidón del maíz que se utiliza principalmente como combustible de automóviles (Ortega y Ochoa, 2003; Esteva, 2003; Kato *et al.*, 2009).

El maíz blanco es aquel maíz que presenta un valor menor o igual a 5 % de maíces amarillos y que contenga como máximo 5 % de maíces oscuros (rojo, azul y morado). Un ligero tinte cremoso, pajizo o rosado, no influye para designarlo como blanco. Las industrias harineras y almidoneras prefieren este maíz debido al color blanco que imparte al producto terminado. En Estados Unidos es usado para hacer hojuelas de maíz y harinas gruesas. Usualmente el maíz

blanco tiene un precio mayor que el maíz amarillo. El maíz amarillo es procesado en la industria de almidón, ya que el gluten forrajero es muy codiciado por los ganaderos, debido a su contenido de carotenos (precursores de la vitamina A), lo que da la coloración final del producto. También se utiliza en la fabricación de frituras de maíz (González, 1995; Ortega y Ochoa, 2003). Actualmente la industria utiliza el maíz como forraje en la alimentación de grandes hatos y en la obtención de compuestos químicos que son comercializados en alimentos, medicinas y cosméticos (Kato *et al.* 2009).

2.15.3. Uso forrajero

La producción de forraje es una actividad agropecuaria esencial para el desarrollo de la ganadería, y en particular el que se obtiene del cultivo del maíz, ya que este cultivo por su diversidad genética se adapta a diferentes regiones del país, lo cual lo hace ser un cultivo dinámico para el uso forrajero (Tucuch *et al.*, 2011).

La planta de maíz es un excelente forraje para el ganado. En ambientes templados es comúnmente usado para hacer ensilaje. Por otro lado, en los trópicos la planta de maíz es usada como forraje en varios tipos de ganado. Muy a menudo, el maíz es considerado un cultivo de doble propósito, para forraje y para grano. Se utiliza como forraje en varias etapas del crecimiento de la planta, especialmente en el momento de la emisión de la espiga o más adelante. Los restos del maíz que quedan después de la cosecha también se usan como forraje, sobre todo las plantas que permanecen verdes y erectas después de la cosecha y que no están totalmente secas. En México y en América Central se cortan los tallos por encima de las mazorcas, cuando estas están bastante desarrolladas, para alimentar al ganado. Los tallos verdes que quedan después de la cosecha del maíz también son usados como forraje (Paliwal, 2001).

Según el SIAP (2010), la producción de maíz forrajero fue de 11,778,484 toneladas, la cual se obtuvo en 23 estados, de los cuales los más importantes fueron Jalisco, con un 26.57 %; Durango con un 12.39 %; Aguascalientes, con 9.26 %; el Estado de México, con 8.76 % y Chihuahua, con un 7.75 %. El resto del porcentaje es producido por 18 estados, entre los cuales está el de Puebla, con una producción de 199,054 toneladas.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Evaluación en campo

3.1.1. Colecta de material

La colecta se realizó durante los meses de mayo a septiembre de 2008 en los municipios de Tenampulco, Ayotoxco de Guerrero, Hueytamalco y San José Acateno, en la parte noreste del estado de Puebla (Figura 4).



Figura 4. Distribución de las localidades de colecta en los cuatro municipios estudiados en el trópico húmedo del estado de Puebla. Cada punto rojo representa una localidad de muestreo y los puntos verdes donde se establecieron los experimentos (Fuente: Elaboración propia).

La zona explorada se localiza entre los 20° 08' y 20° 12' LN y los 97° 19' y 97° 23' LO; la altitud de los cuatro municipios oscila entre los 10 y los 1,900 msnm. Las localidades de colecta se escogieron de manera tal que se muestrearán los tres tipos climáticos presentes en la región y los cuatro municipios. En cada localidad seleccionada se contactó a entre tres y cinco productores, a quienes se les solicitó una muestra de 10 mazorcas por cada tipo de maíz nativo que estuviera cultivando. Las mazorcas ya colectadas se desgranaron y limpiaron; se almacenaron temporalmente en Teziutlán y después se trasladaron a la Unidad Académica Huejotzingo del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Durante la colecta se aplicó un cuestionario (Anexo D) para captar diferentes aspectos relacionados con el uso y manejo de las poblaciones de maíz colectadas.

Producto de la colecta se reunieron 250 accesiones. Sin embargo, para fines de evaluación se decidió trabajar con las muestras procedentes de localidades con altitudes entre 80 y 400 metros (pues es en este estrato en el cual se espera encontrar a la raza de maíz Tuxpeño). De esta forma, se trabajó con un conjunto de 93 poblaciones nativas colectadas a altitudes de 93 a 372 msnm (Cuadro 2, Anexo A). Estos materiales se evaluaron conjuntamente con una accesión representativa de la raza Tuxpeño (Vera-39) TL00B-6903-23, proporcionada por el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y seis materiales mejorados: AF09A y AF07A (híbridos experimentales del CIMMYT, recomendados para la región); las variedades CP-560, CP-562 y CPVM-301 del Colegio de Postgraduados y el híbrido PROGRAMO 988, producido por la empresa Productores de Grano del Norte, incluido por su aptitud para la producción de totomoxtle.

Cuadro 2. Número de accesiones, coloración de grano de maíz y altitudes máximas y mínimas de colecta en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Municipio	Color del grano				Total de colectas	Altitud del sitio de colecta (msnm)	
	Blanco	Amarillo	Azul	Rojo		Mínimo	Máximo
Ayotoxco	14	5	5	5	29	181	352
Tenampulco	17	1	3	1	22	93	253
Acateno	17	1	3	0	21	151	319
Hueytamalco	17	2	2	0	21	143	372
Total	65	9	13	6	93		

En el Anexo A se muestra, para cada colecta escogida, la clave de identificación de la muestra, el municipio, la localidad de procedencia y el color del grano.

3.1.2. Diseño experimental

Para la evaluación se utilizó un diseño tipo láctice 10 x 10 con dos repeticiones (Martínez, 1988). Cada unidad experimental estuvo constituida por dos surcos de 5 metros de longitud por 0.8 metros de ancho, dejando un espacio de un metro de calle entre los dos surcos de cada parcela experimental. En cada unidad experimental se sembraron 66 semillas, depositando 3 semillas por mata para después aclarar y dejar un arreglo de 1:2:1:2 plantas/mata, el cual dejó un total de 34 plantas por unidad experimental.

3.1.3. Sitios experimentales

Se establecieron dos experimentos, uno en la localidad de Rancho Nuevo, perteneciente al municipio de Ayotoxco de Guerrero, ubicada a 20° 06' LN y 97° 25' LO y 250 msnm, y otro en la población de La Virgen, municipio de Hueytamalco, localizada a los 19° 56' LN y 97° 17' LO y 420 msnm (INEGI, 2010) (ver Figura 4). En estas localidades se presenta una temperatura media anual de 23 y 21 °C y una precipitación promedio anual de 3,000 y 2,550 mm, respectivamente (INEGI, 2009). Los tipos climáticos son el cálido húmedo Af(m) en la primera y el semicálido con lluvias todo el año AC(fm) en la segunda (García, 1973).

3.1.4. Precipitación pluvial y temperaturas máximas y mínimas

Durante el ciclo de cultivo Otoño-Invierno 2009-2010 se registraron datos termopluviométricos de los dos experimentos establecidos, tanto en la localidad de La Virgen, en el municipio de Hueytamalco, como en la localidad de Rancho Nuevo, perteneciente al municipio de Ayotoxco de Guerrero. La precipitación pluvial acumulada fue registrada semanalmente en milímetros, mientras que las temperaturas máximas y mínimas fueron registradas diariamente, en grados centígrados, con un data logger (*LogTag*[®], Modelo HAXO-8). El registro de los datos antes mencionados se inició a partir de los 31 días después de la siembra (dds). En la gráfica correspondiente a la localidad de La Virgen (Figura 5) se aprecia que la máxima precipitación semanal acumulada fue de 76.6 mm y se registró a los 31 días dds, en el mes de enero; mientras que durante el mes de abril no se registró precipitación alguna, coincidiendo con el periodo de floración de las poblaciones bajo estudio. Las temperaturas más altas se presentaron desde el mes de abril a la primera semana de julio, con una temperatura máxima de 38.4 °C, la cual se registró a los 206 dds; mientras que la temperatura mínima fue de 4.1 °C y se registró a los 80 dds, en el mes de febrero. El periodo de floración femenina en la localidad de La Virgen tuvo lugar entre los 100 y los 152

dds, con un intervalo de duración de 52 días y se ubicó entre la segunda semana del mes de marzo y la segunda semana de mayo.

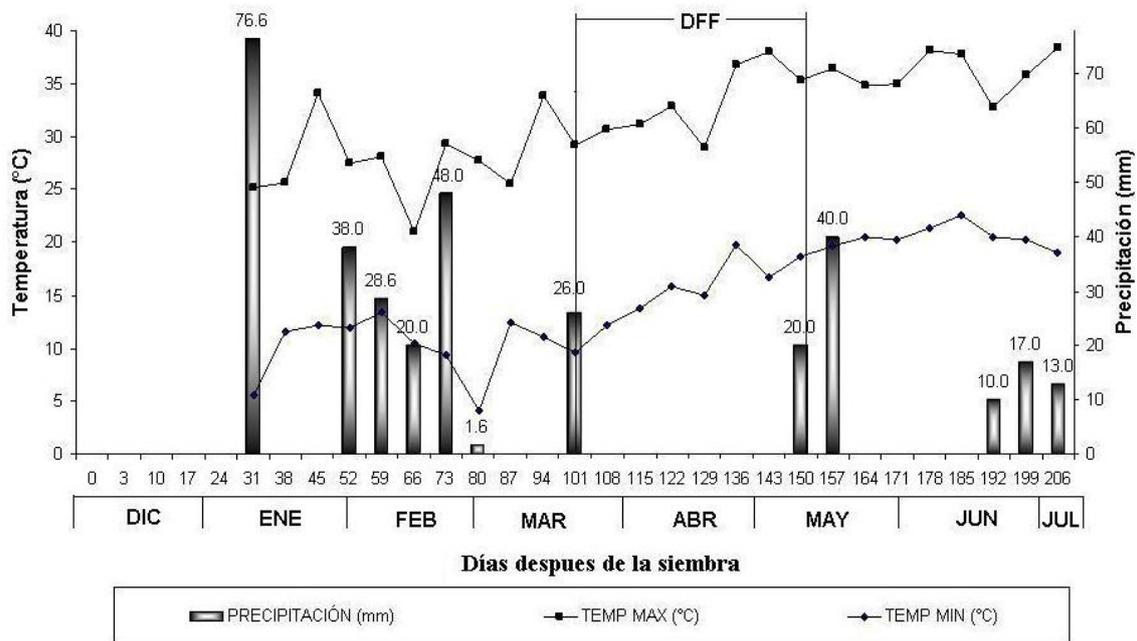


Figura 5. Relaciones termopluviométricas en la localidad de La Virgen, Municipio de Hueytamalco en el trópico húmedo poblano, en 2010.

De acuerdo con los datos de la localidad de Rancho Nuevo (Figura 6), la máxima precipitación semanal acumulada fue de 53.6 mm y se registró a los 157 dds, en el mes de mayo y, al igual que en la localidad de La Virgen, no se registró precipitación alguna durante el mes de abril, lo cual también coincidió con el periodo de floración.

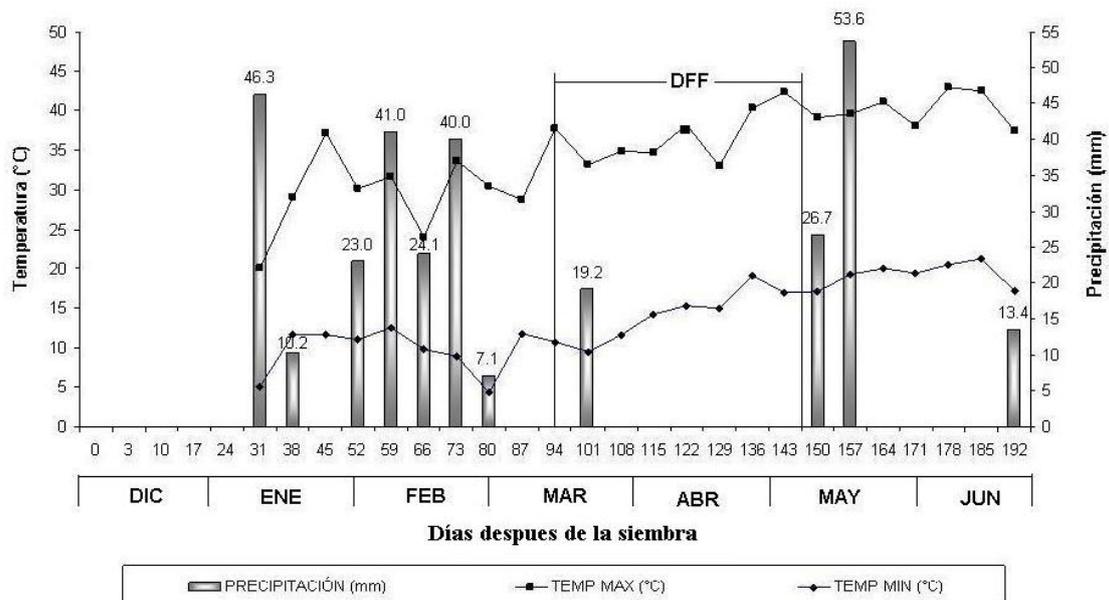


Figura 6. Relaciones termopluviométricas en la localidad de Rancho Nuevo, Municipio de Ayotlaxco de Guerrero en el trópico húmedo poblano, en 2010.

La temperatura máxima registrada fue de 42.9 °C y se presentó a los 178 dds, en el mes de junio y la temperatura mínima fue de 4.7 °C, registrándose a los 80 dds, en el mes de febrero. El periodo de floración femenina se presentó entre los 94 y los 146 dds, con una duración de 52 días, entre los meses de marzo y mayo. La duración del periodo de floración femenina fue similar en las dos localidades, pero en Rancho Nuevo se adelantó en seis días, este comportamiento pudo estar relacionado con el registro de temperaturas más altas en esta localidad (Figuras 5 y 6).

La siembra de los experimentos se realizó los días 9 y 10 de diciembre de 2009 (en Rancho Nuevo y La Virgen, respectivamente) en terrenos de “año con año”, con una pendiente menor al 10 %. Se sembró de acuerdo a las prácticas locales ya que no hubo remoción del suelo, se mantuvo el rastrojo de la siembra anterior (Figura 7A) y se esperó una lluvia moderada para poder sembrar bajo el siguiente procedimiento: en el lugar correspondiente a cada mata, con una coa (o “punzón”) se abrió un pequeño orificio en el suelo (a una profundidad de 10 cm) y en él se depositaron tres semillas cada 50 cm (Figura 7B). Los experimentos se desarrollaron exclusivamente bajo condiciones de temporal.



Figura 7. Siembra tradicional de maíz en el trópico húmedo poblano: A) Siembra directa sin remover el suelo y manteniendo el rastrojo de la cosecha anterior B) apertura del orificio de siembra con una coa o “punzón” para depositar las semillas de maíz.

3.1.5. Manejo agronómico de los experimentos

El manejo agronómico fue similar en los dos experimentos y se hizo de acuerdo con el manejo tradicional de cada agricultor. En la fertilización se empleó la dosis 128-92-00 (N-P-K), la cual se cubrió con dos fuentes de fertilizante: urea y fosfato diamónico. Se realizaron dos aplicaciones, la primera a los 70 días después de la siembra, en la cual se depositó la

mitad de nitrógeno y todo el fósforo, mientras que la segunda aplicación fue a los 120 días después de la siembra, solamente con nitrógeno. El control de plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera* spp.) y el gusano trozador (*Agrotis* spp.) se llevó a cabo a los 20 días después de la siembra, mediante la aplicación de un insecticida a base de cipermetrina, a una dosis de 250 ml/ha. Durante todo el ciclo se controló la maleza de forma manual, a fin de evitar la competencia de ésta con el maíz. La cosecha se realizó de manera manual, escogiendo primero cinco mazorcas con totomoxtle representativas de cada parcela, el resto se evaluó, se contó, se pesó y finalmente se regresó al agricultor. La cosecha tuvo lugar el 19 de junio de 2010 para la localidad de Rancho Nuevo, mientras que para la localidad de La Virgen fue el día 2 de julio del mismo año.

3.1.6. Variables cuantificadas

Considerando los trabajos de Alvarado (2010), Ángeles (2010), Hortelano (2010) y Herrera *et al.* (2000), por cada parcela experimental se registraron datos de caracteres vegetativos, agronómicos, de espiga, de totomoxtle, de mazorca y de grano; adicionalmente, se calcularon los índices señalados por Sánchez y Goodman (1992). Los datos para la mayoría de las variables que se midieron en campo, así como los de espiga, totomoxtle y mazorca fueron obtenidos de cinco plantas previamente seleccionadas y marcadas en cada parcela, tomando como criterio de selección el que fueran representativas fenotípicamente y que tuvieran competencia completa. Durante el desarrollo de los experimentos se midieron las siguientes variables:

3.1.6.1. Vegetativas

1. **Altura de planta y altura de la inserción de mazorca (ALTPL y ALTMZ):** Medidas en centímetros (cm), la primera desde el nivel del suelo hasta el punto en el cual inicia la ramificación de la espiga y la segunda hasta el nudo en el cual se ubicó la mazorca superior.
2. **Número de hojas abajo y arriba de la mazorca (NHARR y NHABA):** Contabilizadas poco después de que en la parcela se alcanzó el 50 % de floración masculina, considerando como punto de referencia la mazorca superior.

3.1.6.2. Agronómicas

3. **Días transcurridos a la ocurrencia del 50 % de floración masculina y femenina (DFM y DFF):** considerados como el número de días transcurridos desde la fecha de siembra

hasta el momento en el que el 50 % de las plantas de la parcela se encuentran en antesis (emisión de polen en las "espigas") y exposición de estilos de la inflorescencia femenina, respectivamente. Se determinó al contabilizar las plantas que alcanzaron esta etapa fenológica cada cinco días.

4. **Asincronía floral (ASFLO):** Representa la diferencia en días entre las dos floraciones. Se obtuvo al restar a los DFF los DFM.
5. **Porcentaje de plantas cuateras (PLCUAT):** Se contaron todas las plantas que presentaron más de una mazorca por planta en cada parcela. El conteo se llevó a cabo poco antes del día de cosecha. El valor de PLCUAT se obtuvo al dividir el número de plantas cuateras entre el número de plantas totales y multiplicar el resultado por 100.
6. **Número de mazorcas entre número de plantas totales (MAZPLAN):** Se obtuvo al dividir el número total de mazorcas cosechadas entre el número total de plantas antes de la cosecha.
7. **Peso del grano (PESGRANO):** Peso en gramos (g) del grano de la muestra de las cinco mazorcas.
8. **Peso del olote (PESOLOTE):** Peso en g de los olotes de la muestra de cinco mazorcas.
9. **Números de mazorca totales (TONUMAZ):** Número total de mazorcas cosechadas por parcela experimental.
10. **Factor de desgrane (FDES):** Representa la proporción de grano contenido en la muestra de cinco mazorcas. Calculado al dividir el peso de grano entre el peso de la muestra total (olote + grano).
11. **Porcentaje de materia seca (MASECA):** Se calculó al dividir el peso seco entre el peso húmedo de la muestra.
12. **Rendimiento (RENDHA):** Representa el rendimiento de grano por unidad de superficie expresado en kg ha^{-1} y fue calculado utilizando la fórmula siguiente:

$$RENDHA = \left(\frac{PCAMPO / 1000}{PLTOT} \right) (FHUM)(FDESG)(DPOB)$$

Donde:

RENDHA = Rendimiento

PCAMPO = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela experimental.

PLTOT = Número total de plantas por parcela experimental antes de la cosecha.

FHUM = Factor de humedad ($1 - \% \text{ de humedad} / 0.86$).

FDES = Factor de desgrane.

DPOB = Densidad de población en miles de plantas por unidad de superficie.

13. **Calificación de aspecto de planta en verde (ASPL):** Esta es una calificación que se le otorga a cada parcela poco después de concluida la etapa de floración. Dicha calificación se asigna en función del aspecto de las plantas que constituyen la parcela considerando sanidad, vigor y coloración principalmente. Se emplea una escala con valores de 1 a 5, donde 1 corresponde a un excelente aspecto de planta y 5 a un aspecto de planta deplorable.
14. **Calificación de aspecto de planta a la cosecha (CALPL):** A cada parcela y poco antes de iniciar la cosecha, se le otorga una calificación con base en el aspecto general de las plantas a esa fecha; se considera el estado final de las plantas en cuanto a uniformidad en altura, permanencia de inflorescencias masculinas (espiga) y de hojas completas, acame y sanidad principalmente. La escala empleada tiene como límites los valores 1 a 5, con incrementos de 0.5; el valor 1 corresponde a buen aspecto y 5 a mal aspecto.
15. **Calificación de aspecto de mazorca (CALMZ):** Calificación asignada al momento de la cosecha a la calidad de la mazorca producida por una parcela; se considera la uniformidad en el tamaño de la mazorca, la presencia de pudriciones, de problemas de llenado de grano, de ataque de insectos y la existencia de granos germinados. Se aplica la escala 1 a 5.

3.1.6.3. De la espiga

Las siguientes variables se obtuvieron de cinco espigas, las cuales se cortaron una vez que se alcanzó el 50 % de floración masculina en cada parcela experimental.

16. **Longitud total de la espiga (LONTOL):** Distancia medida en cm desde el punto donde sufre una curvatura el pedúnculo de la espiga hasta el ápice de la rama central (distancia AD, Figura 8).
17. **Longitud de la parte ramificada de la espiga (LORA):** Distancia en cm existente entre el punto de inserción de la rama basal y el ápice de la rama superior, incluida la rama central (distancia AC, Figura 8).
18. **Longitud de la rama central (LORACE):** representada por la distancia AB en la Figura 8.
19. **Longitud del pedúnculo (LONPED):** Distancia en cm desde el punto de inserción de la rama basal hasta el punto donde sufre una ligera curvatura el eje de la espiga. Se calculó restando a la longitud total de la espiga la longitud de la parte ramificada (distancia CD, Figura 8).

20. **Número de ramas de la panícula (NRAM)**. Se contó el número de ramas de la panícula incluyendo la rama central.

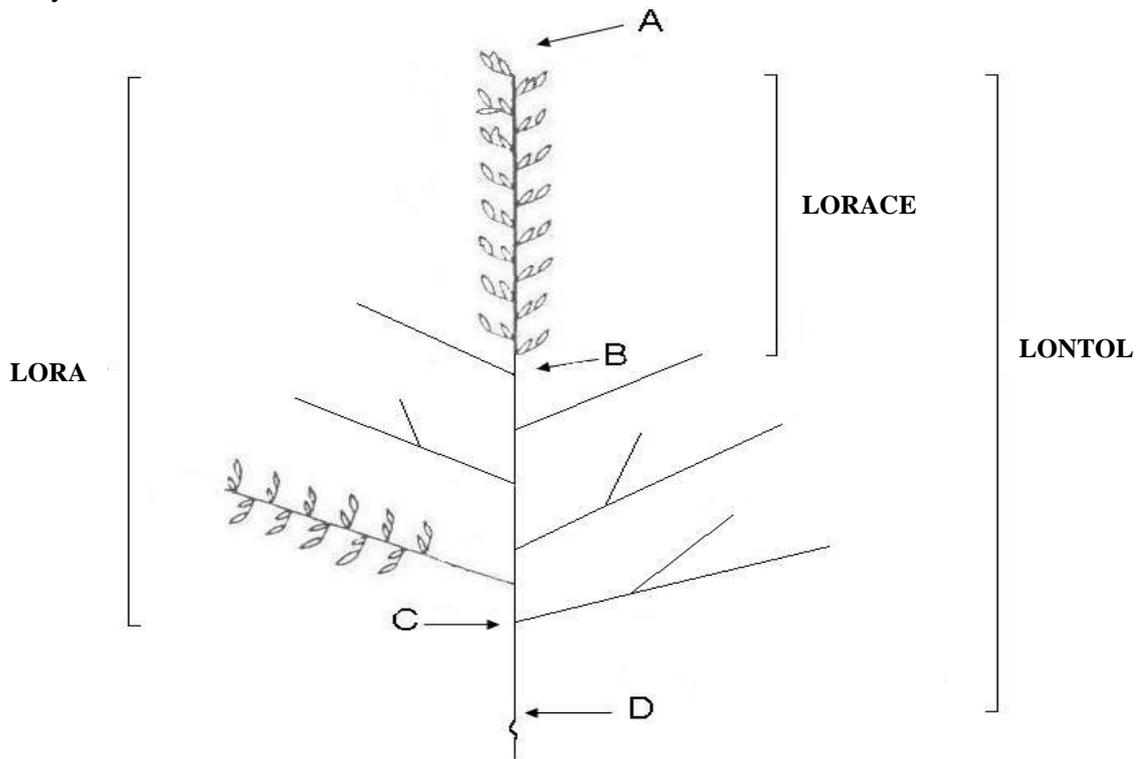


Figura 8. Diagrama de una espiga de maíz. A: ápice, B: inicio de la rama central, C: inicio de la parte ramificada, D: curvatura del pedúnculo

3.1.6.4. Del totomoxtle

Las variables de totomoxtle se obtuvieron de una muestra de cinco mazorcas por cada parcela experimental. Todas las distancias son expresadas en cm.

21. **Longitud del totomoxtle de la mazorca (LONTOT):** Distancia desde la base de la mazorca hasta la punta del totomoxtle.
22. **Cobertura del totomoxtle de la mazorca (COBTOT):** Distancia desde el ápice de la mazorca hasta la punta de totomoxtle.
23. **Ancho de la hoja que cubre la mazorca (ANCH).** Ancho de la hoja (cm) que envuelve y cubre de forma total a la mazorca; el ancho se midió en el tercio interior de la hoja.
24. **Longitud de la hoja (LONH):** Distancia desde la base de la hoja hasta el ápice de la misma y fue medida en la hoja que envuelve y cubre de forma total a la mazorca. Esta hoja debe de ser la misma de las dos variables anteriores.
25. **Números de hojas o brácteas (NBRAC):** Se contó el número de hojas totales en el totomoxtle de cada mazorca.
26. **Peso del totomoxtle (PTOT):** Peso en g del totomoxtle de cada mazorca.

3.1.6.5. De la mazorca

27. **Peso de la mazorca (PMAZ):** Peso en g de cada mazorca sin desgranar.
28. **Longitud de mazorca (LONMAZ):** Distancia en cm entre la base de la mazorca y el ápice de la misma.
29. **Diámetro de mazorca (DIMA):** Grosor de la mazorca en la parte central. El diámetro fue medido en cm con un vernier digital (Mitutoyo®, Modelo CD-6 PSX).
30. **Número de hileras (NHIL):** Número de hileras de granos contabilizados en la parte central de cada mazorca.
31. **Numero de granos por hileras opuestas (NGRA).** Numero de granos existentes en dos hileras opuestas, representativas de cada mazorca.
32. **Diámetro de olote (DIAOL):** Grosor en cm del olote en la parte central.

3.1.6.6. Del grano

De cada mazorca se seleccionaron 10 granos tomados de la parte central de una hilera representativa. En ellos se midieron las tres primeras variables.

33. **Grosor de grano (GROGR):** Se midió en cm con un vernier digital el espacio que ocupan los 10 granos seleccionados todavía insertados en la mazorca; el dato obtenido se dividió entre 10 para obtener el promedio por grano.
34. **Ancho de grano (ANGR):** Se acomodaron los 10 granos mencionados lado a lado, por su cara más ancha y de manera consecutiva. Sobre una regla se midió en cm el ancho total y el dato se dividió entre 10 para obtener el promedio por grano.
35. **Longitud de grano (LONGR):** Los mismos 10 granos se acomodaron en línea recta, base con punta, de forma consecutiva. Sobre una regla se midió en cm el largo total y el valor obtenido se dividió entre 10 para obtener el promedio por grano.
36. **Volumen de grano (VOGR):** Se obtuvo al multiplicar el largo por el ancho por el grosor de grano.
37. **Peso de 100 granos (P100GR):** Peso en g de 100 granos de cada mazorca.

3.1.6.7. Índices

Los índices calculados por división fueron los siguientes:

38. **Altura de planta entre altura de mazorca (APAM).**
39. **Hojas abajo entre hojas arriba (HAHA).**
40. **Altura de planta entre longitud total de la espiga (PLANESPI).**

41. **Altura de planta más longitud de espiga entre longitud de espiga (PLESPESP):** Se sumó la altura de planta más la longitud total de la espiga y el resultado se dividió entre la longitud total de la espiga.
42. **Longitud del pedúnculo de la espiga entre longitud total de la espiga (PEDULON).**
43. **Longitud de la parte ramificada de la espiga entre longitud total de la espiga (PARALON).**
44. **Longitud de la rama central entre longitud total de la espiga (RACELON).**
45. **Longitud de mazorca entre diámetro de mazorca (LMDM).**
46. **Longitud del grano entre ancho del grano (LONANCH).**
47. **Longitud de grano entre grosor de grano (LONGRO).**
48. **Grosor de grano entre ancho del grano (GRAN).**

3.1.7. Análisis estadísticos

3.1.7.1. Análisis de varianza

Para cada experimento se realizó un análisis de varianza y para las dos localidades se practicó un análisis combinado. En los análisis de varianza individuales se usaron los promedios por parcela de cada variable, bajo un diseño de bloques al azar, para determinar el nivel de significancia de las fuentes de variación ‘localidad’ (LOC) y ‘poblaciones’ (POBL); en el caso de los análisis combinados, se agregó la fuente de variación “localidad × poblaciones” (LOC×POBL). Donde procedió, se recurrió a un análisis de medias para identificar los tratamientos superiores usando la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad. El modelo lineal aditivo utilizado en los análisis individuales fue el siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \mathcal{E}_{ij}$$

$$i: 1, 2, \dots, t$$

$$j: 1, 2, \dots, r$$

Donde:

Y_{ij} = Es el valor observado de la característica en estudio.

μ = Es la media general del experimento.

α_i = Es el efecto del tratamiento i .

β_j = Es el efecto del bloque j .

\mathcal{E}_{ij} = Es el error experimental observado en la medición del tratamiento i en el bloque j .

Es conveniente señalar que los experimentos se tuvieron que analizar bajo el diseño de bloques al azar debido a la presencia de datos faltantes, generados por aquellas parcelas donde no germinó una sola planta. La presencia de datos faltantes imposibilita la conducción de un análisis estadístico bajo el diseño látice.

El análisis combinado se efectuó para determinar los efectos de la interacción población por localidad en las variables estudiadas. Este análisis se hizo considerando un diseño en bloques completos al azar. Las fuentes de variación consideradas fueron localidades (LOC), poblaciones (POBL) y la interacción población \times localidad (POBL \times LOC). El modelo lineal aditivo aplicado en este análisis de varianza combinado (Martínez, 1988) fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_{kj} + \gamma_i + (\alpha\gamma)_{ji} + \mathcal{E}_{ijk}$$

$i: 1,2,\dots,t$
 $j: 1,2,\dots,q$
 $k: 1,2,\dots,r$

Donde:

Y_{ijk} = Es el valor observado de la característica en estudio en la localidad j , en el bloque k y el tratamiento i .

μ = Es la media general del experimento.

α_j = Efecto de la localidad j .

β_{kj} = Es el efecto del bloque k , anidado en la localidad j .

γ_i = Es el efecto del tratamiento i .

$(\alpha\gamma)_{ji}$ = Efecto de la interacción entre el i -ésimo genotipo y el j -ésimo ambiente.

\mathcal{E}_{ijk} = Es el error experimental observado sobre la unidad experimental (ijk).

Se realizó un análisis de correlación simple, a partir del cual se identificaron aquellas variables altamente correlacionadas ($|\geq 0.7|$) y de cada par se escogió aquella variable que se consideró más informativa. Así, de 51 caracteres medidos, (48 en el listado, de las cuales las primeras tienen dos variables) sólo se consideraron 21 variables para el análisis multivariado.

3.1.7.2. Análisis de componentes principales (ACP) y de conglomerados (ADC)

Con los valores promedio por población a través de ambientes y con las 21 variables previamente seleccionadas, se generó la matriz de datos para el análisis de componentes principales (Jarvis *et al.*, 2006). A partir de la información generada, se ubicó a las

poblaciones en un plano tridimensional, cuyos ejes fueron los tres primeros componentes principales. Adicionalmente se condujo un análisis de conglomerados (Franco e Hidalgo, 2003), recurriendo para ello al cálculo de la matriz de distancias euclidianas. El dendrograma correspondiente se obtuvo utilizando el método de agrupamiento de mínima varianza dentro de grupos de Ward. Para mejorar la presentación de la figura se utilizó el coeficiente de determinación como escala de disimilitud entre conglomerados (Mohammadi y Prasanna, 2003). Todos los análisis se realizaron con el programa Statistical Analysis System (SAS) versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

3.1.8. Descripción de la raza Tuxpeño

Para precisar el nivel de correspondencia de las poblaciones de maíz nativo con el tipo racial Tuxpeño, se tomó como base la descripción de la raza hecha por Wellhausen *et al.* (1951), quienes le asignaron las siguientes características: altura de planta, 2.7 m; número de hojas arriba de la mazorca, seis; longitud total de la espiga, 42.6 cm; longitud del pedúnculo, 5.1 cm; longitud del segmento ramificado, 14.4 cm; número de ramas primarias, 22. La mazorca es cilíndrica con una longitud de 19.7 cm, diámetro de 4.4 cm, con 12.6 hileras en promedio y 16 brácteas. El grano tiene un ancho de 9.3 mm, grosor de 3.7 mm y largo de 12.8 mm. Presenta 118 días al 50 % de floración femenina. La comparación también se hizo con el testigo racial Tuxpeño (Vera-39) incluido en el experimento.

3.2. Encuestas

3.2.1. Recolección de información

Los agricultores proveedores del germoplasma evaluado en campo, fueron encuestados con preguntas abiertas y cerradas, mediante una entrevista prediseñada (Anexo D) que se aplicó al momento de la colecta de maíz. Por lo tanto, el tamaño de muestra fue el mismo que para los materiales evaluados en campo; esto es, se tuvieron 93 cuestionarios. Los aspectos incluidos en el cuestionario incluyeron la identificación de la procedencia del material, donador, la ubicación en coordenadas geográficas de la parcela, los usos que tiene el maíz nativo, las fechas de siembra y de cosecha, procedencia de la semilla, entre otras características de los materiales. La aplicación de las encuestas se realizó entre los meses de abril a septiembre del año 2008.

3.2.2. Sistematización y análisis de la información de las encuestas

Cada pregunta de las encuestas realizadas (Anexo D) fue contabilizada y en la mayoría de los casos, se juntó con otras preguntas relacionadas entre sí, para formar agrupaciones de preguntas que puedan dar más elementos para aclarar las respuestas y así mismo presentar los resultados con mayor precisión. Además, también se realizaron gráficas con el total de respuestas de algunas secciones de preguntas. Con la información obtenida en las encuestas se procedió a hacer una revisión de datos de los cuestionarios aplicados, se realizó la codificación y se capturó la información en forma electrónica en hoja de cálculo de Excel®. Posteriormente se procedió al análisis estadístico de la información, la cual fue procesada a través de herramientas de estadística descriptiva recurriendo al programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, Inc. 2006), versión 15.0.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diversidad morfológica de los maíces nativos del trópico húmedo poblano

4.1.1. Análisis de varianza de la localidad de La Virgen

El análisis de varianza de los datos del experimento establecido en La Virgen (LOC 1) (Anexo B), reveló la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$) entre poblaciones en 42 de las 51 variables registradas (82 %); estas variables comprendieron caracteres vegetativos, agronómicos, de mazorca, de grano de totomoxtle y algunos índices calculados. La identificación de diferencias estadísticamente significativas entre poblaciones para la mayoría de las variables es un indicador de la existencia de diversidad genética entre las poblaciones de maíz nativo evaluadas en esta localidad.

4.1.2. Análisis de varianza de la localidad de Rancho Nuevo

El análisis de varianza de la información obtenida en la localidad de Rancho Nuevo (LOC2) en el municipio de Ayotoxco de Guerrero (Anexo B), permite observar que en 47 de 51 variables registradas (92 %) se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$) entre poblaciones y, como en el caso de la localidad de La Virgen, esas variables se distribuyeron en las diferentes categorías de caracteres analizados. Estos resultados indican la existencia de diversidad genética entre las poblaciones evaluadas en la localidad de Rancho Nuevo.

4.1.3. Análisis de varianza combinado

El análisis de varianza combinado (Cuadro 3) reveló diferencias estadísticamente significativas ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$) entre las poblaciones (POBL) evaluadas en 47 variables (92 %). También se detectaron diferencias significativas estadísticamente ($P \leq 0.01$ y $P \leq 0.05$) entre localidades (LOC) en 48 variables (94 %). En cuanto a la interacción poblaciones \times localidades (POBL \times LOC), ésta fue significativa estadísticamente en 22 variables (43 %). Los resultados anteriores indican la existencia de diversidad genética en el conjunto de las poblaciones nativas de maíz del trópico húmedo poblano, así como entre las localidades donde éstas fueron evaluadas, existiendo un comportamiento diferencial de las poblaciones en la expresión de algunas características al modificarse el ambiente de evaluación. Por otro lado, las variables ASFLO, PLCUAT y RENDHA, presentaron los valores más altos en el coeficiente de variación con 39.3, 132.8 y 43.8 %, respectivamente.

Cuadro 3. Concentrado de análisis de varianza combinado de las poblaciones de maíz nativo evaluadas en dos localidades del trópico húmedo poblano.

N°	VARIABLES	FUENTE DE VARIACIÓN				
		LOC	POBL	POBL×LOC	ERROR	CV
I. CARACTERES VEGETATIVOS						
1	Altura de planta (ALTPL)	39209.34**	3493.53**	415.81ns	340.20	6.95
2	Altura de mazorca (ALTMZ)	5019.44**	2394.07**	300.26 *	222.55	9.71
3	Hojas arriba de la mazorca (NHARR)	1.45**	0.51**	0.10ns	0.09	5.28
4	Hojas abajo de la mazorca (NHABA)	16.43**	3.30**	0.49ns	0.40	7.81
5	Calificación de aspecto de planta (ASPL)	6.13**	0.82**	0.30ns	0.23	12.73
6	Calificación de planta cosechada (CALPL)	191.34**	0.31ns	0.29**	0.12	8.33
7	Calificación de mazorca (CALMZ)	111.16**	0.52**	0.29 *	0.21	13.83
II. CARACTERES AGRONÓMICOS						
8	Días a floración masculina (DFM)	11662.24**	117.593**	25.436**	16.499	3.35
9	Días a floración femenina (DFF)	18037.34**	178.545**	34.979**	22.455	3.74
10	Asincronía floral (ASFLO)	799.00**	11.985**	5.708ns	5.022	39.34
11	Porcentaje de plantas cuateras (PLCUAT)	7410.30**	44.989ns	45.659ns	35.964	132.87
12	Peso del grano (PESGRANO)	403829.34**	804.104**	400.016ns	323.894	25.25
13	Peso del olote (PESOLOTE)	9105.11**	30.029**	15.829**	9.233	22.30
14	Número de mazorcas totales (TONUMAZ)	7030.82**	174.600**	42.898**	27.383	34.95
15	Factor de desgrane (FDES)	0.13**	0.007**	0.001 *	0.001	4.02
16	Porcentaje de materia seca (MASECA)	0.08**	0.004 *	0.003ns	0.002	5.48
17	Rendimiento (RENDHA)	240441231**	1613238**	855925**	304562	43.87
III. CARACTERES DE LA ESPIGA						
18	Longitud total (LONTOL)	5068.44**	65.66**	30.85ns	23.78	7.83
19	Longitud ramificada (LORA)	1890.05**	47.67**	19.84ns	17.24	9.80
20	Longitud de rama central (LORACE)	956.83**	24.93**	13.87 *	10.15	11.41
21	Longitud del pedúnculo (LONPED)	186.64**	10.94**	6.18 *	4.42	10.06
22	Número de ramas (NRAM)	155.84**	25.11**	8.21ns	6.49	13.78
IV. CARACTERES DE TOTOMOXTLE						
23	Longitud del totomoxtle (LONTOT)	1290.29**	11.67**	4.50 *	3.12	7.31
24	Cobertura del totomoxtle (COBTOT)	60.79**	5.15**	2.57ns	2.75	18.18
25	Ancho de la hoja (ANCH)	1705.79**	4.66**	2.68ns	2.07	8.99
26	Longitud de la hoja (LONH)	1295.97**	14.28**	4.15ns	3.13	6.74
27	Número de brácteas (NBRAC)	13.12 *	6.34**	3.07ns	2.81	14.77
28	Peso del totomoxtle (PTOT)	34687.56**	155.70**	76.21 *	53.25	25.95
V. CARACTERES DE LA MAZORCA						
29	Peso de la mazorca (PMAZ)	564796.70**	886.65**	509.48 *	369.13	22.20
30	Longitud de la mazorca (LONMAZ)	1683.97**	5.82**	2.69 *	1.94	9.57
31	Diámetro de la mazorca (DIMA)	45.22**	0.20**	0.06ns	0.07	7.25
32	Número de hileras (NHIL)	63.02**	3.54**	1.38 *	1.01	8.61
33	Número de granos por hileras (NGRA)	8174.84**	74.09**	23.67ns	21.34	15.79
34	Diámetro del olote (DIAOL)	7.67**	0.19**	0.03ns	0.03	8.54
VI. CARACTERES DEL GRANO						
35	Grosor de grano (GROGR)	0.0005ns	0.010**	0.002ns	0.002	12.89
36	Largo de grano (LONGR)	2.1299**	0.016**	0.007**	0.004	6.43
37	Ancho de grano (ANGR)	0.2095**	0.006**	0.003**	0.001	4.92
38	Peso de 100 granos (P100GR)	11400.9231**	35.138**	21.492**	13.427	15.44
VII. ÍNDICES						
39	Altura de planta/mazorca (APAM)	0.187368**	0.118**	0.013**	0.009	5.40
40	Hojas abajo/hojas arriba (HAHA)	1.051883**	0.089**	0.024 *	0.017	9.17
41	Longitud mazorca/diámetro (LMDM)	15.285470**	0.647**	0.206ns	0.213	11.59
42	Longitud grano/ancho (LONANCH)	1.115469**	0.035**	0.006ns	0.006	6.51
43	Altura de planta/espiga (PLANESPI)	3.941439**	0.803**	0.234ns	0.204	10.54
44	Pedúnculo espiga/longitud (PEDULON)	0.034022**	0.002**	0.001ns	0.001	11.45
45	Parte ramificada/longitud (PARALON)	0.005523ns	0.002ns	0.002ns	0.001	6.34
46	Rama central/longitud (RACELON)	0.000002ns	0.003**	0.002ns	0.001	9.39
47	Longitud/grosor de grano (LONGRO)	12.223776**	0.739**	0.140ns	0.141	13.80

Cuadro 3. Continuación...

48	Grosor/ancho del grano (GRAN)	0.058289**	0.017**	0.004ns	0.004	13.68
49	Volumen de grano (VOGR)	0.460724**	0.007**	0.003 *	0.002	14.05
50	Mazorcas/plantas (MAZPLAN)	8.238087**	0.149ns	0.121ns	0.092	37.30
51	Planta+longitud/longitud (PLESPESP)	3.941439**	0.803**	0.234ns	0.204	8.55

Grados de libertad para localidad = 1, para genealogía = 99, para pobl×loc = 99 para las variables TONUMAZ DFM ASPL CALPL ALTPL ALTMZ NHARR NHABA APAM HAHA PLCUAT MAZPLAN LONTOL LORA PEDULON PARALON LORACE RACELON LONPED NUMRA PLANESPI PLESPESP, 98 para las variables DFF ASFLO FDES MASECA RENDHA, 97 para las variables LONTOT ANCH LONH NBRAC PMAZ COBTOT PTOT LONMAZ DIMA NHIL GROGR LONGRAN DIAOL PESGRANO PESOLOTE LMDM LONANCH LONGRO GRAN VOGR NGRA P100GR y 96 para las variables CALMZ, para el error = 198 para las variables TONUMAZ, 195 para las variables DFM ASPL CALPL ALTPL ALTMZ NHARR NHABA APAM HAHA, 194 para las variables DFF ASFLO PLCUAT MAZPLAN, 191 para las variables FDES MASECA, 189 para la variable RENDHA, 187 para las variables LONPED NUMRA, 186 para las variables LONMAZ DIMA NHIL GROGR LONGRAN DIAOL PESGRANO PESOLOTE LMDM LONANCH LONGRO GRAN VOGR, 185 para la variable NGRA, 184 para las variables LONTOL LORA PEDULON PARALON PTOT P100GR, 182 para las variables LORACE RACELON LONTOT ANCH LONH NBRAC PMAZ PLANESPI PLESPESP, 181 para la variable COBTOT, 160 para las variables CALMZ.

** = Diferencias significativas ($P \leq 0.01$), * = Diferencias significativas ($P \leq 0.05$), ns = Diferencias no significativas. POBL = Población, LOC = Localidad, POBL×LOC = Población×Localidad, Error = cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de Variación.

En este estudio se encontró que las variables que permiten detectar diferencias entre poblaciones de maíz son en su mayoría caracteres morfológicos de las estructuras reproductivas femeninas, mientras que los caracteres de espiga constituyen una buena proporción de las variables consideradas para caracterización varietal debidos, precisamente a que pueden ser de utilidad para diferenciar poblaciones. Al respecto Goodman y Paterniani (1969) mencionan que los caracteres elegidos para estudios taxonómicos numéricos deben ser aquellos que estén menos sujetos a la interacción con el medio ambiente. Según Herrera *et al.* (2000) las variables más importantes para determinar diferencias entre maíces son los caracteres morfológicos, específicamente los caracteres de mazorcas, debido a que son menos afectados por los factores ambientales y la interacción, mientras que los caracteres de la espiga fueron medianamente afectados y los caracteres vegetativos fueron los más afectados. En relación a lo anterior, los datos del Cuadro 3 coinciden con lo reportado por Hortelano *et al.* (2008) para la diversidad encontrada en poblaciones de maíz en el Oriente del estado de Puebla. En cuanto a localidades y la interacción de localidades × poblaciones, los resultados son similares al análisis de varianza reportado por Ángeles *et al.* (2010) en maíces nativos de Molcaxac, Puebla. Muñoz (2005), comprobó la existencia de una gran diversidad de formas y coloraciones en maíces nativos encontrada en el nicho ecológico comprendido entre los municipios de Ayotoxco de Guerrero, Hueytamalco y San José Acateno. Lo anterior evidenció que en el trópico húmedo poblano, especialmente en la zona de este estudio, hay una diversidad genética de maíz nativo expresada en una amplia variación morfológica.

4.1.4. Análisis de componentes principales

Se realizó el análisis de correlación simple, a partir del cual se identificaron aquellas variables altamente correlacionadas ($|\geq 0.7|$) y de cada par se escogió aquella que se consideró más informativa. Así, de 51 caracteres medidos, sólo se consideraron 21 variables para el análisis multivariado. Con los promedios por población a través de ambientes de las 21 variables seleccionadas se generó la matriz de datos para el análisis de componentes principales (Jarvis *et al.*, 2006); con esta información se ubicó a las poblaciones en un plano tridimensional, cuyos ejes fueron los tres primeros componentes principales. El análisis de componentes principales (Cuadro 4) reveló que con los tres primeros componentes se explicó un 54 % de la variación fenotípica observada en las poblaciones; la contribución individual de cada uno de ellos fue de 22.9 % para el primer componente (CP1), de 19.8 % para el segundo (CP2) y de 11.2 % para el tercero (CP3).

Cuadro 4. Valores propios de los seis primeros componentes principales (CP) en la caracterización de 93 poblaciones de maíz nativo en el trópico húmedo poblano.

Componentes principales	Valores propios	Proporción explicada	Proporción Acumulada
1	4.8207	0.2296	0.2296
2	4.1701	0.1986	0.4281
3	2.3656	0.1126	0.5408
4	2.0702	0.0986	0.6394
5	1.6131	0.0768	0.7162
6	1.1278	0.0537	0.7699

Los resultados de los componentes principales son semejantes a lo encontrado por Hortelano *et al.* (2008) con 21 variables morfológicas, donde el primer componente principal cuenta con 34.5 %, el segundo con 21.2 % y el tercero con 15.2 % de la variación explicada. Mientras tanto, en los estudios de López *et al.* (2005) con 18 variables el primer y segundo CP contaron para un 52 y 17 % de variación explicada, respectivamente; por otro lado, lo reportado por Ángeles *et al.* (2010) incluye los tres primeros CP con una contribución explicativa de 25.9, 20.8 y 11 % de la variabilidad, contando con 19 variables. En el segundo y tercer componente de los tres autores antes mencionados junto con los datos aquí reportados están relacionados en mayor o menor proporción con variables de grano. Esto también tiene una similitud con lo reportado por Herrera *et al.* (2004), al estudiar la diversidad del maíz Chalqueño.

De acuerdo con la magnitud de los vectores propios (Cuadro 5), para el CP1 las variables originales con mayor peso fueron: días a floración femenina, longitud ramificada y número de ramas de la espiga, los índices de altura de planta entre altura de mazorca, hojas abajo entre hojas arriba de la mazorca superior y longitud de mazorca entre diámetro de la misma. En el CP2, fueron número de granos de hileras opuestas, factor de desgrane, los índices grosor entre ancho de grano y el volumen de grano. El CP3 estuvo fuertemente influido por diámetro de la mazorca y ancho de grano. El segundo y tercer componente principal se relacionó en mayor o menor proporción con variables de grano, tanto en los trabajos de los tres autores antes mencionados como en el aquí presentado. Esto también tiene una similitud con lo reportado por Herrera *et al.* (2004), al estudiar la diversidad del maíz Chalqueño.

Cuadro 5. Vectores propios de 21 variables originales, en relación con los tres primeros componentes principales (CP), en la caracterización de 93 poblaciones de maíz nativo en el trópico húmedo poblano.

Variables de los tres primeros componentes principales	CP1 [4.82] ¹ (22.9 %) ²	CP2 [4.17] ¹ (19.8 %) ²	CP3 [2.36] ¹ (11.2 %) ²
Días a floración femenina (DFF)	0.352 ³	0.02	-0.114
Hojas arriba de la mazorca (NHARR)	0.214	0.164	0.27
Longitud ramificada (LORA)	0.303	0.139	-0.205
Longitud del pedúnculo (LONPED)	-0.005	-0.065	-0.216
Número de ramas (NRAM)	0.31	-0.049	0.091
Cobertura del totemoxtle (CUBRTO)	0.102	0.249	-0.032
Número de brácteas (NBRAC)	0.099	0.035	0.056
Diámetro de la mazorca (DIMA)	-0.139	-0.053	0.481
Número de hileras (NHILE)	-0.213	0.011	0.084
Número de granos por hileras (NGRA)	0.122	-0.418	0.028
Ancho de granos (ANGR)	0.082	0.067	0.502
Factor de desgrane (FDES)	0.035	-0.446	-0.029
Altura de planta/mazorca (APAM)	-0.384	0.125	-0.08
Hojas abajo/hojas arriba (HAHA)	0.323	-0.155	-0.099
Longitud mazorca/diámetro (LMDM)	0.335	0.11	-0.164
Longitud grano/ancho (LONANCH)	0.059	-0.28	-0.256
Altura de planta/espiga (PLANESPI)	0.271	-0.178	0.284
Pedúnculo espiga/longitud (PEDULON)	-0.238	-0.14	0.006
Rama central/longitud (RACELON)	-0.101	0.17	-0.188
Grosor/ancho del grano (GRAN)	0.031	0.417	-0.201
Volumen de grano (VOGR)	0.159	0.345	0.234

¹Valor propio del componente, ²porcentaje de varianza explicado por cada componente, ³vectores propios en negritas denotan variables originales con mayor asociación al componente principal respectivo.

4.1.5. Agrupación de la diversidad

Para definir relaciones de similitud entre los maíces nativos y los testigos, tanto raciales como comerciales, se generó un dendrograma, en el cual, a una distancia de corte de $R=0.20$, se identificaron tres grupos principales: un grupo integrado con los testigos, otro grupo con las poblaciones afines a la raza Tuxpeño y un grupo con poblaciones con características diferentes al testigo racial; sin embargo, para tener una mejor precisión e interpretación de la estructura de diversidad en las poblaciones estudiadas, a un corte de $R=0.40$ se identificaron subgrupos dentro de los grupos previamente mencionados (Figura 9). A continuación se describen las características de los grupos y subgrupos identificados con este nuevo corte en el dendrograma: El grupo I estuvo formado por los seis materiales mejorados incluidos en el experimento. Este grupo se caracterizó por ser el más precoz (107 DFF) y por presentar una longitud corta del segmento ramificado de la espiga y a su vez pocas ramas en la espiga; un regular número de granos por hileras opuestas en la mazorca, pero al igual que el testigo racial, un alto índice de altura de planta entre altura de mazorca (APAM) y grosor entre ancho del grano (GRAN), pero valores menores en hojas abajo entre hojas arriba (HAHA), longitud de mazorca entre diámetro (LMDM) y volumen de grano (VOGR) (Cuadro 6). El grupo II se formó con 15 poblaciones originarias de los cuatro municipios: Ayotoxco de Guerrero (1), Hueytamalco (5), San José Acateno (7) y Tenampulco (2), presentando color blanco de grano en el 86.8 % de las poblaciones que integraron este grupo. Las poblaciones dentro de este grupo se caracterizaron por tener el más alto número de granos por hileras opuestas en la mazorca, con un valor promedio de 33 granos, un factor de desgrane de 86.6 % y el índice de hojas abajo y arriba de la mazorca con un valor de 1.51; no obstante, tuvo el valor más bajo en el volumen de grano de los seis grupos y el testigo racial. Las altitudes de las localidades de origen de las poblaciones de este grupo II oscilan entre 138 a 369 msnm y la mayoría de las poblaciones fueron ubicadas en la parte centro del área de estudio. El grupo III fue uno de los más grandes y estuvo constituido por 21 poblaciones de los cuatro municipios: Tenampulco (1), Ayotoxco de Guerrero (9), Hueytamalco (5) y San José Acateno (6); en este grupo predominaron las poblaciones de color blanco (57.1 %), seguidas por las de color amarillo (19 %), azul (14.2 %) y rojo (9.7 %). En general, las poblaciones de este grupo mostraron valores regulares en las variables registradas y sólo la variable grosor entre ancho del grano fue la más baja; el volumen de grano entre las poblaciones de este grupo fue similar al del grupo I, constituido por los testigos comerciales. El grupo IV se conformó con seis poblaciones, predominando las de grano azul (50 %), cinco de estas poblaciones fueron colectadas en el municipio de Tenampulco y una en Hueytamalco; las poblaciones de este

grupo se caracterizaron por pertenecer al estrato tardío de precocidad, también tuvieron los valores más altos en longitud ramificada (LORA), siendo similares a las poblaciones del grupo V y con los valores más bajos en número de granos en hileras opuestas (NGRA), factor de desgrane (FDES), así como en los índices longitud mazorca entre diámetro y el volumen de grano. Las poblaciones que conformaron el grupo IV provienen de la parte norte de la región de estudio en donde predomina el clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. Por otro lado, el grupo V cuenta con 21 poblaciones; tres de ellas procedentes de Ayotoxco de Guerrero, una de San José Acateno, cuatro de Hueytamalco y 13 de Tenampulco. El 95 % de las poblaciones pertenecientes a este grupo son de color de grano blanco. En general, las poblaciones de este grupo fueron las más tardías, con un valor de 132.3 días a floración femenina (DFF), con el valor más bajo en el índice de altura de planta entre altura de mazorca (APAM) y el segundo más grande de volumen de grano (VOGR); sin embargo, por los valores de las variables restantes, este grupo puede ser considerado como de características intermedias entre los seis grupos identificados; una característica adicional es que este grupo mantiene características que lo relacionan con la raza Tuxpeño. Por último, el grupo VI fue el más numeroso, con 30 poblaciones de maíz nativo, las cuales tienen su origen en los cuatro municipios: Tenampulco (1), Ayotoxco de Guerrero (16), Hueytamalco (6) y San José Acateno (7). La distribución del color del grano entre estas poblaciones es como sigue: blanco (63.3 %), azul (20 %), amarillo (10 %) y rojo (6.7 %); en este grupo quedó incluido el testigo racial Tuxpeño, sugiriendo con ello que este conjunto de maíces nativos fue el que mayor similitud guardó con esta raza. En el Cuadro 6 se muestran las características del tipo racial Tuxpeño reportada por Wellhausen *et al.* (1951) (tuxpe¹) y los valores promedio del testigo racial evaluado (tuxpe²). Se observó que todas las características de estos dos materiales son contrastantes; esto puede deberse a que en el estudio de Wellhausen *et al.* (1951), sólo ocuparon 12 poblaciones para la caracterización de esta raza, por lo que el tamaño de muestra pudo haber sido pequeño, comparado con la distribución que esta raza ha tenido y tiene actualmente a lo largo de los estados ubicados en el Golfo de México. El testigo racial (Vera-39) coincide en la mayoría de las características manifestadas por las poblaciones pertenecientes al grupo VI; la prueba de medias entre grupos apoya lo anterior. Los materiales de este grupo se concentran a lo largo del clima cálido húmedo con lluvias todo el año (García, 1973), a altitudes que van de los 147 a los 352 msnm, sugiriendo con ello que esa es la zona donde se encuentran los maíces nativos más afines a la raza Tuxpeño.

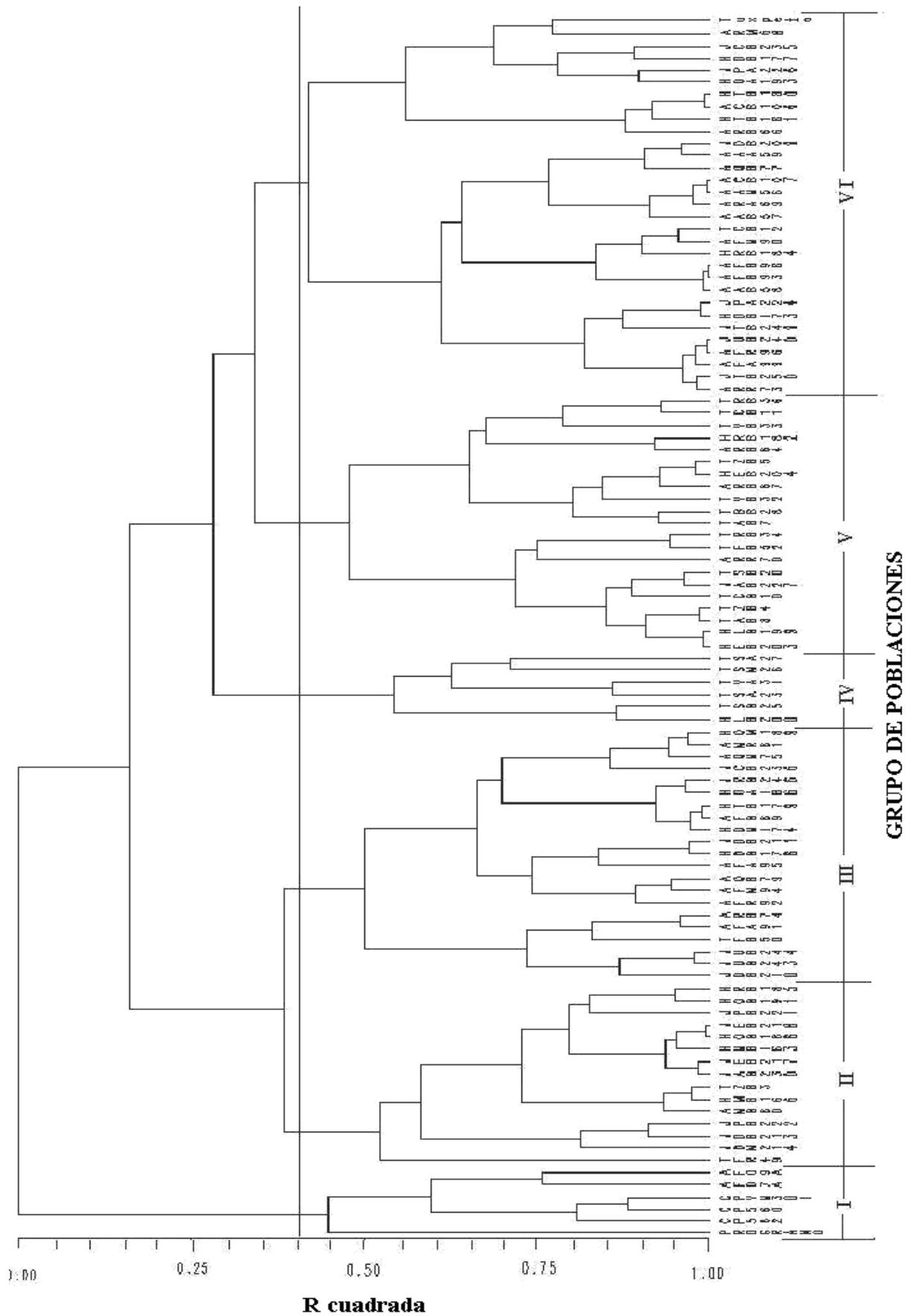


Figura 9. Dendrograma de 100 poblaciones de maíz caracterizadas en el trópico húmedo de Puebla.

Cuadro 6. Promedios de 10 caracteres de los seis grupos obtenidos en el dendrograma de 100 poblaciones de maíz del trópico húmedo poblano.

GRUPO	DFE (días)	LORA (cm)	NRAM	DIMA (cm)	NGRA	ANGR (cm)	FDES (%)	APAM	HAHA	LMDM	GRAN	VOGR (cm ³)
Tuxpe¹	148	14.4	22.9	4.4	38	0.93	-	-	2.00	4.4	0.39	0.44
I	107.0c	35.0c	13.8b	4.0a	23.6bc	0.84ab	0.78cd	2.23a	1.07c	3.0b	0.48bcd	0.33c
II	127.3ab	41.9ab	18.3a	3.5bc	33.0a	0.79b	0.86a	1.71c	1.51a	3.9a	0.42cd	0.29c
III	125.4ab	39.5bc	18.1a	3.6b	31.8a	0.86ab	0.85ab	1.73c	1.47a	3.9a	0.41d	0.33bc
IV	127.8ab	44.6a	16.7ab	3.2c	21.1c	0.81ab	0.74d	1.79bc	1.45a	4.4a	0.64a	0.40a
V	132.3a	44.6a	19.9a	3.6ab	27.1ab	0.87a	0.79bcd	1.68c	1.50a	4.2a	0.50bc	0.39ab
VI	126.8ab	43.9ab	19.0a	3.7ab	29.8a	0.84ab	0.82abc	1.73c	1.42ab	3.9a	0.47bcd	0.35abc
Tuxpe²	124.0b	42.0ab	20.4a	3.6b	22.8bc	0.80b	0.83abc	1.99b	1.20bc	3.2b	0.53b	0.32c
DMS	8.16	4.81	4.22	0.37	5.85	0.06	0.05	0.23	0.22	0.59	0.08	0.06

DFE = Días a floración femenina, LORA = Longitud ramificada, NRAM = Número de ramas, DIMA = Diámetro de la mazorca, NGRA = Número de granos en hileras opuestas, ANGR = Ancho de grano, FDES = Factor de desgrane, APAM = Altura de planta entre altura de mazorca, HAHA = Hojas abajo entre hojas arriba, LMDM = Longitud mazorca entre diámetro, GRAN = Grosor entre ancho del grano, VOGR = Volumen de grano. Tuxpe¹= Valores de la raza Tuxpeño reportados por Wellhausen *et al.* (1951). Tuxpe²= Valores del testigo racial Tuxpeño evaluado en este estudio. DMS= Diferencia mínima significativa.

En la Figura 10 se muestra la ubicación de los materiales en un plano tridimensional determinado por los tres primeros componentes principales. El testigo racial Tuxpeño formó parte del grupo VI, lo cual indica que existe correspondencia de los materiales nativos con esta raza.

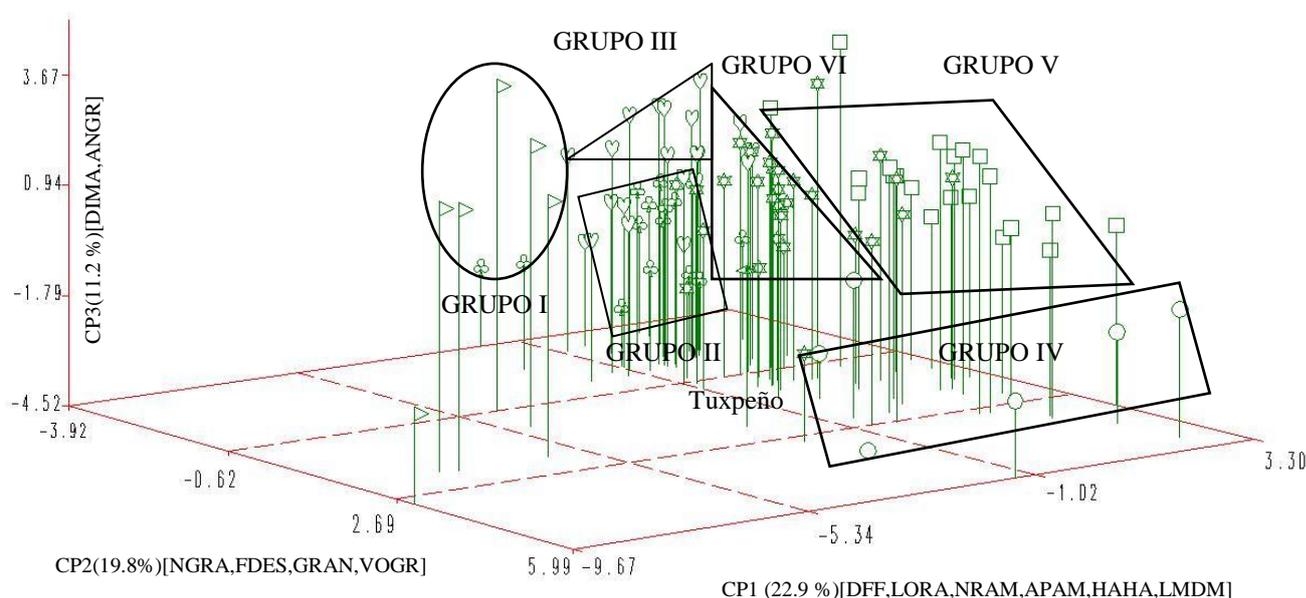


Figura 10. Gráfica de dispersión de 100 poblaciones de maíz caracterizadas en el trópico húmedo poblano, en el espacio determinado por los tres primeros componentes principales (CP). Simbología: grupo I (▷), grupo II (♥), grupo III (▽), grupo IV (○), grupo V (□), grupo VI (☆).

Es importante señalar la cercanía de los grupos IV, V, VI y la lejanía de los grupos I, II y III, lo cual puede interpretarse en el sentido de que los tres primeros son más afines a la raza Tuxpeño, a diferencia de los tres últimos. Esto puede suceder por que el grupo I está compuesto por materiales introducidos, en el caso del grupo II y III la mayoría de sus variables se encuentran intermedias entre los grupos I y los grupos IV, V y VI.

4.1.6. Correspondencia con la raza Tuxpeño

Uno de los objetivos del presente estudio fue el precisar si los maíces nativos evaluados presentan correspondencia con el testigo racial representante de la raza Tuxpeño, por lo que primero se señalará qué se entiende por raza. Una raza se define como un conjunto de individuos emparentados con suficientes características en común (Anderson y Cutler, 1942). Muñoz (2005) complementa señalando que es un conjunto de variedades relativamente similares, adaptadas a una región ecológica. En este contexto, y apoyándose en los resultados obtenidos (Figuras 9, 10 y Cuadro 6), es posible afirmar que, efectivamente, existe correspondencia de los materiales nativos evaluados en este estudio con la raza Tuxpeño, particularmente si se hace referencia a las poblaciones que integraron el Grupo VI. Si se considera el color del grano de los grupos IV, V y VI, es posible observar que las mazorcas de grano blanco son más afines a la raza Tuxpeño. Si se comparan las características de los grupos incluidos en el Cuadro 6 con los datos reportados por Wellhausen *et al.* (1951) se puede decir que tanto las poblaciones que formaron los diferentes grupos como el testigo racial Tuxpeño de este estudio son diferentes al testigo racial Tuxpeño descrito por los autores antes mencionados, ya que presentan características morfológicas distintas a este último. Esto puede deberse a que han cambiado las características morfológicas a través del tiempo. Cabe resaltar que los datos de grano se mantienen regularmente estables pero en lo referente a la planta, sucede todo lo contrario.

El hecho de no contar con otros materiales raciales limita nuestra interpretación de resultados, así como también la posibilidad de formar nuevos grupos con diferentes tipos raciales reportados actualmente para el trópico húmedo. La raza Tuxpeño está relacionada con las razas Olotillo, Tepecintle y Vandeño por varias características morfológicas (Wellhausen *et al.*, 1951 y López *et al.*, 2005). Es necesario evaluar las poblaciones nativas, utilizando testigos raciales de otras razas que son conocidas a distribuirse en regiones de clima tropical, ya que de esta forma sería posible determinar con mayor exactitud los cambios, pérdidas o combinaciones de raza que han sucedido para esta zona en la actualidad.

La raza Tuxpeño ha figurado como una de las más productivas y agronómicamente satisfactorias de México y del mundo (Muñoz, 2005; Caballero y Cervantes, 1990). Estudios en el Centro-Oriente del estado de Yucatán (Camacho y Chávez, 2004), determinaron que la diversidad entre razas presenta un patrón que es definido principalmente por el ciclo del cultivo, el número de granos por hilera, la longitud total de la espiga, longitud de la rama central de la espiga y el número de ramificaciones de la espiga; con lo que se pudo diferenciar ocho grupos, siete de ellos principalmente por la longitud del ciclo de cultivo y uno por el reducido número de hileras de grano.

Gil *et al.* (2004) y Muñoz (2005) señalaron la existencia de una amplia diversidad genética de maíz en todo el estado de Puebla, con alto potencial de aprovechamiento; esa diversidad está presente en los nichos ecológicos y se manifiesta principalmente en color de grano, el nivel de precocidad y en la manifestación de los caracteres agronómicos. Esto también lo confirmaron Hortelano *et al.* (2008) en valles altos y Ángeles *et al.* (2010) en Molcaxac, ambos en el estado de Puebla. De acuerdo con los resultados de Caballero y Cervantes (1990) y Reyes *et al.* (2004), la raza de maíz Tuxpeño podría ser utilizada para la obtención de variedades mejoradas de polinización libre a partir de un programa de hibridación; esto se podría hacer en un futuro próximo.

4.1.7. Prueba de medias con base en el análisis de varianza combinado

Posterior al análisis de varianza combinado se realizó una prueba de medias, considerando las variables empleadas para el análisis multivariado, sumando 27 variables al incluir el rendimiento (Anexo C).

De acuerdo con la prueba de medias (Anexo C), existió una gran variación en el rendimiento de grano, con un intervalo desde 0.13 hasta 2.73 t ha⁻¹, con 59 poblaciones (incluidos cuatro testigos) comprendidas dentro del grupo estadísticamente superior. Numéricamente, hubo 13 poblaciones con rendimiento superior a las 2.0 tha⁻¹. El híbrido CLO2450×CML451 fue el que expresó el máximo rendimiento; mientras que las otras 12 variedades que superaron las 2.0 tha⁻¹ fueron poblaciones nativas. El rendimiento promedio entre los materiales evaluados fue de 0.62 t ha⁻¹, por lo que el mejor tratamiento rebasó al promedio en un 77.2 %. Los bajos rendimientos obtenidos en este estudio pueden asociarse a la poca cantidad de lluvia ocurrida en el periodo de floración durante el ciclo de prueba, en las dos localidades donde se establecieron los experimentos, como se muestra en las Figuras 5 y 6, lo cual puede

explicarse con lo señalado por Barrales *et al.* (1984), quienes afirmaron que el rendimiento está asociado con la cantidad de agua disponible, principalmente durante el periodo de floración; esto se reflejó en el mejor comportamiento del híbrido experimental, el cual es un material precoz, lo que le permitió evadir las condiciones de sequía que se presentaron. En el resto de las variables registradas también se formaron grupos estadísticamente superiores, como se muestra en el Anexo C.

4.1.8. Estratos de precocidad

En cuanto a los niveles de precocidad y tomando en cuenta la clasificación propuesta por Gil *et al.* (2004), se puede señalar que el intervalo general de floración femenina fue de 99 a 138 días. Las poblaciones caracterizadas en este estudio pueden clasificarse en diferentes grupos de precocidad, desde precoces (99-112 DFF), intermedias (113-125 DFF) hasta tardías (126-138 DFF). Lo anterior contrasta con lo reportado por Gil *et al.* (2004), quienes clasificaron como ultraprecoces (60-77 DFF) a las poblaciones nativas de maíz del trópico húmedo poblano. Ello puede deberse a que la información manejada por los autores mencionados fue obtenida durante el ciclo primavera-verano 1997, cuando las temperaturas durante la estación de crecimiento en la región son más altas; por el contrario, las poblaciones del presente estudio fueron caracterizadas durante el ciclo otoño-invierno, cuando las temperaturas en la zona tienden a ser más bajas (Pérez *et al.*, 2002). Además, debe señalarse que los datos del presente estudio coinciden con los reportados por Wellhausen *et al.* (1951).

Tomando como base la variable días a floración femenina (DFF), los maíces bajo estudio se agruparon, en tres estratos de precocidad: precoz, intermedio y tardío. El valor máximo de DFF en el análisis combinado fue de 138 días y el mínimo fue de 99; por lo tanto, la diferencia entre el valor máximo y mínimo de todos los materiales evaluados fue de 39 días. Para fines de agrupación, este periodo se dividió en tres estratos, con una diferencia de 13 días entre cada uno de ellos. En el estrato precoz se agruparon las variedades entre los 99 a los 112 DFF, representando el 5 % del total (Figura 11); dentro de este grupo de precocidad se concentraron la mayoría de los testigos comerciales y los híbridos experimentales. Dentro del grupo intermedio se incluyeron las poblaciones con un intervalo en DFF entre los 113 a 125 días, a este grupo pertenecieron el testigo racial y el híbrido comercial PROGRANO. Finalmente, el estrato tardío, con un intervalo de 126 a 138 DFF, estuvo integrado solamente con poblaciones nativas, representando el 61 % del total.

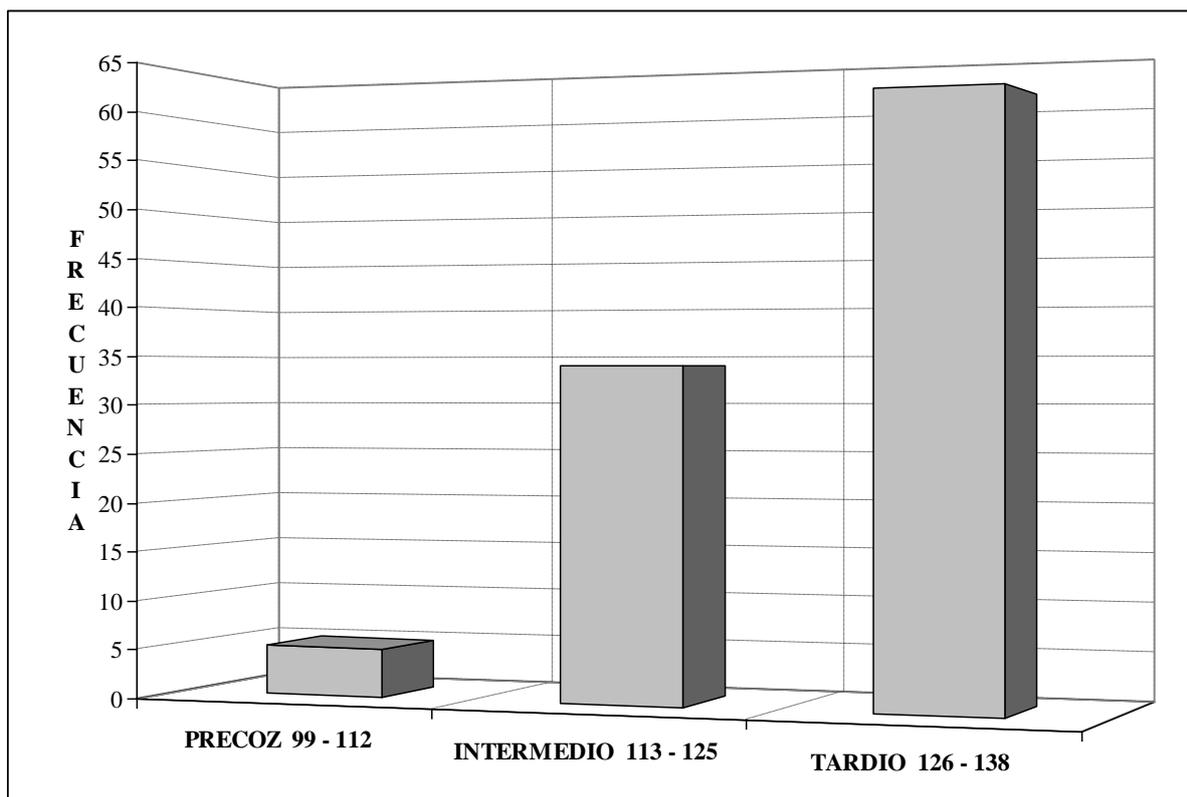


Figura 11. Clasificación de poblaciones de maíz por estrato de precocidad en el trópico húmedo poblano.

En relación con el origen de las poblaciones nativas dentro de cada estrato de precocidad se puede señalar lo siguiente: de las 32 poblaciones pertenecientes al grupo intermedio, 15 de ellas fueron colectadas en el municipio de Ayotoxco de Guerrero, una en Hueytlamalco, 13 provienen del municipio de San José Acateno y tres de Tenampulco. El estrato tardío concentró la mayor cantidad de poblaciones y 14 de ellas tienen su origen en Ayotoxco de Guerrero, 20 provienen de Hueytlamalco, ocho de San José Acateno y 19 del municipio de Tenampulco.

En cuanto a la relación de los niveles de precocidad con el rendimiento, se tiene lo siguiente. El grupo precoz, conformado por cinco materiales mejorados, mostró los siguientes valores: el rendimiento promedio de este grupo fue de 1.64 t ha^{-1} y el híbrido experimental CLO2450×CML451 tuvo un rendimiento de 2.72 t ha^{-1} , dicho rendimiento fue el mejor, no solo dentro de este grupo de precocidad sino de todos los materiales evaluados. Por otro lado, el rendimiento promedio del estrato intermedio fue de 1.43 t ha^{-1} , siendo la población JRB246 el mejor tratamiento, con el valor máximo de 2.35 t ha^{-1} . Por último, el estrato tardío tuvo un promedio de rendimiento de 1.1 t ha^{-1} , siendo la población JEB218 la de mayor rendimiento dentro del estrato, con un valor de 2.1 t ha^{-1} . En resumen, el estrato precoz superó en

rendimiento a los otros dos estratos de precocidad, lo cual puede deberse a que este estrato pudo aprovechar la precipitación que se obtuvo entre los primeros 90 días después de la siembra, mientras que los estratos intermedio y tardío no tuvieron ésta oportunidad; sin embargo, como se puede apreciar más adelante, al menos en los 10 mejores tratamientos hubo diferencia entre las dos localidades para la variable de rendimiento.

4.1.9. Distribución del color de grano en las colectas

En el Cuadro 7, se muestra la frecuencia y el porcentaje de las poblaciones colectadas en cuanto a coloración de grano. El 69.8 % de las muestras fueron de grano blanco, 14 % de color azul, el 9.7 % de color amarillo y 6.5 % de las colectas tuvo grano rojo. Con información de una colecta de maíces nativos realizada en la misma región en 1997, Gil *et al.* (2004) reportaron que, de un conjunto de 198 poblaciones nativas, se obtuvo una predominancia de los maíces de grano blanco (83.8 %), seguidos de los amarillos (10.1 %) y en menor cantidad por los pintos (4.0 %) y azules (2.1 %). Por tanto, se concluye que en cuanto a esta variable, las características poblacionales se han mantenido en un lapso de cerca de 20 años.

En el Cuadro 7 también se muestra el rendimiento promedio por color de grano, así como los días a floración femenina (DFF); el rendimiento más alto fue para el color de grano rojo, con 1.51 t ha⁻¹ y el de menor rendimiento fue el color de grano azul, con 0.98 t ha⁻¹. En tanto que en relación con los días a floración femenina, los maíces de color de grano blanco fueron numéricamente los más tardíos, con un promedio de 128.7 DFF, mientras que los maíces de color de grano amarillo promediaron 124.4 DFF. Sin embargo, de acuerdo con los datos presentados en el Cuadro 7, no hubo diferencias notorias entre las diferentes categorías de color de grano ni en rendimiento ni en precocidad, lo cual quedó demostrado con las pruebas de medias correspondientes.

Cuadro 7. Coloración de grano y días a floración femenina (DFF) en poblaciones nativas de maíz en el trópico húmedo poblano.

Color de grano	N° de colectas	% del total	Rendimiento	
			promedio (Kg ha ⁻¹)	DFF
Blanco	65	69.8	1 222.4a	128.7a
Azul	13	14.0	980.4a	127.0a
Amarillo	9	9.7	1 497.4a	124.4a
Rojo	6	6.5	1 512.0a	126.5a
Total/Promedio	93	100.0	1 302.3	126.6
DMS	-	-	699.2	5.0

4.1.10. Relación de coloración de grano por estrato de precocidad

En el Cuadro 8, se muestra la distribución de color de grano, dentro de cada estrato de precocidad. En el estrato precoz no hubo ninguna población de maíz nativo, esto quiere decir que en este estrato solo se ubicaron cinco maíces mejorados, de los cuales tres fueron de color blanco (el CP-560, CP-562 y CPV-M301) y dos de color amarillo (los cuales fueron CML494×CML495 y CLO2450×CML451, recomendados por el CIMMYT). En el estrato intermedio se presentaron 32 poblaciones nativas, el PROGRANO 988 y el testigo racial Tuxpeño, estos dos últimos de color blanco, de las cuales da un total de 20 accesiones fueron de color blanco (58.82 %), seis amarillas (17.64 %), cinco azules (14.70 %) y tres rojos (8.84 %). Finalmente, el estrato tardío contó con 61 poblaciones nativas, predominando el color de grano blanco, pero tuvo representantes de los otros tres colores (Cuadro 8).

Cuadro 8. Relación de coloración de grano por estrato de precocidad en poblaciones nativas de maíz en el trópico húmedo poblano.

Estrato	Color de grano				Total
	Blanco	Amarillo	Azul	Rojo	
Precoz 99-112 DFF	3 (60.0 %)	2 (40.0 %)	-	-	5
Intermedio 113-125 DFF	20 (58.82 %)	6 (17.64 %)	5 (14.70 %)	3 (8.84 %)	34
Tardío 126-138 DFF	47 (77.04 %)	3 (4.91 %)	8 (13.14 %)	3 (4.91 %)	61
Total	70	11	13	6	100

En resumen, de los 70 materiales de color blanco, más de la mitad pertenecieron al estrato tardío, mientras que más de la mitad de los maíces amarillos fueron intermedios seguidos por el estrato tardío; en el caso de los materiales azules, la mayoría fueron tardíos. Por último, los maíces rojos, la mitad fueron clasificados como intermedios y la otra mitad fueron tardíos. Los cuatro colores de grano se presentaron en los estratos de precocidad intermedio y tardío, mientras que en el precoz no hubo ninguna población de maíces nativos.

La diversidad encontrada puede deberse a las condiciones de relieves accidentados (en declive o laderas) tal como lo reporta Muñoz (2005), o al intercambio de semillas, flujo genético y experimentación de nuevas semillas nativas que los agricultores hacen para mantener y salvaguardar el germoplasma de maíz (Kato, 2009). La diversidad genética es generada a través del ambiente, la intervención del hombre y de la propia planta para poder adaptarse y subsistir. Tal diversidad puede agruparse en tres componentes básicos: coloración del grano, precocidad y caracteres agronómicos.

4.1.11. Comparación de rendimiento en las dos localidades

En la Figura 12, se muestra el comportamiento de las 10 poblaciones con mayor rendimiento promedio de grano en cada localidad, así como el del mejor testigo. Se observa que en la LOC2 (Rancho Nuevo) se obtuvieron mejores rendimientos que en la LOC1 (La Virgen). El material con el rendimiento más alto correspondió al híbrido experimental CLO2450×CML451 (2.72 t ha⁻¹), manteniendo un rendimiento similar en las dos localidades. Otras variedades tuvieron valores similares para las dos localidades, la cuales fueron JRB246, JEB217, AFM90, AFR96, JAB227, AFR92 y JEB218; estas poblaciones tienen su origen en los municipios de San José Acateno y Ayotoxco de Guerrero. Cabe destacar que todos los materiales provenientes de Ayotoxco de Guerrero fueron colectados en la localidad de Flores Villar. Los siete materiales arriba anotados tuvieron rendimientos muy superiores en la LOC2 (casi 350 % superiores, respecto a la LOC1), dado que en la LOC1 se presentaron rendimientos promedio de 0.750 a 1.25 t ha⁻¹, mientras que en la LOC2 los valores oscilaron entre 3.25 a 3.75 t ha⁻¹. Por otra parte, se identificaron dos poblaciones con un comportamiento diferente al resto, estas poblaciones son AFB93 y AFB89, las cuales mantuvieron los más bajos rendimientos en la LOC1 pero los más altos rendimientos en la LOC2, mostrando un comportamiento extremo; estas dos variedades tienen una estrecha relación entre sí por el lugar de procedencia, pues las dos provienen de Ayotoxco de Guerrero y de la comunidad de Flores Villar, siendo incluso ambas de color de grano blanco.

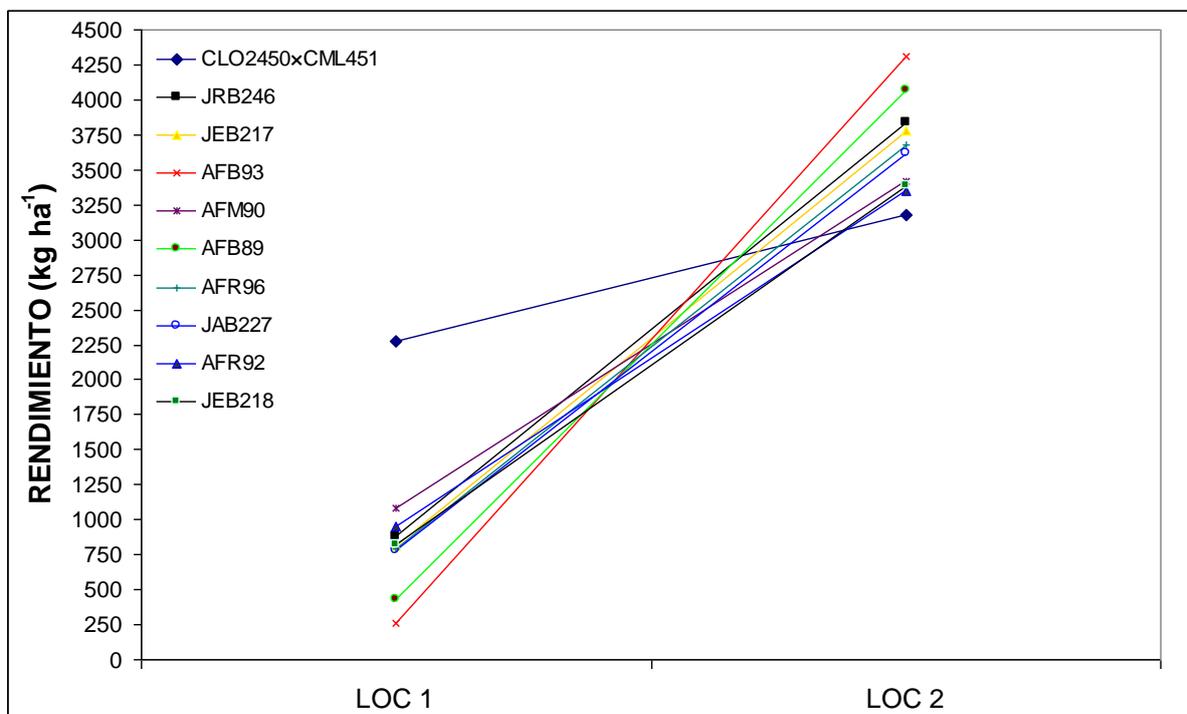


Figura 12. Rendimiento de grano de 10 poblaciones de maíz sobresalientes en dos localidades del trópico húmedo poblano.

4.1.12. Selección de materiales sobresalientes

Los resultados reportados por Gil *et al.* (2004) y Muñoz (2005) mencionan que en el estado de Puebla y específicamente en la zona de estudio existen materiales nativos que igualan o superan a los materiales mejorados en cuanto a rendimiento de grano. Esto se comprobó en el presente estudio, pues en Rancho Nuevo (LOC2) los materiales nativos superaron al testigo recomendado por el CIMMYT, mientras que en La Virgen (LOC1) se dio lo contrario. En este sentido se puede decir que los materiales nativos tienen potencial para alto rendimiento. Estos resultados concuerdan con los reportados por Gil *et al.* (2004) aunque con valores mucho más altos que los obtenidos en este estudio, lo cual puede deberse a dos factores, principalmente: 1) los ciclos de evaluación fueron diferentes para cada estudio; y 2) la cantidad y distribución de la precipitación pudo ser diferente en cada ciclo evaluado. Por lo anterior, se puede afirmar que existen variedades nativas que poseen mejores características en términos de comportamiento agronómico y adaptación al ambiente, debido a su amplia variación genética y que pueden aprovecharse con fines de mejoramiento genético (Gil *et al.*, 2004). Solo un híbrido experimental mostró un alto potencial de rendimiento, ubicándose entre las 10 mejores variedades evaluadas y resultó ser el de mejor rendimiento promedio, aunque estadísticamente no hubo diferencias entre este híbrido y las poblaciones nativas. Al respecto, Barrales *et al.* (1984) señalan que las variedades precoces, como el híbrido en este estudio, generalmente alcanzan a evadir los periodos de deficiencias de agua que se manifiestan cuando hay baja precipitación pluvial; mientras que entre los materiales superiores en rendimiento, ocho de nueve materiales nativos fueron intermedios y uno de ellos fue tardío, lo cual puede explicar el bajo rendimiento de estos materiales al coincidir su periodo de floración con la baja disponibilidad de humedad. En cuanto a la precipitación pluvial, en la LOC2 (Rancho Nuevo) ésta fue mayor que en la LOC1 (La Virgen), lo cual se observa en la Figuras 5 y 6, lo que debió favorecer los mayores rendimientos en LOC2. Lo anterior puede explicarse con lo señalado por Barrales *et al.* (1984), quienes afirmaron que el rendimiento está asociado con la cantidad de agua disponible durante el periodo de floración femenina, etapa muy sensible al déficit de humedad, esto se puede apreciar en la comparación de las Figuras 5 y 6. El mejor desempeño y adaptabilidad de las poblaciones nativas, de acuerdo con el rendimiento promedio, respecto a las variedades mejoradas se atribuye a que las variedades mejoradas manifiestan su potencial productivo generalmente en condiciones óptimas de fertilización, humedad, manejo agronómico, control de plagas y enfermedades, similares al ambiente donde fueron obtenidas en campos experimentales (Centro de Investigaciones Agrarias, 1980).

Para mejorar los resultados y la interpretación de los mismos, sería recomendable implementar estudios similares en otras áreas donde los maíces nativos tienen una gran diversidad tanto en coloración de grano, precocidad y caracteres agronómicos como el rendimiento de grano. Es imprescindible considerar que esta investigación podría servir para quienes en algún futuro decidan realizar mejoramiento genético de maíz en esta región del Estado y tengan una referencia para la toma de decisiones en el tema de la diversidad genética. Las recomendaciones a las investigaciones futuras serían las siguientes: 1) enfocarse en aumentar el rendimiento sin perder de vista la conservación de la diversidad genética; y 2) realizar nuevas evaluaciones incluyendo diferentes y un mayor número de testigos raciales para la zona tropical húmeda y así poder identificar e interpretar de mejor forma las relaciones entre las poblaciones nativas y los diferentes grupos raciales en este nicho ecológico.

En el trópico húmedo poblano y específicamente en los cuatro municipios donde se colectó existe una amplia variación generada por la selección del agricultor a través de muchos años, en respuesta a las condiciones del ambiente y la interacción de ese acervo genético con el ambiente; esta gran variación se manifiesta en caracteres morfológicos, de color de grano y usos; por lo tanto, se recomienda mantener esa diversidad presente en los maíces nativos realizando las siguientes actividades: a) conservación *in situ*; b) conservación *ex situ*; c) realizar mejoramiento genético convencional con los materiales sobresalientes; d) promoción de ferias de intercambio de semilla entre agricultores; y e) establecimiento de bancos comunitarios de semillas de maíz nativo para su resguardo, intercambio y cooperación cuando se tenga una pérdida de materiales por factores climáticos. Estas recomendaciones servirán para cuidar, resguardar y fomentar la gran diversidad de maíces nativos que se ha venido generando desde siglos atrás en el trópico húmedo poblano.

4.2. Diversidad de usos de los maíces nativos del trópico húmedo poblano

4.2.1. Distribución de las encuestas

En el Cuadro 9, se presenta la relación de las localidades pertenecientes a los cuatro municipios del trópico húmedo poblano donde se realizó la colecta y se aplicaron las encuestas (una colecta, una encuesta). También se incluyen el total de encuestas realizadas por cada comunidad y el porcentaje, de mayor a menor, del número de encuestas realizadas por cada municipio. En el municipio de Ayotoxco de Guerrero se obtuvieron 29 encuestas: 14 para el maíz blanco y cinco encuestas por cada coloración de grano en el caso de los maíces

amarillos, azules y rojos; en el municipio de Hueytamalco se aplicaron 21 encuestas, de las cuales 17 fueron para el color de grano blanco, dos de color amarillo y dos de color azul; para este municipio no se contó con encuestas relacionadas con materiales de grano rojo. En el municipio de San José Acateno se levantaron 21 encuestas, de las cuales 17 estuvieron relacionadas con maíces de grano blanco, una con amarillos y tres con azules; no se encontró maíz rojo.

Cuadro 9. Relación de localidades y número de colectas por coloración de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Municipio	Comunidad	Color del grano				Frecuencia	Porcentaje (%)
		BL	AZ	AM	RO		
Ayotoxco	Flores Villar	3	3	2	2	10	10.8
	Rancho Nuevo	4	1	1	2	8	8.6
	El Arenal	2	1	1	0	4	4.2
	La Quebradora	2	0	1	0	3	3.2
	Copales	2	0	0	0	2	2.2
	La Manigua	1	0	0	1	2	2.2
	Subtotal		14	5	5	5	29
Hueytamalco	Monteceli	2	2	1	0	5	5.3
	Dos Ríos Nuevo	3	0	1	0	4	4.2
	Cerro Tajitepec	3	0	0	0	3	3.2
	Dos Ríos Viejo	3	0	0	0	3	3.2
	Ejido Tenexate	2	0	0	0	2	2.2
	El Mirador	2	0	0	0	2	2.2
	La Soledad	2	0	0	0	2	2.2
	Subtotal		17	2	2	0	21
Acateno	Dos Caminos	4	0	1	0	5	5.3
	Palo Gacho (Co)	2	3	0	0	5	5.3
	Palo Gacho (Ej)	2	0	0	0	2	2.2
	El Uvero	2	0	0	0	2	2.2
	Palmartepec	2	0	0	0	2	2.2
	Tamarindo	2	0	0	0	2	2.2
	Arroyo Blanco	2	0	0	0	2	2.2
	Río Verde	1	0	0	0	1	1.1
Subtotal		17	3	1	0	21	22.7
Tenampulco	Saltillo	2	2	1	0	5	5.3
	Colonia Morelos	3	0	0	0	3	3.2
	El Zapote	3	0	0	0	3	3.2
	La Florida	2	0	0	1	3	3.2
	Santa Cruz B. V.	2	1	0	0	3	3.2
	Arroyo Zarco	2	0	0	0	2	2.2
	Caracoles	2	0	0	0	2	2.2
	Arroyo Blanco	1	0	0	0	1	1.1
	Subtotal		17	3	1	1	22
Total		65	13	9	6	93	100.0

Nota: Color de grano BL=blanco, AZ=azul, AM=amarillo, RO=rojo.

Por último en el municipio de Tenampulco se recabaron 22 encuestas, de las cuales 17 fueron hacia maíces de grano blanco, una hacia amarillo, tres hacia azules y una hacia rojo. En total, en los cuatro municipios se hicieron 93 encuestas en 29 localidades quedando distribuidas, al considerar el color de grano de las colectas, de la siguiente manera: 65 de color blanco, 13 de color azul, 9 de color amarillo y 6 de color rojo. El Cuadro 9 nos da un panorama más amplio del origen y los colores de grano de maíz nativo que se siembran en la región del trópico húmedo poblano.

4.2.2. Origen de la semilla para siembra

Al preguntar sobre el origen de la semilla para siembra (semilla propia o semilla comprada), a los 93 agricultores entrevistados, 87 señalaron que se trataba de semilla propia y sólo seis contestaron que era semilla comprada. Si las respuestas se relacionan con el color de grano, de 65 poblaciones de color blanco, 62 son de semilla propia y 3 de semilla comprada; en lo que respecta al color amarillo, el 100 %, de los agricultores respondieron que la semilla era propia, mientras que en relación con el color azul, 10 mencionaron a semillas propias y tres indicaron haber comprado la semilla; por último, las seis muestras de maíz rojo tuvieron como origen la semilla propia. En general, los agricultores prefieren sembrar semilla propia, es decir, seleccionan las mejores mazorcas de las cuales obtienen la semilla para la siembra siguiente; en caso de desastres debidos a un fenómeno natural como huracanes, inundaciones o sequías extremas, recurren a las comunidades más cercanas adquirir semilla y poder sembrar en el próximo ciclo, ya que este producto es la fuente básica de alimentación en esta región.

4.2.3. Antigüedad de los maíces nativos en las localidades de estudio

El Cuadro 10 muestra la antigüedad, en años, de la semilla que los agricultores han estado sembrando, de acuerdo a la coloración del grano. Los resultados se presentan de tal manera que se han ordenado de mayor a menor con respecto al número de años; en este caso, 13 agricultores dieron como respuesta que llevan 50 años sembrando la misma semilla, mientras que 12 agricultores dijeron que llevan 30 años. En este Cuadro se incluye información sobre el número de agricultores que dieron la misma respuesta respecto al número de años que han conservado su población de maíz para cada coloración de grano. Por otro lado, si se divide en cuatro estratos la información del número de años que los agricultores han conservado su semilla, tomando en cuenta que el número máximo es de 80 años y se divide entre cuatro, el resultado será de 20 años por cada estrato, quedando así los siguientes porcentajes: en el

primer estrato, donde están los materiales más recientes, es decir, de 1 a 20 años existen 33 materiales o sea el 35.48 %; en el estrato siguiente, que va de 21 a 40 años, existen 22 materiales, lo que significa el 23.65 %; en el caso de los materiales que se han conservado entre 41 y 60 años de antigüedad, existen 28 accesiones, con un 30.13 %; por ultimo, el estrato de los maíces con mayor antigüedad solo cuenta con 10 materiales, lo que equivale al 10.74 %.

Cuadro 10. Antigüedad en años que el agricultor ha sembrado el maíz nativo para cada coloración de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Años	Color del grano				Frecuencia	Porcentaje (%)
	BL	AZ	AM	RO		
80	3	0	0	0	3	3.2
70	2	1	1	1	5	5.4
69	1	0	0	0	1	1.1
68	1	0	0	0	1	1.1
60	6	1	1	1	9	9.7
50	7	2	1	3	13	14
45	3	2	1	0	6	6.5
40	4	0	0	0	4	4.3
38	1	0	0	0	1	1.1
30	7	3	2	0	12	12.6
25	2	1	1	1	5	5.4
20	6	0	0	0	6	6.5
18	1	0	0	0	1	1.1
15	1	0	0	0	1	1.1
13	1	0	0	0	1	1.1
12	1	0	0	0	1	1.1
10	4	0	0	0	4	4.3
8	1	0	0	0	1	1.1
5	6	0	1	0	7	7.5
4	2	0	1	0	3	3.2
3	1	0	0	0	1	1.1
2	3	1	0	0	4	4.3
1	1	2	0	0	3	3.2
Total	65	13	9	6	93	100

Nota: Color de grano BL=blanco, AZ=azul, AM=amarillo, RO=rojo.

Los resultados indican que existe arraigo en el uso de los materiales nativos, ya que casi el 64.52 % de los agricultores llevan cultivando este tipo de maíz por lo menos 20 años. Además, se pudo detectar que no hay preferencia en el color de grano para la antigüedad ya que pueden existir materiales de cualquier color en los cuatro estratos; es decir, independientemente de la coloración del grano, los agricultores de la región tienden a

conservar por un largo periodo de tiempo la semilla de las variedades locales de maíz que han venido sembrando.

La antigüedad de los estratos indica que 33 de 93 materiales son recientes, es decir, que apenas los empiezan a sembrar (antigüedad no mayor a 20 años), esta cantidad es la más alta de los cuatro grupo de materiales, lo cual contrasta con el estrato de los maíces más antiguos en donde solo hay 10 materiales, esto quiere decir, que la cantidad de los materiales más antiguos (mayores a 61 años) se están dejando de sembrar.

4.2.4. Procedencia de la semilla en relación con la textura y pendiente de los terrenos donde se siembra

En el Cuadro 11 se presentan los resultados sobre tres de las preguntas incluidas en el cuestionario: procedencia de la semilla, de la cual 80 de 93 agricultores respondieron que la semilla era de la cosecha anterior; esta respuesta favorece la diversidad y el mejoramiento de las características productivas de las variedades locales, ya que el agricultor selecciona las mejores semilla para la próxima siembra. En cuanto a la textura de los suelos donde se establecen este tipo de maíces, el 93.5 % respondió que eran suelos barriales, éste tipo de suelo es vertisol, con textura muy arcillosa en cualquier capa a menos de 50 cm de profundidad, lo cual ayuda al desarrollo del cultivo del maíz; en cuanto a la pendiente, el 84.9 % de los agricultores siembran en terrenos de lomeríos y sólo el 14 % siembra en planicie; esta última característica es determinante para obtener un mayor rendimiento de grano.

Cuadro 11. Procedencia de la semilla, textura y pendiente de los terrenos donde se siembran poblaciones locales de maíz por coloración de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblan.

CARACTERÍSTICAS		Color de grano				Frecuencia	Porcentaje (%)
		BL	AZ	AM	RO		
Procedencia de Semilla	Cosecha anterior	56	10	8	6	80	86.0
	Compra en la comunidad	7	2	1	0	10	10.8
	Compra en otra comunidad	2	1	0	0	3	3.2
Textura del Suelo	Barriales	62	13	9	6	90	96.8
	Arenosos	3	0	0	0	3	3.2
	Otros	0	0	0	0	0	0
Pendiente del Terreno	Lomerío	53	13	8	5	79	84.9
	Plano	11	0	1	1	13	14
	Cerro o montaña	1	0	0	0	1	1.1

Nota: Color de grano BL=blanco, AZ=azul, AM=amarillo, RO=rojo.

4.2.5. Fechas de siembra y de cosecha de maíz en el trópico húmedo poblano

En el Cuadro 12 se muestran los resultados correspondientes a los meses en que se realizan las dos siembras y cosechas de maíz nativo durante un año agrícola en la región de estudio; la información ha sido agrupada por color del grano. Cada agricultor señaló dos épocas o ciclos diferentes para llevar a cabo cada actividad, identificándose entonces dos meses de siembra en cada uno de los ciclos, ya que el clima tropical de la zona es propicio para el establecimiento de dos siembras al año. En cada siembra y cosecha están representadas las 93 respuestas del total de agricultores encuestados, de acuerdo al mes en que se realiza cada actividad. En el mismo Cuadro 12 se señala que el primer ciclo de siembra se lleva a cabo entre los meses de diciembre y enero, con 60 y 25 siembras respectivamente, independientemente de la coloración del grano; en cuanto al ciclo de siembra 2, éste se lleva a cabo entre los meses de junio y julio con 28 y 61 siembras, respectivamente. La cosecha del primer ciclo se realiza entre los meses de abril hasta agosto, con la mayor actividad en junio y julio, dependiendo de las condiciones que hayan imperado durante el ciclo de cultivo y dependiendo también de la precocidad de las variedades sembradas. Para el ciclo de cultivo 2, la cosecha se desarrolla entre los meses de octubre a diciembre, siendo noviembre y diciembre los meses de mayor actividad.

Cuadro 12. Fechas de siembra y cosecha por año agrícola de acuerdo con el color de grano del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Meses	O	N	D	E	F	A	M	J	J	A	Total por Siembra	Porcentaje (%)
Color	SIEMBRA 1					SIEMBRA 2						
Blanco	0	4	48	13	0	0	1	22	42	0	65	69.8
Azul	0	2	5	6	0	1	1	5	6	0	13	14.0
Amarillo	0	1	4	3	1	0	1	0	8	0	9	9.7
Rojo	0	0	3	3	0	0	0	1	5	0	6	6.5
Total	0	7	60	25	1	1	3	28	61	0	93	100.0
	COSECHA 2					COSECHA 1						
Blanco	3	33	29	0	0	3	12	24	26	0	65	69.8
Azul	0	8	5	0	0	1	3	5	3	1	13	14.0
Amarillo	0	5	4	0	0	1	2	2	3	1	9	9.7
Rojo	1	2	3	0	0	0	2	2	2	0	6	6.5
Total	3	48	41	0	0	5	19	33	34	2	93	100.0

Los agricultores llaman a la primera siembra “*tonamitl*” que significa en náhuatl rayo de sol, la cual se siembra en los meses de noviembre a febrero y que normalmente se conoce como el ciclo Otoño-Invierno; la segunda siembra la llaman simplemente temporal, sembrada en los meses de abril hasta julio y representa el ciclo Primavera-Verano. Según cifras del SIAP (2010) en la siembra P-V la superficie promedio de los cuatro municipios para este cultivo es

de 1,625 ha, con un volumen de producción de 2,537.24 t, marcando un rendimiento promedio de 1.54 t ha⁻¹; mientras que en la siembra O-I se tuvo un promedio de 1,375 ha sembradas, con una producción de 1,407.50 t y un rendimiento promedio de 1.03 t ha⁻¹. Las diferencias en los rendimientos promedio entre los dos ciclos de cultivo pueden deberse a la diferencia en cantidades de precipitación y humedad en el suelo, ya que en la siembra P-V se presentan condiciones ambientales más favorables al cultivo del maíz, respecto a la siembra O-I.

4.2.6. Elementos que influyen en la diversidad del maíz en el trópico húmedo poblano

Caracterizar el sistema agronómico del maíz en el trópico húmedo poblano no ha sido tarea fácil, pues los factores clima y suelo son determinantes para la siembra de maíz en este ambiente. Los agricultores de esta región tienen una amplia diversidad de maíces, dadas las condiciones en que el agricultor siembra sus variedades. Muñoz (2005), menciona que en esta microrregión existe una diversidad de formas y colores de la mazorca y que el maíz se desarrolla en laderas o declives y en planicies; esto concuerda con los resultados del Cuadro 11 al comprobar que el 84.9 % de los maíces se siembra en lomeríos, el 14 % en planicies y que solo el 1.1 % fue en cerros y montañas, todo esto puede deberse a su orografía accidentada, ya que en el área de estudio se encuentran dos tipos de relieves, sierra en la parte sur y lomerío en la parte norte (Saldaña, 2011), en donde los terrenos son muy inclinados y otros planos. Algunas veces el maíz se siembra en donde ya se tiene sembrada planta de naranjales, esto para aprovechar el terreno mientras crece el naranjal. Según Gil *et al.* (2004) y Muñoz (2005) en esta microrregión solo se encontraron mazorcas de color blanco, amarillo y azul, Gil *et al.*, además mencionan que se encontraron ocho materiales pintos (combinación de dos o más colores de grano); mientras que en la selección de los materiales evaluados solo se incluyeron colores determinados en la mazorca, los cuales fueron: blanco, amarillo y azul. En el presente estudio el color rojo fue el material más escaso en la región, con solo seis accesiones, las cuales solo se encontraron en los municipios de Ayotoxco de Guerrero y Tenampulco, en cambio todos los demás colores se encontraron distribuidos en los cuatro municipios. En general, el color más importante y el más distribuido fue el blanco. Esto último tiene correspondencia con lo reportado por Gil *et al.*, (2004), quienes colectaron un total de 198 muestras, de las cuales 166 fueron de color blanco, que para nuestro caso fue algo similar en el porcentaje de este color. En otra zona del estado de Puebla, como la Mixteca Baja, en el municipio de Molcaxac, Ángeles *et al.* (2010) reportan 83.9 % de maíces de color blanco, 14.3 % de azul y 1.18 % de color amarillo; no se reportaron maíces de color

de grano rojo. Mientras que en el valle de Serdán la coloración del grano fue muy irregular pues el color blanco tuvo una frecuencia del 95 %, los maíces amarillos el 2 % y los maíces azules, negros y rojos representaron el 3 % del total (Taboada, 2000). Cabe aclarar que estas dos últimas zonas son totalmente diferentes a la zona del trópico húmedo poblano.

4.2.7. Usos principales del maíz nativo en el trópico húmedo poblano

En el Cuadro 13 se indican los principales usos para los que los agricultores destinan a los maíces, en relación a la coloración de grano, en la región del trópico húmedo poblano. En este Cuadro se muestra el total de respuestas que dieron los 93 agricultores, por lo tanto, cada uso puede tener un mínimo de 0 y un máximo de 93 repuestas. Por ejemplo, en el caso del alimento para animales (grano) tuvo un total de 87 respuestas, de las cuales 64 fueron de grano blanco, 9 de grano amarillo, 8 de grano azul y 6 de grano rojo. El uso para el grano de color blanco expresó su totalidad con 65 repuestas en la elaboración de tortillas, mientras que con 64 repuestas fueron el uso para alimentos para animales, atole, tamales y hoja para tamales, mientras que 63 agricultores mencionaron que lo ocupaban para elote. El maíz de color azul se utiliza en su totalidad para tortillas y atole con 13 respuestas, tamales y elote con 12 respuestas y hoja para tamal con 11 respuestas. El uso principal del maíz de color amarillo es para alimentar a los animales con 9 respuestas, pero también es utilizado para la elaboración de atole y como hoja para tamal con siete respuestas. Por último, el grano de color rojo, en su totalidad es utilizado como alimento de animales.

Cuadro 13. Usos del maíz nativo por color de grano en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Usos	Color de grano				Frecuencia	Porcentaje (%)
	BL	AZ	AM	RO		
Para animales	64	8	9	6	87	16.42
Tortilla	65	13	6	0	84	15.85
Atole	64	13	7	0	84	15.85
Tamales	64	12	6	0	82	15.47
Hoja para tamal	64	11	7	0	82	15.47
Elote	63	12	6	0	81	15.28
Pinole	11	1	2	0	14	2.64
Forraje	7	1	1	0	9	1.70
Dulces	4	2	0	0	6	1.13
Artesanías	1	0	0	0	1	0.19
Total					530	100.00

Color de grano: BL=blanco, AZ=azul, AM=amarillo, RO=rojo.

Es importante mencionar que solo un agricultor mencionó la elaboración de artesanías para el color de grano blanco, pero esta artesanía se elabora con el totomoxtle que puede ser del mismo color del grano. Teniendo en cuenta el porcentaje de cada respuesta de los usos, se elaboró la Figura 13 a partir de la cual se puede afirmar que el mayor uso que tiene el maíz nativo en el trópico húmedo poblano, independientemente de su color, es el alimento para animales, con un 16.42 % del total de respuestas, no obstante en conjunto, el mayor uso es para alimentación humana (incluye tortilla, atole, tamales, elote, pinole, etc.) el uso como alimento para animales es secundario; seguido por dos usos básicos para la alimentación de la región, los cuales son la elaboración de tortilla y atole, con un porcentaje del 15.85 % en cada caso; aquí se debe tomar en cuenta el proceso de nixtamalización que es la transformación del grano de maíz a masa y así para los demás subproductos como tamales, con un porcentaje del 15.47 %. El porcentaje de usos para la preparación de tamales y hoja para tamal tiene el mismo porcentaje, mientras que el uso para elaboración de artesanía es el más bajo de todos, con un porcentaje de 0.19 %, es decir, solo un agricultor de 93 respondió a este uso.

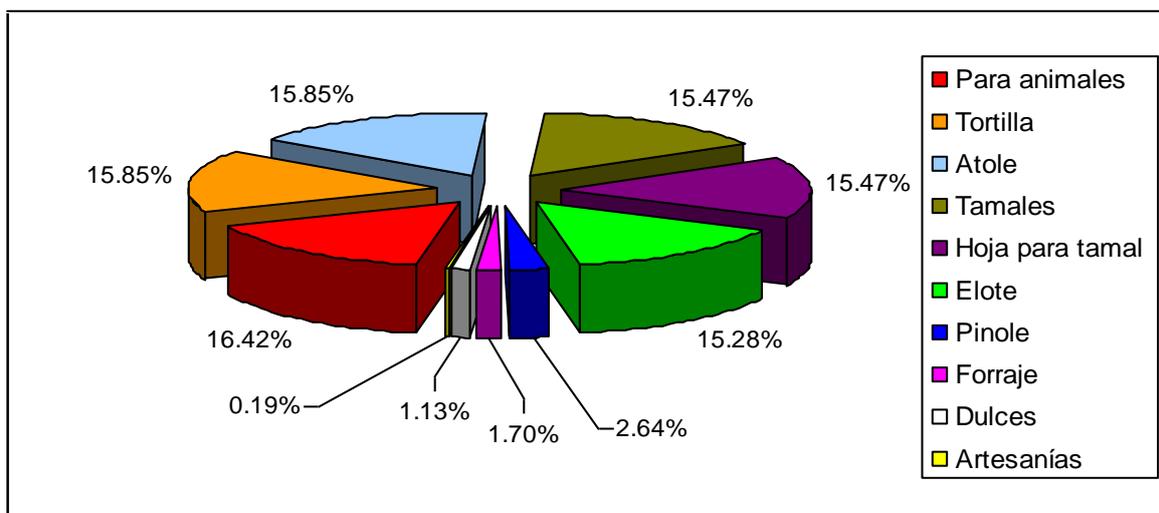


Figura 13. Distribución de los usos principales del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

4.2.8. Características del maíz nativo en el trópico húmedo poblano

En el Cuadro 14 se muestran las características que, a juicio de los agricultores encuestados, son las mejores que poseen los maíces nativos en el trópico húmedo poblano, de acuerdo con su color de grano. La nixtamalización, es para todos los agricultores la mejor característica, pues en todos los colores de los maíces se reporta con el mayor número de respuestas. Mientras que en el segundo lugar de color blanco y azul se reportan las siguientes características: bueno para alimentación del ganado y la duración en el almacén con 64 y 12 respuestas, respectivamente. Mientras que en el color amarillo y rojo se mantienen en su

totalidad las respuestas relacionadas con la característica de bueno para la alimentación del ganado, quedando para el segundo lugar en ambos colores la característica de la duración en el almacén, con 8 y 5 respuestas, respectivamente.

Cuadro 14. Mejores características por color de grano del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Mejores características	Color del grano				Frecuencia	Porcentaje (%)
	BL	AZ	AM	RO		
Bueno para nixtamal	65	13	9	6	93	28.62
Bueno para el ganado	64	12	9	6	91	28.00
Duran en el almacén	64	12	8	5	89	27.38
Resistencia a la sequía	11	4	3	2	20	6.15
Resistencia a plagas	8	3	3	2	16	4.92
Alto rendimiento	11	2	2	1	16	4.92
Total					325	100.00

Color de grano: BL=blanco, AZ=azul, AM=amarillo, RO=rojo

En la Figura 14 están representadas las mejores características, de acuerdo al porcentaje de 325 respuestas que dieron los agricultores encuestados en el trópico húmedo poblano, independientemente de los colores de grano. El mejor atributo reportado se refiere a que el maíz es bueno para nixtamal, donde todos los agricultores encuestados están de acuerdo en que el maíz de la región es el mejor para este proceso, independientemente de su color, lo cual tiene mucha relación con los usos del maíz, ya que en la región se utiliza este proceso para la elaboración de masa, la cual sirve para la elaboración de la tortilla y el atole. La segunda mejor característica reportada fue que el maíz es bueno para la alimentación del ganado, con un total de 91 respuestas y un porcentaje de 28.00 %.

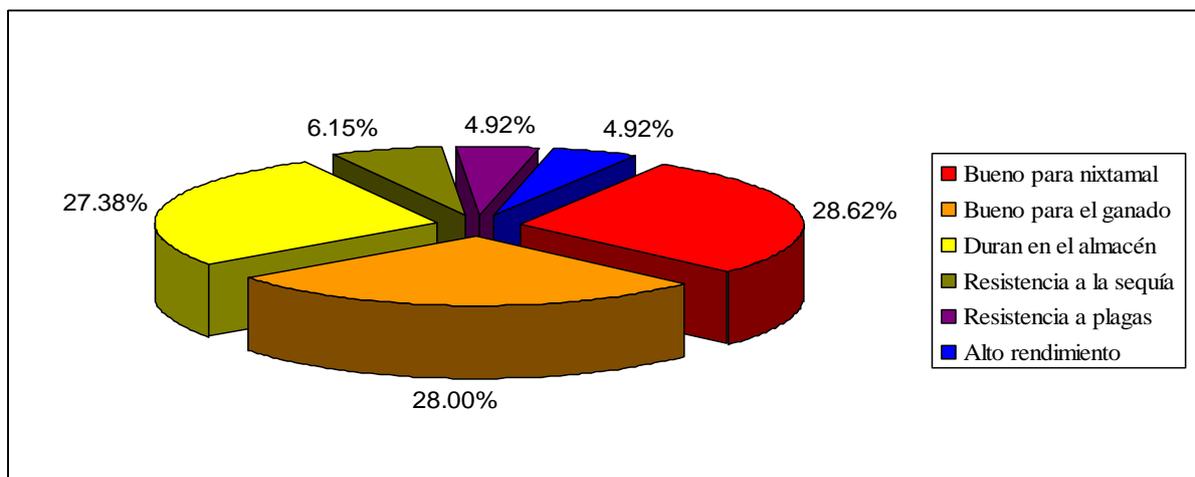


Figura 14. Distribución de las mejores características del maíz nativo en el trópico húmedo poblano.

El tercer mejor atributo fue la duración de maíz en almacén, a lo que dieron crédito 89 agricultores con un porcentaje de 27.38 %. En el Cuadro señalado también se presentan los porcentajes de otras características consideradas como favorables que tienen los maíces de la región. Entre esas características destacan la resistencia a las plagas y los altos rendimientos, ambas con un mismo porcentaje de 4.92 %.

4.2.9. Las características a mejorar en los maíces nativos del trópico húmedo poblano

En el Cuadro 15 se presentan las características, con base en la coloración de grano, que el agricultor desearía mejorar en los maíces nativos del trópico húmedo poblano. Dentro de estas características destaca la resistencia a sequía como la máxima prioridad que el agricultor desea mejorar, ya que todos los agricultores encuestados están de acuerdo en mejorar esta característica, independientemente de su color. Los agricultores también desearían mejorar la característica de resistencia al acame del maíz blanco, quedando en segundo lugar las características de aumento de rendimiento y menor daño en almacén con 64 respuestas. Por otro lado, los agricultores de los maíces de color azul y amarillo respondieron las mismas características a mejorar, las cuales junto con la resistencia a la sequía comparten el primer lugar y son las que se desean mejorar en estos dos colores: aumento de rendimiento, resistencia al acame y menor daño en almacén. Por último, el grano de color rojo comparte el primer lugar de las características a mejorar de resistencia a la sequía con el aumento de rendimiento, menor daño en almacén, mayor precocidad y porte bajo.

Cuadro 15. Características a mejorar por color de grano del maíz nativo en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Característica a mejorar	Color de grano				Frecuencia	Porcentaje %
	BL	AZ	AM	RO		
Resistencia a sequía	65	13	9	6	93	15.32
Aumentar rendimiento	64	13	9	6	92	15.16
Resistencia al acame	65	13	9	5	92	15.16
Menor daño en almacén	64	13	9	6	92	15.16
Aumentar follaje	58	12	8	5	83	13.67
Mayor precocidad	54	11	8	6	79	13.01
Porte bajo	51	11	8	6	76	12.52
Total					607	100.00

Color de grano: BL=blanco, AM=amarillo, AZ=azul, RO=rojo

En la Figura 15 se muestran gráficamente y de manera general, es decir, sin considerar la coloración de grano, las características que los agricultores consideran susceptibles de mejorar en los maíces nativos de la zona de estudio. El mayor porcentaje lo obtuvo la

característica de resistencia a la sequía, ya que todos los agricultores encuestados han considerado que los materiales nativos locales tienen alguna deficiencia en este sentido. Mientras que las tres siguientes características a mejorar serían el aumento de rendimiento, resistencia al acame y menor daño en almacén, teniendo casi el total de respuestas con un valor de 92 afirmaciones cada una, con un porcentaje de 15.16. El daño en almacén tuvo una contradicción con los resultados del Cuadro 14, donde se menciona que 89 agricultores, dicen estar convencidos de que esta es una de las mejores características de los maíces nativos. Quizá esta contradicción puede deberse a que el maíz que se cosecha y se almacena durante el verano (ciclo P-V) tiene una menor duración en el almacén debido a las altas temperaturas y elevada humedad ambiental, mientras que el maíz que se cosecha y se almacena en invierno (ciclo O-I) tiende a tener mayor duración en el almacén debido a que las condiciones ambientales son diferentes en los dos ciclos del año. El bajo porte tuvo el menor porcentaje con 12.52 %, esto puede deberse a que el agricultor le da poca importancia al porte de la altura de la planta. En estas respuestas se nota que el agricultor tuvo mayor participación que en la secciones de usos y mejores características, lo cual puede indicar que a pesar de los buenos atributos que poseen los maíces nativos, a percepción de los agricultores de la región, aún es necesario mejorar algunos aspectos desventajosos de este tipo de materiales.

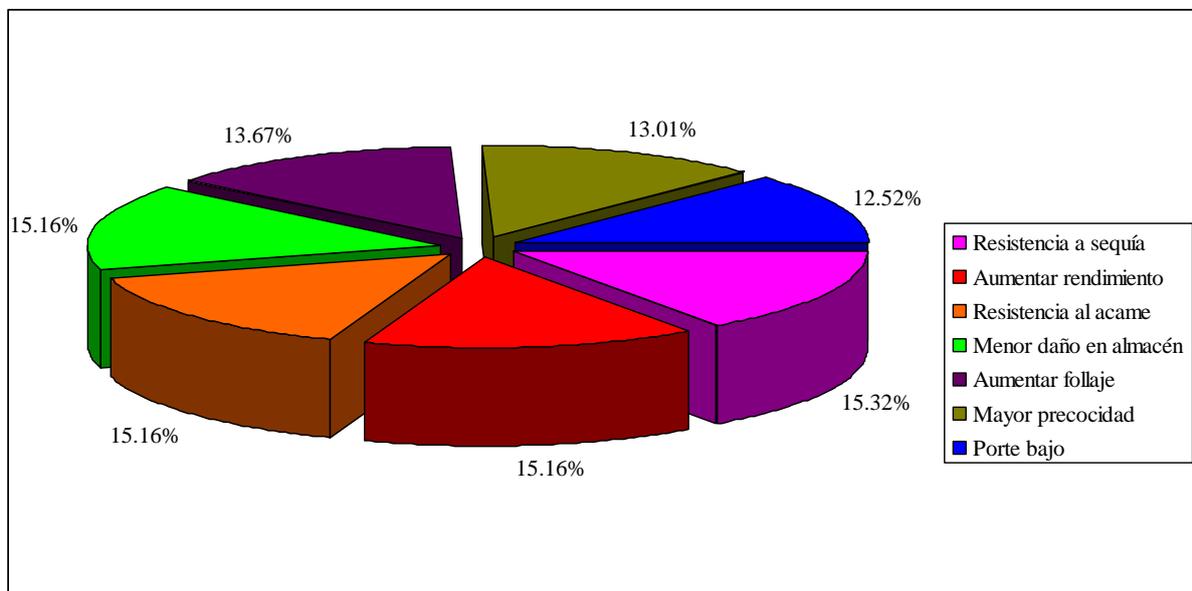


Figura 15. Distribución de las características a mejorar del maíz nativo en el trópico húmedo poblano.

En el Cuadro 16 se presenta la información correspondiente a las respuestas proporcionadas por los agricultores encuestados a la única pregunta abierta que se realizó durante la aplicación de los cuestionarios: ¿Por qué razón sigue sembrando semilla nativa? La respuesta

con mayor frecuencia fue que es la mejor variedad en cuanto al rendimiento de grano, producción de hoja de totomoxtle y facilidad de desgrane, con un total de 44 respuestas, lo que equivale a un 47 % de las 93 encuestas. La segunda razón por la cual siguen sembrando semilla nativa los agricultores de esta zona es la opción que indica que es una costumbre de los agricultores, con una frecuencia de 14 encuestados y un porcentaje de 15.1 %. En el Cuadro 9 también encontramos una serie de respuestas combinadas, es decir, hubo agricultores que contestaron la pregunta dando dos respuestas a la vez, esto sucedió porque la pregunta fue abierta y cada agricultor pudo expresar diferentes opciones al contestar; así fue el caso de las respuestas de menor frecuencia con el total de un agricultor y un porcentaje de 1.1 %, para los casos en que los agricultores consideran que siembran maíz nativo porque es la mejor variedad en cuánto al rendimiento de grano, producción de hoja, facilidad de desgrane y porque es una costumbre; otro agricultor contestó que siembra porque aparte de que es la mejor variedad es económica; el tercer agricultor manifestó que siembra maíz porque es un alimento de autoconsumo y es costumbre sembrarlo; por último un cuarto agricultor mencionó que siembra maíz por que vende la hoja y es una costumbre sembrar este grano básico.

Cuadro 16. Razones por las cuales los productores siguen sembrando semilla nativa de maíz en cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

¿Por qué sigue sembrando semilla nativa?	Color de grano				Frecuencia	Porcentaje (%)
	BL	AZ	AM	RO		
Porque es la mejor variedad en cuánto al rendimiento, hoja, desgrane en esta región	30	6	4	4	44	47
Porque es una costumbre	8	4	1	1	14	15.1
Porque es lo único que tenemos o porque no hay otra semilla	11	1	1	0	13	14
Porque es saludable, es para el autoconsumo, o es el principal alimento	5	1	0	1	7	7.5
Porque es la mejor variedad en cuánto al rendimiento, hoja, desgrane en esta región y vendo la hoja	3	1	1	0	5	5.4
Porque es la mejor variedad en cuánto al rendimiento, hoja, desgrane en esta región y es saludable, es para el autoconsumo, o es el principal alimento	1	0	1	0	2	2.2
Porque vendo la hoja	2	0	0	0	2	2.2
Porque es económico	1	0	1	0	2	2.2
Porque es la mejor variedad en cuánto al rendimiento, hoja, desgrane en esta región y es una costumbre	1	0	0	0	1	1.1
Porque es la mejor variedad en cuánto al rendimiento, hoja, desgrane en esta región y es económico	1	0	0	0	1	1.1
Porque es saludable, es para el autoconsumo, o es el principal alimento y es una costumbre	1	0	0	0	1	1.1
Porque vendo la hoja y es una costumbre	1	0	0	0	1	1.1
Total					93	100

Color de grano: BL=blanco, AZ=azul, AM=amarillo, RO=rojo.

4.2.10. Los usos y características de los maíces nativos del trópico húmedo poblano

La diversidad de los maíces nativos en una región determinada está asociada principalmente a la precocidad, color de grano y los usos que los agricultores dan a los productos y subproductos de este cultivo. El tipo de maíz que se siembra en un sitio específico depende de la humedad del suelo, la temperatura, la altitud de cada microrregión y para los diferentes usos a que se destinará la producción. La diversidad del maíz está presente también a nivel regional y local en los denominados “patrones varietales”, definidos éstos como un sistema que conjunta los grupos de variedades con diferente precocidad, los estratos o niveles ambientales y las relaciones entre ellos (Muñoz, 2005; López y Muñoz, 1984). Muñoz (2005) afirma que el color de grano no se trata sólo de una diferencia de color, sino de la naturaleza del endospermo del grano y que esto guarda asociación con los diferentes usos que a esos maíces se les han asignado, pero también confirma que el patrón varietal, no solo representa capacidad de adaptación, sino también, genéticamente hablando, propiedades determinantes de los usos. En contraste, el mismo autor menciona que los maíces introducidos no sólo son superados en rendimiento, sino que carecen de características relacionadas a los usos regionales, por ejemplo, la nixtamalización, extensibilidad de la masa, dureza, suavidad de la tortilla, olor, sabor, tiempo de cocción y en general, con características relacionadas con el aspecto alimentario y agronómico. Esto ocurre porque en la selección de los maíces introducidos no se consideraron estas propiedades. La necesidad más amplia es de maíz blanco, para la tortilla, el maíz amarillo es el segundo más importante para el agricultor ya que sirve para alimentar a los animales mientras que el color azul sirve para los antojitos (Muñoz, 2005; Ortega, 2003). Para nuestro caso estuvo presente la alimentación de animales, pues fue el principal uso independientemente de su color, pero sí se considera todas las opciones posibles de la alimentación humana (tortilla, atole, tamales, elote, pinole, etc.) sucede todo lo contrario, es decir, se tiene un mayor peso en el uso de alimentación humana. En el segundo lugar la elaboración de tortillas y atole, y en tercer lugar la preparación de tamales e igualmente la hoja para tamal; esto podría suceder porque el maíz lo siembran para el autoconsumo. Según Ortega (2003) se tienen diferentes colores de maíz, sobre todo en el trópico, lo cual permite aprovechar al máximo las condiciones agroecológicas. La mejor característica de los maíces nativos en la región del trópico húmedo poblano fue que son buenos para la nixtamalización; al respecto, Rangel *et al.* (2004) y Muñoz (2005) mencionan que los maíces nativos tienen la ventaja de una excelente nixtamalización que da lugar a una mayor calidad en la extensibilidad de masa, suavidad, olor, sabor, etc. dependiendo del color y tiempo de cocción. Es importante el proceso de nixtamalización ya que de éste depende la

calidad y cantidad de la masa para los subproductos como la tortilla, atole y tamales. Los colores de maíz nativo encontrados en el trabajo de Rangel *et al.* (2004) realizado en Ecatlán, Jonotla, en la Sierra Norte de Puebla, son los mismos cuatro colores de grano identificados en los municipios que comprendió la zona del presente estudio, esto puede deberse a la cercanía de municipios de los dos trabajos y a la similitud en el clima tropical. Los resultados de tales trabajos indican que los maíces nativos tienen la característica de ser buenos para el proceso de nixtamalización. El trabajo de Rangel *et al.* (2004) fue con bases técnicas, mientras que en el presente estudio se tomaron en cuenta únicamente las respuestas de los agricultores. Según la percepción de los agricultores, los maíces de la región son los mejores para obtener masa y así elaborar los subproductos que dan origen a esa gran diversidad de usos presente en los maíces nativos, entre los cuales destacan la tortilla y el atole. Por otro lado, el agricultor manifestó su interés por mejorar algunas características como la resistencia a sequía, aumentar el rendimiento, resistencia al acame y menor daño en almacén. La cuestión del rendimiento es algo contradictorio, pues 16 de 93 agricultores piensan que tiene un alto rendimiento mientras que 92 mencionaron que se deberían mejorar los materiales nativos para aumentar esta característica; según datos de SIAP 2010, el rendimiento de maíz en el estado de Puebla es de $1.90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ y el nacional es de $3.26 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, mientras que los agricultores obtienen entre 0.8 a $1.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ en promedio. Pero una de las principales causas que afectan la fisiología de la plantas son las altas temperaturas, que tienen relación con los golpes de calor, especialmente en los meses de abril, mayo, junio y julio. Las razones principales por las que los agricultores siguen sembrando la semilla nativa son por todas sus características que les permiten diversificar sus usos, solventar sus necesidades de autoconsumo y comercializar los productos derivados, como la venta de hoja, lo cual, puede traducir en ingresos para ellos y sus familias. Se considera conveniente realizar investigaciones más específicas, retomando con más detalle aspectos como la aptitud de uso por color de grano, así como las condiciones en que se siembra cada tipo de maíz en esta región; también es importante definir con precisión cómo es que los usos son una causa de diversidad y definir por lo tanto por qué el agricultor sigue sembrando diferentes tipos de maíces y contribuyendo a mantener tal diversidad.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir de forma general que:

- a) En los municipios de Tenampulco, Ayotoxco de Guerrero, Hueytamalco y San José Acateno pertenecientes al trópico húmedo poblano, existe una gran diversidad genética en los maíces nativos, expresada por una amplia variación en la mayoría de las variables morfológicas evaluadas. Asimismo, se detectó una gran diversidad de usos, estrechamente relacionada con la coloración de grano y las características favorables que posee cada color de maíz para el agricultor de la región. Tales diversidades son generadas por los propios agricultores, la planta de maíz, el ambiente y la interacción de todos estos elementos.
- b) Los maíces nativos cultivados en el trópico húmedo poblano pueden considerarse como pertenecientes a la raza Tuxpeño. De entre ellos, los colectados en el estrato altitudinal de los 147 a los 352 msnm, en un área de clima cálido húmedo con lluvias todo el año, son los que mantienen mayor correspondencia con la raza ya mencionada, tal como lo señalan los resultados del análisis de componentes principales y de conglomerados.
- c) En la parte técnica de esta investigación quedaron evidenciados los componentes del patrón varietal del maíz nativos de los cuatro municipios en el trópico húmedo poblano, a mencionar: 1) Color de grano: blanco, amarillo, azul y rojo. 2) Estratos de precocidad: precoz, el cual estuvo constituido por cinco de los siete materiales testigo comerciales, mientras que los estratos intermedio y tardío estuvieron integrados por 34 y 61 poblaciones, respectivamente 3) Características agronómicas: en conjunto, las poblaciones nativas son de mejor rendimiento promedio que las introducidas hasta en un 40 %.
- d) Existe una gran diversidad de usos de los maíces nativos en los cuatro municipios del trópico húmedo poblano. Entre los usos más importantes, independientemente del color de grano, están los destinados a la alimentación humana: elaboración de tortilla, atole, tamales, elote, hoja para tamal y la alimentación para animales. El maíz con un

color de grano blanco tiene la mayor diversidad de usos para los agricultores de esta zona.

Para finalizar, se consideró conveniente hacer una reflexión sobre el grado de cumplimiento de los objetivos planteados en la presente investigación. En relación al primer objetivo específico, se puede mencionar que si existe correspondencia en gran parte de las poblaciones de maíz nativo con el tipo racial Tuxpeño reportado para el trópico húmedo poblano. Se identificaron los componentes del patrón varietal de los maíces nativos, conformado por tres estratos de precocidad, cuatro diferentes coloraciones de grano y la caracterización agronómica de las poblaciones bajo estudio. Por último, se cumplió con el objetivo de conocer la diversidad de usos que los agricultores de la región dan a los maíces nativos que cultivan y como éstos se relacionan con las distintas coloraciones de grano. Adicionalmente, fue posible precisar cuales son, a percepción de los propios agricultores, las mejores características que presentan los maíces nativos, así como aquellas características susceptibles de mejora. Por último, con base en los resultados obtenidos es posible afirmar que en el trópico húmedo poblano hay una gran diversidad genética y de usos en los maíces nativos, la cual ha sido generada por los agricultores, las condiciones ambientales y su interacción.

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS

- Aguilar, J., Illsley, C. y Marielle, C. 2003. La diversidad del maíz en México. *En*: Esteva, G. y Marielle, C. (Eds). Sin maíz no hay país. CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México. pp. 83-122.
- Alvarado, B. G. 2010. Diversidad de maíces nativos de tres nichos ecológicos del altiplano poblano-tlaxcalteca. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad. Texcoco, estado de México. 120 p.
- Anderson, E. y Cutler, H. 1942. Races of *Zea mays* I: their recognition and classification. *Ann Missouri Bot Gard* 29: 69–88.
- Ángeles, G. E. 2010. Caracterización, rendimiento de maíces nativos y descripción de las unidades de producción en el municipio de Molcaxac, Puebla. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados. Postgrado de estrategias para el desarrollo agrícola regional. Puebla, Puebla. 205 p.
- Ángeles, G. E., Ortiz, T. E., López, P. A. y López, R. G. 2010. Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (4): 287-296.
- ASERCA. 2009. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. Ciclo Primavera Verano 2009, PROCAMPO Tradicional. Disponible en Internet: <http://www.aserca.gob.mx/artman/publish/article_1878.asp> Consultado el 30 de enero de 2010.
- Barrales, D. S., Muñoz, O. A. y Sotres, D. R. 1984. Relaciones termopluviométricas en familias de maíz bajo condiciones de temporal. *Agrociencia* 58:127-139.
- Barros, C. y Buenrostro, M. 1997. El maíz nuestro sustento. *Arqueología Mexicana* 5 (25): 6-15.
- Benz, B. F. 2001. Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA* 98(4):2104–2106.
- Bellon, M. R., Barrientos, P. A. F., Colunga, G. P., Perales, H., Reyes, A. J. A., Rosales, S. R. y Zizumbo, V. D. 2009. Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *En*: Capital natural de México, Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. pp. 355-382.
- Bressani, R. 1994. Opaque-corn in human nutrition and utilization. *En*: Larkings, B. A. y Mertz, E. P. (eds). Quality protein maize. 1964-1994. Proceedings of the international symposium on quality protein maize. Embrapa/Cnpms. Sete Lagoas, Brazil. pp. 41-63.

- Brown, W. L. y Goodman, M. M. 1988. Races of corn. *En*: Sprague, G. F. y Dudley J. W. (eds). Corn and corn improvement, 3° Ed. Agronomy Madison, Wisconsin. pp. 33-79.
- Brush, B. S. 1991. A farmer-based approach to conserving crop germplasm. *Economy Botany* 45(2):153-165.
- Caballero, H. F. y Cervantes, S. T. 1990. Estudio genético y taxonómico de poblaciones de maíz de la raza Tuxpeño. *Agrociencias serie Fitociencia* 1 (2): 43-64.
- Camacho, V. T. C. y Chávez, S. J. L. 2004. Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán, México. *En*: Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (eds). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 47-57.
- Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2006. Competitividad para la producción de maíz en los trópicos. Presentación elaborada por Luís Alberto Navarro. Disponible en Internet: <http://www.ciat.cgiar.org/Newsroom/Documents/pdf_seminars/060614_Competit_par_a_la_produc_de_maiz_en_los_tropicos-L_Narro.pdf> Recuperado el 5 de abril de 2012.
- Centro de Investigaciones Agrarias. 1980. El Cultivo de Maíz en México. Talleres de Industria Gráfica Editorial Mexicana. México, D. F. 148 p.
- Chaudhary, P., De, N. N., Joshi, K. D., Kabore, O., King, A., Pandey, Y. R., Paudel, C. L., Rana, R. B., Rijal, D. K., Salazar, R., Sherchand, K. K., Subedi, A., Tan, A. y Tiwari, P. R. 2006. Iniciación del trabajo: preparación, selección del sitio y enfoques participativos. *En*: Jarvis, D. I., Myer, L., Klemick, H., Guarino, L., Smale, M., Brown, A. H. D., Sadiki, M., Sthapit, B. y Hodgkin, T. Guía de capacitación para la conservación *in situ* en fincas. Versión 1. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Roma, Italia. pp. 137-152.
- Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis D. I. 2004. Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. 255 p.
- Comisión Nacional de Población (CONAPO). 2010. Disponible en Internet: <http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=37&Itemid=235> Recuperado el 28 de marzo de 2012.
- Díaz, A. 2012, 14 de Abril. México, primer lugar en importación de maíz en el mundo, advierte la CNPAMM. *La Jornada*. Disponible en Internet: <<http://www.jornada.unam.mx/2012/04/14/sociedad/035n1soc>> Recuperado el 14 de junio de 2012.

- Esteva, G. 2003. Los árboles de las culturas mexicanas. *En*: Esteva, G. y Marielle, C. (eds). Sin maíz no hay país. CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México. pp. 17-28.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 246 p.
- Gil, M. A., López, P. A., Muñoz, O. A. y López, S. H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *En*: Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (Eds.) Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 18-25.
- Gil, M. A. 2006a. Introducción el fitomejoramiento en cultivos anuales. Altres-Costa Amic y Colegio de Postgraduados. 82 p.
- Gil, M. A. 2006b. Conservación *in situ*. *En*: Molina, M. J. C. y Córdova, T. L. (ed.) Recursos Fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura. Informe Nacional. México. pp. 20-50.
- Gil, M. A. y Álvarez, C. N. M. 2007. El maíz criollo en la alimentación de las familias campesinas de Santiago Xalitzintla, Puebla. Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla. Cholula Puebla. México. 23 p.
- González, A. V. 1995. El maíz y su conservación. Primera edición. Editorial Trillas. México 399 p.
- Goodman, M. M. y Paterniani, E. 1969. The races of maize: III Choices of Appropriate Characters for Racial Classification. *Economic Botany* 23:265-273.
- Goodman, M. M. 1988. The history and evolution of maize. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 7(3):197-220.
- Goodman, M. M. 2002. New Sources of germoplasm: Lines, Transgenes and Breeders. *En*: Simposio “el fitomejoramiento ante los avances científicos y tecnológicos”. Memoria del XIX Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y Sociedad Mexicana de Fitogenética A. C. Saltillo, Coahuila. pp. 28-41.
- Hernández, C. J. M. 1999. La diversidad del maíz Mexicano y sus Conservación. 2do Taller Nacional de Especialidades de maíz. 9-10 septiembre. Saltillo, Coahuila. pp. 1-15.
- Hernández, X. E. 1972. Exploración etnobotánica en maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8: 46-51.

- Herrera, C. B. E., Castillo, G. F., Sánchez, G. J. J., Ortega, P. R. y Goodman, M. M. 2000. Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:335-354.
- Herrera, C. B. E., Castillo, G. F., Sánchez, G. J. J., Hernández, C. J. M., Ortega, P. R. A. y Goodman, M. M. 2004. Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- Holley, R. N. y Goodman, M. M. 1988. Yield potential of tropical hybrid maize derivatives. *Crop Science* 28: 213-218.
- Hortelano, S. R. R. 2010. Diversidad morfológica y variación isoenzimática de maíces nativos del altiplano centro-oriente del estado de Puebla. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad. Texcoco, estado de México. 68 p.
- Hortelano, S. R. R., Gil, M. A., Santacruz, V. A., Miranda, C. S. y Córdova, T. L. 2008. Diversidad morfológica de maíces nativos en el Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34 (2): 189-200.
- Iltis, H. H. 2000. Homeotic sexual translocations and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. *Economic Botany* 54(1):7-42.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED). 2009. Enciclopedia de los municipios México, Puebla. Gobernación del estado de Puebla. Disponible en Internet: <http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Puebla> Recuperado el 5 de abril de 2010.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2010. Anuario estadístico de Puebla. Tomo I. INEGI-Gobierno del Estado de Puebla. INEGI. México. Disponible en Internet: <http://puebla.gob.mx/phocadownload/portal_puebla/estadisticas/estadisticas_ctgp/anuarios/2010/agricultura2010.pdf> Recuperado el 10 de agosto de 2011.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Puebla. Disponible en Internet: <<http://mapserver.inegi.org.mx/dsist/prontuario/index2.cfm>> Recuperado el 11 de abril de 2012.
- Jarvis, D. I., Myer, L., Klemick, H., Guarino, L., Smale, M., Brown, A. H. D., Sadiki, M., Sthapit, B. y Hodgkin, T. 2006. Guía de capacitación para la conservación *in situ* en fincas. Versión 1. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Roma, Italia. 189 p.
- Kato, Y. T. A., Mapes, S. C., Mera, O. L. M., Serratos, H. J. A. y Bye, B. R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.

- López, H. A. y Muñoz, O. A. 1984. Relación de la coloración del grano con la precocidad y la producción en maíces de valles altos. *Revista Chapingo* 43 (44): 31-37.
- López, M. F. 2009. Colecta de maíz criollo (*Zea mays* L.) en cuatro municipios del trópico poblano. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica. Puebla, Teziutlán. 89 p.
- López, P. A., López, S. H. y Muñoz, O. A. 1998. Selección de maíces criollos en nichos ecológicos del estado de Puebla. *En*: Ramírez, V. P., Zavala, G. F., Gómez, M. N. O., Rincón, S. F. y Mejía, C. A. (Eds.). *Memorias del XVII Congreso de Fitogenética: Notas Científicas*. SOMEFI. Chapingo, México. 236 p.
- López, R. G., Santacruz, V. A., Muñoz, O. A., Castillo, G. F., Córdova, T. L. y Vaquera H. H. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290.
- Márquez, S. F. 1990. Backcross theory for maize. I. Homozygosis and heterozygosis. *Maydica* 35: 17-22.
- Márquez, S. F., Sahagún, C., L. J., Carrera, V. A., Barrera, G. E. 2000. Retrocruza limitada para el mejoramiento genético de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo, México. p. 53.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas, México D.F. 756 p.
- Mijangos, C. J. O. 2010. FZ014-Colecta de maíces nativos en regiones estratégicas de la península de Yucatán informe final. Centro de Investigación Científica de Yucatán A. C. 39 p. Disponible en Internet: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo8_ResultadosProyectos/FZ014/Informe%20final/Informe%20final_%20FZ014.pdf> Recuperado el 28 de septiembre del 2011.
- Miranda, C. S. 2005. El origen genético y geográfico del maíz (*Zea mays* L.). *En*: Muñoz, O. A. Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico, Glosario Centli-Maíz. (2° edición). Colegio de Posgraduados. Montecillo, Estado de México. pp. 147-159.
- Muñoz, O. A. 2005. Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico, Glosario Centli-Maíz. (2° edición). Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 210 p.
- Museo Nacional de Culturas Populares. 1984. El Maíz, fundamento de la cultura popular Mexicana. Secretaría de Educación Pública. México. 114p.

- Ortega, R. C, 2003. La diversidad del maíz en México. *En*: Esteva, G. y C. Marielle (eds). Sin maíz no hay país. CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México. pp. 123-154.
- Ortega, R. C, y Ochoa, B. P. 2003. El maíz: Un legado de México para el Mundo. *Revista Claridades Agropecuarias* 123: 3-16.
- Ortiz, C. J. 1994. La investigación en genotecnia vegetal y su impacto en la producción. *Revista de la Academia de la Investigación Científica* 45: (4) 313-320.
- Paliwal, R. L. 2001. Mejoramiento del maíz con objetivos especiales. *En*: Paliwal, R. L., Granados, G., Lafitte, R. H., Violic, D. A. (eds). El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Departamento Agrícola. FAO. Roma, Italia.
- Parsons, B. D. 1991. Maíz. Segunda Edición. Editorial Trillas. México. 56 p.
- Pérez, C. A., Molina, G. J. D. y Martínez, G. A. 2002. Adaptación al clima templado de razas tropicales y subtropicales de maíz de México por selección masal visual. Rendimiento, altura de planta y precocidad. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25 (4): 435-441.
- Phoelman, A. M. 2005. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. 2° Edición. México, D. F. 511 p.
- Piperno, D. R. y Flannery K. V. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. *Proceedings of the National Academy of Sciences. USA* 98(4): 2101–2103.
- Polanco, J. A. y Flores M. T. 2008. Bases para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz. *Foro Consultivo Científico y Tecnológico*. México. 244 p.
- Rangel, M. E., Muñoz, O. A., Vázquez, C. G., Cuevas, S. J., Merino, C. J. y Miranda, C. S. 2004. Nixtamalización, elaboración y calidad de tortilla de maíces de Ecatlán, Puebla, México. *Revista Agrociencia* 38 (1): 53-61.
- Reyes, C. P. 1990. El maíz y su cultivo. AGT Editor. S. A. México. 460 p.
- Reyes, L. D., Molina, G. J. D., Oropeza, R. M. A. y Moreno, P. E. C. 2004. Cruzas dialélicas entre líneas autofecundadas de maíz derivadas de la raza Tuxpeño. *Fitotecnia Mexicana* 27 (1): 49-56.
- Roberts, L. M. 1950. Las razas mexicanas de maíz más útiles como material básico para el mejoramiento. *En*: La Primera Asamblea Latinoamericana de Fitogenetistas. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México. Folleto No. 3 pp. 71-84.

- Saldaña, M. J. A. 2011. Medio físico. *En*: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 27-45.
- Sánchez, G. J. J. y Goodman, M. M. 1992. Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany* 46: 72-85.
- Sánchez, G. J., Goodman, M. M., Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany* 54: 43-59.
- Sánchez, R. G., Martínez, M. F. A. y López, L. A. 1998. Oportunidades de desarrollo del maíz mexicano. FIRA. 124 p.
- Santacruz, V. A. y de la O, O. M. 2006. Utilización de los recursos fitogenéticos. *En*: Molina M., J. C. y Córdova T. L. (ed.) Recursos Fitogenéticos en México para la alimentación y la agricultura. Informe Nacional. México. pp. 109-129.
- Serratos, J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Greenpeace. 33 p. Disponible en Internet: <<http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2009/3/el-origen-y-ladiversidad-del.pdf>> Recuperado el 25 de julio de 2010.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2010. SAGARPA-Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. Cierre de la producción agrícola por estado. Disponible en Internet: <http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351> Recuperado el 06 de septiembre de 2011.
- Statistical Analysis System (S.A.S) Institute. 2002. SAS User's Guide Statistics. Release 9.0. SAS Institute. USA.
- Statistical Package for the Social Sciences (S.P.S.S.) Inc. 2006. versión 15.0, [software de computadora en disco]. Chicago, EEUU: SPSS.
- Taboada, G. O. R. 2000. Patrón varietal de los maíces del Valle de Serdán, Puebla. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad. Especialidad de Genética. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. De México. 103 p.
- Tucuch, C. C. A., Rodríguez, H. S. A., Reyes, V. M. H., Pat, F. J. M., Tucuch, C. F. M. y Córdova, O. H. S. 2011. Índices de selección para producción de maíz forrajero. *Revista Agronomía Mesoamericana* 22(1):123-132.
- Turrent, F. A. y Serratos J. A. 2004. Context and Background on Maize and its Wild Relatives in Mexico; Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in Mexico. CCA, Montreal Canadá. 55 p.

- Vargas, L. A. 2007. La historia incompleta del maíz y su nixtamalización. *Revista Cuadernos de Nutrición* 30 (3):97-102.
- Vavilov, N. I. 1987. *Origin and Geography of Cultivated Plants. Collected papers, 1920-1940.* Cambridge University Press. Disponible el mapa en Internet: <<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/global-centres-of-crop-origin>> Recuperado el 28 de febrero de 2012.
- Wellhausen, J. E., Roberts, M. L., Hernández, X. E., en colaboración con Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de maíz de México, su origen, características y distribución. Xolocotzia. Tomo II. *Revista de Geografía Agrícola.* pp. 609-732.
- Yanes, G. G. 2011. Diversidad de ecosistema. *En:* Coordinador Nacional Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado.* México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. pp. 71-90.

ANEXOS

Anexo A. Poblaciones de maíz evaluadas en las localidades de La Virgen (Hueytamalco) y Rancho Nuevo (Ayotoxco de Guerrero) en el año 2009-2010.

Tratamiento	Identificación	Municipios	Comunidades	Color
1	AAM56	Ayotoxco	El Arenal	Amarillo
2	AAM57	Ayotoxco	El Arenal	Blanco
3	AAM58	Ayotoxco	El Arenal	Blanco
4	AAM59	Ayotoxco	El Arenal	Azul
5	ACM106	Ayotoxco	Copales	Blanco
6	ACM107	Ayotoxco	Copales	Blanco
7	AFM89	Ayotoxco	Flores Villar	Blanco
8	AFM90	Ayotoxco	Flores Villar	Amarillo
9	AFM91	Ayotoxco	Flores Villar	Azul
10	AFM92	Ayotoxco	Flores Villar	Rojo
11	AFM93	Ayotoxco	Flores Villar	Blanco
12	AFM94	Ayotoxco	Flores Villar	Amarillo
13	AFM95	Ayotoxco	Flores Villar	Azul
14	AFM96	Ayotoxco	Flores Villar	Rojo
15	AFM98	Ayotoxco	Flores Villar	Blanco
16	AFM99	Ayotoxco	Flores Villar	Azul
17	AMM80	Ayotoxco	La Manigua	Blanco
18	AMM81	Ayotoxco	La Manigua	Rojo
19	AQM75	Ayotoxco	La Quebradora	Amarillo
20	AQM77	Ayotoxco	La Quebradora	Blanco
21	AQM79	Ayotoxco	La Quebradora	Blanco
22	ARM64	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Blanco
23	ARM66	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Blanco
24	ARM67	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Blanco
25	ARM68	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Amarillo
26	ARM69	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Azul
27	ARM70	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Rojo
28	ARM73	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Rojo
29	ARM74	Ayotoxco	Rancho Nuevo	Blanco
30	HDM173	Hueytamalco	Dos Ríos Nuevo	Blanco
31	HDM174	Hueytamalco	Dos Ríos Nuevo	Amarillo
32	HDM177	Hueytamalco	Dos Ríos Nuevo	Blanco
33	HDM178	Hueytamalco	Dos Ríos Nuevo	Blanco
34	HEM203	Hueytamalco	Ejido Tenexate	Blanco
35	HEM204	Hueytamalco	Ejido Tenexate	Blanco
36	HLM199	Hueytamalco	La Soledad	Blanco
37	HLM200	Hueytamalco	La Soledad	Blanco
38	HMM163	Hueytamalco	El Mirador	Blanco
39	HMM166	Hueytamalco	El Mirador	Blanco
40	HOM186	Hueytamalco	Monteceli	Azul

Anexo A. Continuación...

Tratamiento	Identificación	Municipios	Comunidades	Color
41	HOM188	Hueytamalco	Monteceli	Blanco
42	HOM189	Hueytamalco	Monteceli	Amarillo
43	HOM191	Hueytamalco	Monteceli	Blanco
44	HOM193	Hueytamalco	Monteceli	Azul
45	HRM182	Hueytamalco	Dos Ríos Viejo	Blanco
46	HRM184	Hueytamalco	Dos Ríos Viejo	Blanco
47	HRM185	Hueytamalco	Dos Ríos Viejo	Blanco
48	HTM179	Hueytamalco	Cerro Tajitepec	Blanco
49	HTM180	Hueytamalco	Cerro Tajitepec	Blanco
50	HTM181	Hueytamalco	Cerro Tajitepec	Blanco
51	JAM227	San José Acateno	Arroyo Blanco	Blanco
52	JAM230	San José Acateno	Arroyo Blanco	Blanco
53	JCM235	San José Acateno	Palmartepec	Blanco
54	JCM236	San José Acateno	Palmartepec	Blanco
55	JDM209	San José Acateno	Dos Caminos	Blanco
56	JDM210	San José Acateno	Dos Caminos	Blanco
57	JDM211	San José Acateno	Dos Caminos	Blanco
58	JDM213	San José Acateno	Dos Caminos	Blanco
59	JDM214	San José Acateno	Dos Caminos	Amarillo
60	JEM217	San José Acateno	Ejido Palo Gacho	Blanco
61	JEM218	San José Acateno	Ejido Palo Gacho	Blanco
62	JPM221	San José Acateno	Palo Gacho	Blanco
63	JPM222	San José Acateno	Palo Gacho	Blanco
64	JPM224	San José Acateno	Palo Gacho	Azul
65	JPM226	San José Acateno	Palo Gacho	Azul
66	JRM246	San José Acateno	Río Verde	Blanco
67	JTM249	San José Acateno	Tamarindo	Blanco
68	JTM250	San José Acateno	Tamarindo	Blanco
69	JUM240	San José Acateno	El Uvero	Blanco
70	JUM243	San José Acateno	El Uvero	Blanco
71	JUM244	San José Acateno	El Uvero	Azul
72	TAM7	Tenampulco	Arroyo Zarco	Blanco
73	TAM8	Tenampulco	Arroyo Zarco	Blanco
74	TBM28	Tenampulco	Arroyo Blanco	Blanco
75	TCM10	Tenampulco	Colonia Morel	Blanco
76	TCM11	Tenampulco	Colonia Morel	Blanco
77	TCM12	Tenampulco	Colonia Morel	Blanco
78	TFM49	Tenampulco	La Florida	Rojo
79	TFM50	Tenampulco	La Florida	Blanco
80	TFM52	Tenampulco	La Florida	Blanco
81	TRM34	Tenampulco	Caracoles	Blanco
82	TRM36	Tenampulco	Caracoles	Blanco
83	TSM20	Tenampulco	Saltillo	Blanco

Anexo A. Continuación...

Tratamiento	Identificación	Municipios	Comunidades	Color
84	TSM23	Tenampulco	Saltillo	Azul
85	TSM25	Tenampulco	Saltillo	Blanco
86	TSM26	Tenampulco	Saltillo	Amarillo
87	TSM27	Tenampulco	Saltillo	Azul
88	TVM31	Tenampulco	Santa Cruz Buena Vista	Azul
89	TVM32	Tenampulco	Santa Cruz Buena Vista	Blanco
90	TVM33	Tenampulco	Santa Cruz Buena Vista	Blanco
91	TZM3	Tenampulco	El Zapote	Blanco
92	TZM4	Tenampulco	El Zapote	Blanco
93	TZM5	Tenampulco	El Zapote	Blanco
94	Tuxpeño			Blanco
95	CPVM-			Blanco
96	CP-560			Blanco
97	CP-562			Blanco
98	PROGRA			Blanco
99	CML494x			Amarillo
100	CLO2450x			Amarillo

Anexo B. Concentrado del análisis de varianza de las variables evaluadas en maíces nativos, en dos localidades del trópico húmedo poblano, 2009.

Nº	VARIABLES	LOC1			LOC2		
		CMP	Error	CV	CMP	Error	CV
I. CARACTERES VEGETATIVOS							
1	Altura de planta (ALTPL) (cm)	1811.570**	347.124	7.298	1937.463**	248.193	5.732
2	Altura de mazorca (ALTMZ) (cm)	1337.201**	208.017	9.603	1197.418**	214.479	9.325
3	Hojas arriba de la mazorca (NHARR)	0.317**	0.094	5.446	0.267**	0.074	4.743
4	Hojas debajo de la mazorca (NHABA)	2.166**	0.516	8.572	1.451**	0.481	8.710
5	Calificación de aspecto de planta (ASPL)	0.579**	0.348	14.931	0.506**	0.120	9.346
6	Calificación de planta cosechada (CALPL)	0.013**	0.005	1.407	0.608**	0.245	13.812
7	Calificación de mazorca (CALMZ)	0.455ns	0.320	14.259	0.350**	0.144	13.484
II. CARACTERES AGRONÓMICAS							
8	Días de floración masculina (DFM)	86.878**	18.187	3.369	49.054**	11.950	2.989
9	Días de floración femenina (DFF)	121.424**	24.118	3.678	82.269**	17.180	3.461
10	Asincronía floral (ASFLO)	12.347**	5.831	33.928	8.395**	3.202	42.850
11	Porcentaje de plantas cuateras (PLCUAT)	0.781ns	0.777	542.830	91.664ns	76.583	99.219
12	Peso del grano (PESGRANO) (g)	260.528**	157.064	32.632	953.424**	455.476	20.632
13	Peso del olote (PESOLOTE) (g)	11.226**	6.075	28.769	34.922**	10.783	17.679
14	Números de mazorca totales (TONUMAZ)	75.969**	21.996	43.507	133.857**	30.450	28.793
15	Factor de desgrane (FDES)	0.004**	0.001	4.465	0.003**	0.001	3.315
16	Porcentaje materia seca (MASECA)	0.004**	0.002	5.109	0.002ns	0.002	5.489
17	Rendimiento (RENDHA) (Kg ha ⁻¹)	233532**	53172	50.627	2183092**	473706	33.941
III. CARACTERES DE LA ESPIGA							
18	Longitud total (LONTOL) (cm)	44.452ns	30.678	9.453	49.376**	21.388	7.018
19	Longitud ramificada (LORA) (cm)	32.459ns	24.556	12.344	35.275**	11.527	7.619
20	Longitud de rama central (LORACE)(cm)	17.970ns	13.218	13.785	19.329**	8.114	9.685
21	Longitud del pedúnculo (LONPED) (cm)	7.889**	4.486	10.479	9.287**	4.196	9.495
22	Numero de ramas (NRAM)	17.619**	7.443	14.283	14.246**	5.369	12.960
IV. CARACTERES DE TOTOMOXTL							
23	Longitud del totomoxtle (LONTOT)(cm)	6.221**	3.446	8.337	9.682**	2.566	6.149
24	Cobertura totomoxtle (COBTOT) (cm)	3.894ns	3.268	18.933	3.592 *	2.420	17.856
25	Ancho de la hoja (ANCH) (cm)	3.179 *	2.154	10.582	3.967**	1.843	7.474
26	Longitud de la hoja (LONH) (cm)	7.539**	2.698	6.756	10.622**	3.339	6.489
27	Números de brácteas (NBRAC)	4.296 *	2.902	15.246	4.765ns	3.560	16.329
28	Peso del totomoxtle (PTOT) (g)	42.259 *	28.126	28.983	183.039**	100.681	26.459
V. CARACTERES DE LA MAZORCA							
29	Peso de la mazorca (PMAZ) (g)	334.973 *	224.352	31.696	1082.317**	454.466	17.001
30	Longitud de la mazorca (LONMAZ) (cm)	2.955 *	1.997	11.379	5.732**	1.653	7.712
31	Diámetro de la mazorca (DIMA) (cm)	0.142**	0.069	7.925	0.129**	0.074	6.787
32	Numero de hileras (NHIL)	2.582**	1.273	10.061	2.089**	0.820	7.502
33	Granos de hileras opuestas (NGRA)	47.020**	22.411	19.218	51.862**	16.364	11.991
34	Diámetro del olote (DIAOL) (cm)	0.110**	0.031	9.487	0.116**	0.026	7.505
VI. CARACTERES DEL GRANO							
35	Grosor de 10 granos (GROGR) (cm)	0.0074**	0.0033	14.5520	0.0055**	0.0019	10.7417
36	Largo de 10 granos (LONGR) (cm)	0.0074 *	0.0050	7.2186	0.0156**	0.0038	5.5011
37	Ancho de 10 granos (ANGR) (cm)	0.0049**	0.0020	5.4948	0.0046**	0.0013	4.2274
38	Peso de 100 granos (P100GR) (g)	30.7701**	14.4340	20.9760	24.7638**	12.6450	12.1947
VII. ÍNDICES							
39	Altura de planta/mazorca (APAM)	0.0673**	0.0070	4.8148	0.0548**	0.0122	6.2065
40	Hojas abajo/hojas arriba (HAHA)	0.0649**	0.0246	10.4892	0.0424**	0.0201	10.1944
41	Longitud mazorca/diámetro (LMDM)	0.3663 *	0.2461	13.1126	0.4742**	0.1797	10.1212
42	Longitud grano/ancho (LONANCH)	0.0133**	0.0062	6.5840	0.0274**	0.0067	6.2953
43	Altura de planta/espiga (PLANESPI)	0.6835**	0.2625	11.6259	0.3231**	0.1434	9.0647

Anexo B. Continuación...

N°	VARIABLES	LOC1			LOC2		
		CMP	Error	CV	CMP	Error	CV
44	Pedúnculo espiga/longitud (PEDULON)	0.0023ns	0.0019	12.6222	0.0020**	0.0010	9.5574
45	Parte ramificada/longitud (PARALON)	0.0031ns	0.0025	7.3609	0.0018**	0.0011	4.8057
46	Rama central/longitud (RACELON)	0.0027ns	0.0023	10.6628	0.0027**	0.0014	8.2425
47	Longitud/grosor de grano (LONGRO)	0.3458**	0.1632	15.8174	0.5066**	0.1100	11.4821
48	Grosor/ancho del grano (GRAN)	0.0124**	0.0060	15.9661	0.0087**	0.0024	10.5524
49	Volumen de grano (VOGR)	0.0063**	0.0024	15.6871	0.0043**	0.0021	11.9107
50	mazorcas/plantas (MAZPLAN)	0.1860 *	0.1150	50.6240	0.0793ns	0.0704	27.6252
51	Planta+longitud/longitud (PLESPESP)	0.6835**	0.2625	9.4756	0.3231**	0.1434	7.3137

Grados libertad para localidad = 1, para genealogía = 99, para pobl*loc = 99 para las variables TONUMAZ DFM ASPL CALPL ALTPL ALTMZ NHARR NHABA APAM HAHA PLCUAT MAZPLAN LONTOL LORA PEDULON PARALON LORACE RACELON LONPED NUMRA PLANESPI PLESPEP, 98 para las variables DFF ASFLO FDES MASECA RENDHA, 97 para las variables LONTOT ANCH LONH NBRAC PMAZ COBTOT PTOT LONMAZ DIMA NHILGRO LONGR ANGR DIAOL PESGRANO PESOLOTE LMDM LONANCH LONGRO GRAN VOGR NGRA P100GR y 96 para las variables CALMZ, para el error = 198 para las variables TONUMAZ, 195 para las variables DFM ASPL CALPL ALTPL ALTMZ NHARR NHABA APAM HAHA, 194 para las variables DFF ASFLO PLCUAT MAZPLAN, 191 para las variables FDES MASECA, 189 para la variable RENDHA, 187 para las variables LONPED NUMRA, 186 para las variables LONMAZ DIMA NHILGR LONGR ANGR DIAOL PESGRANO PESOLOTE LMDM LONANCH LONGRO GRAN VOGR, 185 para la variable NGRA, 184 para las variables LONTOL LORAPEDU LORA LONPTOT P100GR, 182 para las variables LORACE RACELON LONTOT ANCH LONH NBRAC PMAZ PLANESPI PLESPEP, 181 para la variable COBTOT, 160 para las variables CALMZ.

** = Diferencias significativas 0.01 de probabilidad, * = Diferencias significativas al 0.05 de probabilidad, ns = Diferencias estadísticas no significativas, CMP = cuadrado medio para Poblaciones, Error= cuadrado medio del error, CV = Coeficiente de Variación, LOC1 = localidad de La Virgen en el municipio de Hueytamalco, LOC2 = localidad de Rancho Nuevo en el municipio de Ayotoxco de Guerrero.

Anexo C. Resultados de la prueba de medias con base en el análisis de varianza combinado de 27 variables, en el trópico húmedo poblano, 2009.

TR.	POBL.	DFE	ASPL	CALMZ	ALTPL	NHARR	LORA	LONPED	NRAM
1	AAM56	123.75a	3.25	3.00a	262.20a	5.35	43.15a	21.07a	18.90a
2	AAM57	130.75a	3.75a	3.66a	289.90a	6.05a	43.20a	18.67a	19.85a
3	AAM58	124.00a	4.00a	3.12a	268.45a	5.70a	41.15a	19.90a	18.90a
4	AAM59	125.25a	4.25a	3.66a	245.95	5.50	43.87a	19.07a	17.20a
5	ACM106	128.00a	3.75a	3.12a	291.95a	6.20a	45.82a	18.70a	20.00a
6	ACM107	123.50	4.00a	3.00a	279.95a	5.55	45.62a	20.62a	16.95a
7	AFM89	123.75a	3.25	2.87a	268.85a	5.55	39.60a	22.07a	17.30a
8	AFM90	123.50	3.00	3.12a	242.40	5.45	43.27a	19.50a	17.65a
9	AFM91	122.75	3.75a	3.75a	275.45a	5.40	39.70a	18.57a	19.65a
10	AFM92	122.75	3.50a	3.12a	284.65a	5.65a	37.10a	21.92a	16.75a
11	AFM93	125.50a	3.25	3.25a	258.80a	5.55	41.15a	20.47a	22.10a
12	AFM94	127.75a	3.25	3.62a	276.90a	5.20	39.10a	24.55a	19.55a
13	AFM95	130.25a	3.50a	3.50a	242.35	5.10	37.67a	22.42a	15.95
14	AFM96	124.50a	3.50a	3.12a	257.35a	5.50	43.40a	22.15a	19.10a
15	AFM98	125.75a	3.00	3.37a	267.10a	5.65a	40.72a	19.75a	19.40a
16	AFM99	126.50a	3.50a	3.62a	272.55a	5.40	43.90a	21.82a	19.05a
17	AMM80	123.25	4.25a	3.50a	262.62a	5.08	43.52a	22.45a	17.95a
18	AMM81	126.00a	3.25	3.12a	273.90a	5.10	41.75a	24.47a	14.55
19	AQM75	122.50	4.25a	3.12a	254.15a	5.25	39.35a	23.62a	15.35
20	AQM77	120.00	5.00a	3.00a	252.38a	5.88a	42.85a	20.60a	18.33a
21	AQM79	128.25a	3.00	2.63	305.50a	5.45	42.55a	22.55a	18.80a
22	ARM64	129.25a	3.75a	3.12a	309.10a	6.15a	43.05a	22.85a	20.15a
23	ARM66	128.00a	4.25a	3.25a	296.60a	6.55a	44.87a	18.60a	20.35a
24	ARM67	132.50a	4.00a	4.25a	281.35a	6.10a	43.37a	19.40a	17.70a
25	ARM68	121.00	4.50a	2.83a	252.80a	5.80a	45.00a	21.67a	16.60a
26	ARM69	122.75	4.00a	3.50a	274.80a	5.50	43.75a	19.57a	18.45a
27	ARM70	130.50a	3.75a	3.00a	288.20a	5.95a	46.65a	20.30a	24.05a
28	ARM73	131.25a	4.00a	3.50a	260.45a	5.45	44.12a	22.90a	20.17a
29	ARM74	128.50a	3.00	3.25a	286.25a	5.70a	36.90a	18.82a	20.50a
30	HDM173	129.25a	3.75a	3.25a	280.35a	5.85a	47.27a	21.87a	19.15a
31	HDM174	127.50a	3.00	3.12a	273.30a	5.85a	41.25a	20.65a	16.00
32	HDM177	128.00a	4.00a	2.67	252.20a	6.25a	49.06a	19.86a	19.60a
33	HDM178	128.00a	3.75a	3.25a	267.60a	5.80a	38.77a	21.60a	17.80a
34	HEM203	134.75a	4.00a	3.12a	281.25a	5.85a	43.56a	20.53a	20.40a
35	HEM204	132.50a	4.00a	3.66a	307.35a	6.15a	42.62a	20.27a	18.50a
36	HLM199	131.50a	4.50a	4.00a	309.45a	6.00a	46.70a	21.05a	20.45a
37	HLM200	138.50a	4.00a	3.66a	268.85a	6.10a	48.70a	19.77a	15.95
38	HMM163	127.25a	3.75a	3.12a	281.60a	5.60	42.12a	22.92a	19.20a

Anexo C. Continuación...1

TR.	POBL.	DFE	ASPL	CALMZ	ALTPL	NHARR	LORA	LONPED	NRAM
39	HMM166	131.75a	4.00a	3.75a	270.80a	5.30	43.02a	23.40a	18.45a
40	HOM186	126.75a	3.75a	4.00a	262.05a	5.55	38.20a	21.35a	14.35
41	HOM188	128.00a	3.25	3.37a	287.50a	5.40	43.92a	21.17a	18.30a
42	HOM189	123.00	3.00	3.00a	267.30a	5.30	39.87a	21.65a	17.90a
43	HOM191	132.25a	3.50a	3.25a	265.05a	5.65a	40.47a	21.02a	17.55a
44	HOM193	134.25a	3.75a	3.50a	270.10a	5.65a	41.27a	19.22a	22.55a
45	HRM182	137.00a	3.75a	3.50a	295.50a	6.40a	37.50a	20.10a	21.46a
46	HRM184	129.50a	3.75a	3.37a	283.90a	5.85a	43.13a	18.50a	19.46a
47	HRM185	130.25a	4.25a	3.33a	275.75a	5.95a	40.05a	20.37a	16.55
48	HTM179	125.75a	3.50a	3.00a	272.65a	5.55	39.52a	20.87a	14.05
49	HTM180	128.75a	3.75a	3.00a	281.45a	6.00a	43.46a	19.12a	19.80a
50	HTM181	128.75a	4.25a	3.62a	280.00a	6.20a	42.85a	20.87a	16.20
51	JAM227	124.75a	3.50a	3.25a	289.50a	5.85a	46.92a	19.07a	19.50a
52	JAM230	126.25a	3.50a	3.00a	275.65a	5.55	40.80a	19.95a	20.02a
53	JCM235	127.50a	4.50a	3.00a	263.95a	6.05a	44.35a	21.15a	20.20a
54	JCM236	125.50a	4.50a	2.87a	259.20a	5.85a	41.62a	22.75a	19.65a
55	JDM209	116.75	3.75a	3.33a	237.73	5.78a	44.70a	19.95a	17.47a
56	JDM210	121.25	3.50a	3.12a	265.55a	5.50	39.95a	22.12a	22.20a
57	JDM211	124.25a	4.00a	3.00a	253.05a	5.65a	36.86a	21.96a	17.80a
58	JDM213	125.00a	3.75a	2.87a	269.40a	5.25	42.06a	23.40a	19.46a
59	JDM214	121.50	3.75a	3.25a	250.45	5.35	36.43	23.12a	20.60a
60	JEM217	123.75a	3.50a	3.50a	290.40a	5.90a	45.00a	20.15a	18.70a
61	JEM218	128.75a	3.50a	3.00a	279.95a	5.70a	42.92a	21.15a	20.80a
62	JPM221	123.75a	4.50a	3.33a	240.58	5.45	41.37a	19.20a	16.77a
63	JPM222	131.00a	3.75a	3.62a	250.50	5.35	44.37a	22.15a	17.27a
64	JPM224	130.50a	4.25a	4.00a	257.45a	5.55	43.00a	20.12a	20.25a
65	JPM226	133.25a	4.00a	4.00a	248.90	5.85a	42.92a	18.95a	22.80a
66	JRM246	124.75a	3.25	2.75a	278.80a	5.85a	39.73a	19.96a	17.53a
67	JTM249	126.25a	4.00a	3.12a	250.30	5.05	48.40a	21.65a	14.85
68	JTM250	130.00a	3.50a	3.37a	258.20a	5.65a	44.40a	23.17a	17.75a
69	JUM240	124.75a	4.25a	3.37a	268.55a	5.53	43.75a	23.47a	19.77a
70	JUM243	122.75	3.75a	3.37a	264.55a	5.65a	42.52a	20.20a	21.90a
71	JUM244	122.50	3.50a	3.62a	259.45a	5.65a	40.40a	20.40a	21.10a
72	TAM7	130.25a	4.25a	4.12a	274.45a	6.30a	37.15a	19.50a	16.60a
73	TAM8	137.75a	4.00a	4.00a	287.65a	6.10a	47.47a	21.90a	20.20a
74	TBM28	136.00a	4.00a	3.87a	279.65a	6.10a	39.82a	19.07a	18.70a
75	TCM10	127.25a	4.50a	3.66a	303.78a	5.65a	49.66a	20.73a	22.46a
76	TCM11	137.00a	4.00a	3.50a	260.70a	6.00a	43.13a	23.20a	18.00a

Anexo C. Continuación...1

TR.	POBL.	DFE	ASPL	CALMZ	ALTPL	NHARR	LORA	LONPED	NRAM
77	TCM12	133.25a	4.50a	3.50a	252.25a	5.70a	43.90a	20.27a	17.80a
78	TFM49	123.75a	5.00a	4.00a	236.78	5.05	39.55a	15.20	14.73
79	TFM50	130.00a	4.50a	3.50a	296.85a	5.60	37.80a	20.50a	21.80a
80	TFM52	133.00a	4.00a	3.75a	292.35a	6.00a	46.42a	20.90a	23.95a
81	TRM34	130.75a	4.00a	3.50a	292.60a	6.15a	47.50a	21.07a	21.90a
82	TRM36	133.00a	4.00a	3.62a	290.30a	6.05a	42.43a	23.56a	16.00
83	TSM20	134.75a	4.00a	3.75a	296.05a	6.40a	45.37a	18.42a	20.55a
84	TSM23	132.25a	4.25a	3.66a	232.15	4.80	44.87a	20.57a	16.15
85	TSM25	123.50	4.25a	3.16a	285.78a	6.05a	46.35a	21.25a	18.90a
86	TSM26	129.25a	3.50a	3.62a	237.70	5.15	44.37a	23.90a	14.30
87	TSM27	114.50	4.33a	3.75a	209.33	5.23	44.15a	22.72a	17.42a
88	TVM31	129.25a	4.00a	4.16a	240.45	5.45	39.57a	20.57a	17.65a
89	TVM32	135.50a	4.00a	3.83a	284.10a	5.90a	47.60a	21.92a	19.20a
90	TVM33	127.50a	4.25a	3.00a	265.03a	5.92a	48.20a	24.12a	19.57a
91	TZM3	133.00a	3.75a	3.87a	279.45a	5.30	43.90a	21.30a	19.55a
92	TZM4	131.50a	4.50a	3.66a	273.40a	5.58	48.62a	20.92a	22.07a
93	TZM5	132.50a	4.00a	3.25a	293.85a	6.20a	44.02a	21.70a	18.15a
94	Tuxpeño	124.00a	3.75a	3.62a	216.95	5.60	42.00a	19.62a	20.40a
95	CPVM301	110.25	3.25	3.50a	171.95	4.80	32.75	20.57a	12.45
96	CP560	101.25	3.25	3.00a	169.60	5.15	34.25	18.30a	13.25
97	CP562	109.00	3.50a	2.83a	185.85	5.90a	35.97	19.85a	14.95
98	PROGRANO	115.25	4.25a	3.66a	133.80	5.40	33.93	19.10a	8.50
99	CML494	99.50	3.00	2.63	218.30	5.75a	35.20	17.00	16.65a
100	CLO2450	106.75	3.00	2.25	202.45	5.60	38.07a	23.22a	17.10a
	DMS	14.867	1.5208	1.5664	57.579	0.9372	13.21	6.6478	8.0525

Anexo C. Continuación...2

TR.	POBL.	COBTOT	NBRAC	PTOT	DIMA	NHIL	NGRA	ANGR
1	AAM56	9.00a	10.82a	26.25a	3.71a	10.68	29.20a	0.905a
2	AAM57	8.65a	11.20a	26.07a	4.00a	11.40a	30.60a	0.912a
3	AAM58	9.05a	11.45a	27.65a	3.51a	10.90	30.25a	0.845a
4	AAM59	9.22a	9.88	22.12a	3.97a	10.63	27.95a	0.895a
5	ACM106	9.22a	15.32a	36.02a	3.84a	12.42a	31.82a	0.837a
6	ACM107	8.32a	11.87a	27.95a	3.91a	11.10	30.05a	0.895a
7	AFM89	9.25a	10.15a	27.92a	3.63a	10.38	28.72a	0.917a
8	AFM90	7.67a	10.60a	22.20a	3.71a	11.10	35.72a	0.865a
9	AFM91	8.27a	10.40a	27.10a	4.01a	12.85a	32.42a	0.870a
10	AFM92	7.60a	8.75	22.10a	3.81a	11.65a	31.17a	0.882a
11	AFM93	9.72a	10.52a	25.72a	3.65a	12.12a	29.80a	0.857a
12	AFM94	8.50a	10.57a	23.02a	3.49a	10.63	31.97a	0.890a
13	AFM95	7.57a	9.63	15.48	3.57a	12.33a	26.27a	0.815a
14	AFM96	8.90a	10.60a	21.56a	3.76a	11.97a	31.90a	0.857a
15	AFM98	9.62a	10.65a	31.20a	3.55a	11.08	30.82a	0.867a
16	AFM99	8.35a	10.72a	23.77a	3.84a	12.77a	28.17a	0.875a
17	AMM80	9.77a	9.88	24.40a	3.32	10.48	32.50a	0.812a
18	AMM81	7.35a	10.70a	27.15a	3.35	9.60	37.70a	0.863a
19	AQM75	8.65a	11.95a	23.22a	3.48a	10.30	30.62a	0.862a
20	AQM77	10.80a	11.33a	34.30a	3.95a	12.33a	26.00a	0.886a
21	AQM79	8.05a	10.82a	23.65a	3.73a	11.23	31.85a	0.877a
22	ARM64	9.70a	11.57a	33.37a	3.96a	11.75a	33.35a	0.885a
23	ARM66	7.75a	14.32a	27.72a	3.60a	11.82a	27.37a	0.830a
24	ARM67	9.15a	11.60a	31.72a	3.60a	12.02a	22.95	0.895a
25	ARM68	8.17a	10.52a	21.97a	3.45	12.80a	21.23	0.755
26	ARM69	9.87a	12.55a	29.70a	4.00a	11.95a	28.35a	0.880a
27	ARM70	11.40a	11.85a	41.90a	3.86a	12.97a	29.00a	0.785
28	ARM73	10.40a	10.26a	18.63	3.89a	11.70a	27.27a	0.847a
29	ARM74	8.80a	12.00a	32.95a	3.91a	11.80a	31.85a	0.860a
30	HDM173	8.95a	11.02a	37.30a	3.82a	12.20a	32.80a	0.835a
31	HDM174	8.82a	9.88	24.05a	3.46	9.65	29.87a	0.907a
32	HDM177	8.07a	10.50a	29.37a	3.58a	12.20a	31.40a	0.810a
33	HDM178	9.02a	11.87a	22.52a	3.68a	12.10a	28.70a	0.850a
34	HEM203	10.02a	12.57a	37.47a	3.49a	11.03	27.62a	0.860a
35	HEM204	10.62a	12.97a	40.45a	3.65a	11.60a	26.97a	0.892a
36	HLM199	10.30a	11.95a	43.30a	3.53a	11.37a	27.25a	0.855a
37	HLM200	8.30a	11.95a	30.60a	3.34	11.42a	20.40	0.837a
38	HMM163	8.07a	10.82a	24.67a	3.74a	12.20a	33.72a	0.825a
39	HMM166	8.32a	11.55a	29.75a	3.48a	11.25	31.50a	0.793

Anexo C. Continuación...2

TR.	POBL.	COBTOT	NBRAC	PTOT	DIMA	NHIL	NGRA	ANGR
40	HOM186	7.82a	10.80a	25.17a	3.68a	10.98	32.25a	0.875a
41	HOM188	7.40a	11.70a	27.60a	3.51a	11.45a	35.52a	0.788
42	HOM189	6.82a	10.17a	27.25a	3.46	10.20	34.80a	0.855a
43	HOM191	6.22	12.95a	32.25a	3.55a	11.70a	34.42a	0.810a
44	HOM193	10.27a	9.80	23.30a	3.32	13.02a	28.30a	0.768
45	HRM182	8.36a	11.00a	43.93a	3.95a	12.00a	29.96a	0.920a
46	HRM184	7.27a	10.45a	27.02a	3.31	10.00	33.90a	0.855a
47	HRM185	7.72a	11.50a	21.70a	3.39	11.25	31.30a	0.827a
48	HTM179	8.65a	10.50a	24.42a	3.75a	11.20	30.92a	0.880a
49	HTM180	9.65a	15.07a	34.82a	3.83a	12.42a	30.62a	0.810a
50	HTM181	9.85a	12.97a	33.95a	3.80a	12.40a	29.07a	0.820a
51	JAM227	9.97a	10.85a	39.12a	3.78a	11.75a	30.65a	0.855a
52	JAM230	8.67a	13.20a	32.37a	3.63a	11.40a	34.35a	0.815a
53	JCM235	10.80a	10.50a	28.80a	3.49a	12.12a	31.45a	0.768
54	JCM236	9.15a	12.00a	30.12a	3.38	10.53	32.40a	0.820a
55	JDM209	10.10a	10.57a	24.35a	3.64a	10.80	24.85a	0.870a
56	JDM210	7.72a	11.15a	26.65a	3.88a	12.45a	32.55a	0.820a
57	JDM211	10.77a	11.00a	25.62a	3.51a	11.40a	31.57a	0.812a
58	JDM213	7.40a	12.10a	24.10a	3.80a	14.20a	35.25a	0.730
59	JDM214	9.47a	9.60	25.45a	3.57a	12.45a	29.82a	0.758
60	JEM217	7.50a	12.35a	27.50a	3.73a	11.70a	36.82a	0.805a
61	JEM218	8.42a	10.30a	27.30a	3.57a	11.90a	35.32a	0.797a
62	JPM221	9.90a	13.95a	26.05a	3.32	12.10a	30.33a	0.770
63	JPM222	9.07a	11.82a	20.43	3.54a	12.90a	28.63a	0.760
64	JPM224	9.66a	11.30a	29.20a	4.07a	12.16a	34.60a	0.860a
65	JPM226	11.02a	10.92a	26.32a	3.60a	12.00a	26.70a	0.827a
66	JRM246	7.95a	10.85a	28.10a	3.96a	11.27	33.83a	0.886a
67	JTM249	9.15a	11.07a	28.42a	3.71a	12.50a	33.32a	0.795a
68	JTM250	9.15a	10.50a	23.40a	3.70a	12.07a	27.42a	0.850a
69	JUM240	8.97a	11.12a	28.50a	3.78a	11.30	29.47a	0.870a
70	JUM243	8.90a	12.65a	28.17a	3.73a	10.60	33.67a	0.850a
71	JUM244	9.93a	10.93a	22.90a	3.80a	10.40	33.87a	0.895a
72	TAM7	10.65a	11.20a	32.37a	3.55a	11.23	21.38	0.870a
73	TAM8	9.40a	11.17a	33.70a	3.47a	10.48	26.80a	0.862a
74	TBM28	10.03a	11.73a	27.60a	3.75a	12.05a	23.17a	0.870a
75	TCM10	9.27a	12.35a	30.45a	3.60a	10.50	32.42a	0.862a
76	TCM11	11.00a	13.03a	26.86a	3.71a	10.50	24.10a	0.886a
77	TCM12	9.02a	10.47a	28.42a	3.57a	11.08	33.72a	0.847a

Anexo C. Continuación...2

TR.	POBL.	COBTOT	NBRAC	PTOT	DIMA	NHIL	NGRA	ANGR
78	TFM49	8.47a	11.75a	27.22a	3.35	10.00	32.87a	0.852a
79	TFM50	9.90a	12.47a	29.90a	3.49a	11.80a	31.75a	0.852a
80	TFM52	11.90a	13.47a	44.30a	3.51a	10.80	22.63	0.842a
81	TRM34	10.27a	12.20a	40.80a	3.75a	12.35a	22.10	0.847a
82	TRM36	11.60a	12.50a	40.60a	3.77a	11.57a	29.87a	0.890a
83	TSM20	10.42a	11.02a	35.02a	3.61a	11.60a	31.45a	0.865a
84	TSM23	9.15a	10.07a	16.85	3.20	11.92a	23.10a	0.797a
85	TSM25	9.57a	11.82a	40.42a	3.19	10.15	25.20a	0.795a
86	TSM26	11.65a	8.75	21.67a	3.30	11.65a	19.28	0.758
87	TSM27	10.05a	9.50	25.40a	3.12	9.65	18.40	0.840a
88	TVM31	8.90a	8.70	18.38	3.23	10.93	20.28	0.837a
89	TVM32	10.36a	13.03a	39.97a	3.45	11.25	25.30a	0.892a
90	TVM33	10.00a	13.40a	41.50a	4.04a	12.60a	31.90a	0.885a
91	TZM3	9.60a	12.75a	26.85a	3.38	11.40a	33.15a	0.805a
92	TZM4	9.05a	11.15a	31.45a	3.60a	11.23	24.62a	0.872a
93	TZM5	10.17a	11.05a	28.20a	3.69a	10.98	27.40a	0.927a
94	Tuxpeño	11.92a	12.90a	22.12a	3.63a	13.12a	22.80	0.802a
95	CPVM301	9.16a	11.93a	19.43	4.31a	13.30a	20.53	0.873a
96	CP560	8.20a	12.46a	19.03	4.27a	14.50a	22.90	0.842a
97	CP562	9.27a	12.72a	19.68	3.97a	13.82a	22.50	0.825a
98	PROGRANO	9.07a	11.95a	19.35	3.46	12.70a	22.83	0.775
99	CML494	7.40a	8.00	14.90	4.15a	13.25a	27.57a	0.880a
100	AF07A	7.56a	9.50	15.90	4.19a	13.45a	25.47a	0.885a
	DMS	5.3505	5.3933	23.325	0.8459	3.1982	14.743	0.1326

Anexo C. Continuación...3

TR.	POBL.	MASECA	FDES	PLAMAZ	HAHA	LMDM	LONANCH	PLANESPI
1	AAM56	0.904a	0.850a	1.67	1.5175a	3.747a	1.175	4.112a
2	AAM57	0.925a	0.814a	1.68	1.4125a	3.588	1.180	4.745a
3	AAM58	0.898a	0.836a	1.71	1.4800a	4.307a	1.238	4.572a
4	AAM59	0.880a	0.829a	1.77	1.3625a	3.588	1.228	3.910
5	ACM106	0.888a	0.835a	1.70	1.3725a	4.057a	1.300a	4.557a
6	ACM107	0.914a	0.850a	1.69	1.4325a	3.620	1.268	4.277a
7	AFM89	0.903a	0.834a	1.76	1.3500a	3.755a	1.208	4.307a
8	AFM90	0.936a	0.853a	1.80	1.4650a	4.155a	1.208	3.983
9	AFM91	0.949a	0.848a	1.67	1.5150a	3.685a	1.258	4.727a
10	AFM92	0.928a	0.827a	1.72	1.4625a	3.900a	1.170	5.012a
11	AFM93	0.871a	0.832a	1.69	1.4050a	4.085a	1.178	4.305a
12	AFM94	0.933a	0.842a	1.69	1.4950a	4.515a	1.180	4.485a
13	AFM95	0.924a	0.833a	1.78	1.5225a	3.570	1.215	3.998
14	AFM96	0.923a	0.848a	1.77	1.3675a	4.017a	1.200	4.080a
15	AFM98	0.804a	0.810a	1.68	1.4475a	4.250a	1.163	4.522a
16	AFM99	0.840a	0.810a	1.70	1.5200a	3.907a	1.208	4.220a
17	AMM80	0.925a	0.868a	1.71	1.7125a	4.350a	1.292a	4.090a
18	AMM81	0.916a	0.875a	1.78	1.6050a	4.190a	1.237	4.235a
19	AQM75	0.892a	0.864a	1.78	1.4425a	3.985a	1.175	4.180a
20	AQM77	0.901a	0.758	1.76	1.4325a	4.150a	1.167	3.960
21	AQM79	0.922a	0.839a	1.64	1.6975a	4.130a	1.128	4.960a
22	ARM64	0.906a	0.828a	1.75	1.3500a	4.182a	1.218	5.180a
23	ARM66	0.900a	0.821a	1.70	1.4025a	4.282a	1.245	4.717a
24	ARM67	0.841a	0.782	1.71	1.2925	4.570a	1.238	4.650a
25	ARM68	0.845a	0.758	1.90	1.1975	3.905a	1.195	3.900
26	ARM69	0.901a	0.850a	1.69	1.4550a	3.490	1.248	4.512a
27	ARM70	0.799	0.847a	1.53	1.7050a	4.077a	1.402a	4.292a
28	ARM73	0.867a	0.808a	1.77	1.5550a	3.508	1.255	3.928
29	ARM74	0.922a	0.863a	1.64	1.5075a	3.927a	1.278	5.407a
30	HDM173	0.897a	0.836a	1.72	1.5325a	4.090a	1.292a	4.242a
31	HDM174	0.912a	0.844a	1.73	1.4725a	3.965a	1.160	4.495a
32	HDM177	0.874a	0.853a	1.83	1.2725	4.060a	1.302a	3.803
33	HDM178	0.896a	0.859a	1.76	1.4400a	3.937a	1.297a	4.750a
34	HEM203	0.881a	0.812a	1.67	1.6325a	4.625a	1.218	4.400a
35	HEM204	0.865a	0.825a	1.75	1.4800a	4.240a	1.180	4.982a
36	HLM199	0.867a	0.779	1.63	1.5475a	4.462a	1.198	4.475a
37	HLM200	0.853a	0.703	1.63	1.4025a	5.150a	1.168	4.105a
38	HMM163	0.926a	0.861a	1.71	1.4450a	3.910a	1.327a	4.515a
39	HMM166	0.892a	0.859a	1.66	1.5550a	4.327a	1.432a	4.147a

Anexo C. Continuación...3

TR.	POBL.	MASECA	FDES	PLAMAZ	HAHA	LMDM	LONANCH	PLANESPI
40	HOM186	0.869a	0.822a	1.75	1.4875a	4.060a	1.150	4.537a
41	HOM188	0.919a	0.888a	1.63	1.6150a	4.132a	1.412a	4.502a
42	HOM189	0.909a	0.872a	1.72	1.4450a	4.260a	1.253	4.415a
43	HOM191	0.875a	0.847a	1.76	1.3650a	4.480a	1.238	4.315a
44	HOM193	0.899a	0.838a	1.64	1.5125a	4.035a	1.235	4.595a
45	HRM182	0.880a	0.835a	1.68	1.4050a	4.326a	1.197	5.516a
46	HRM184	0.853a	0.863a	1.68	1.4200a	4.597a	1.238	4.480a
47	HRM185	0.917a	0.842a	1.69	1.4150a	3.895a	1.205	4.555a
48	HTM179	0.920a	0.858a	1.75	1.4100a	3.440	1.223	4.540a
49	HTM180	0.892a	0.824a	1.67	1.4050a	3.528	1.327a	4.563a
50	HTM181	0.880a	0.846a	1.73	1.3750a	3.925a	1.315a	4.515a
51	JAM227	0.891a	0.827a	1.59	1.6050a	4.487a	1.290a	4.362a
52	JAM230	0.896a	0.835a	1.73	1.4450a	4.025a	1.347a	4.670a
53	JCM235	0.852a	0.850a	1.73	1.2300	4.125a	1.397a	4.242a
54	JCM236	0.902a	0.857a	1.88	1.3450a	3.826a	1.310a	4.265a
55	JDM209	0.906a	0.804a	1.76	1.2950	3.862a	1.238	3.678
56	JDM210	0.899a	0.881a	1.78	1.4275a	3.555	1.432a	4.245a
57	JDM211	0.850a	0.854a	1.84	1.3775a	3.975a	1.315a	4.300a
58	JDM213	0.918a	0.881a	1.83	1.5275a	3.570	1.540a	4.356a
59	JDM214	0.898a	0.865a	1.81	1.3450a	3.593	1.455a	4.465a
60	JEM217	0.916a	0.879a	1.69	1.4400a	4.070a	1.405a	4.555a
61	JEM218	0.902a	0.892a	1.70	1.4850a	4.115a	1.482a	4.525a
62	JPM221	0.868a	0.869a	1.76	1.3475a	4.030a	1.353a	4.120a
63	JPM222	0.878a	0.881a	1.79	1.5225a	3.550	1.506a	3.885
64	JPM224	0.926a	0.844a	1.67	1.5925a	3.860a	1.310a	4.152a
65	JPM226	0.862a	0.771	1.79	1.3300	4.010a	1.173	4.210a
66	JRM246	0.940a	0.847a	1.72	1.3925a	3.860a	1.267	4.780a
67	JTM249	0.838a	0.841a	1.75	1.5450a	4.022a	1.280	3.748
68	JTM250	0.890a	0.833a	1.81	1.3725a	3.690a	1.260	3.993
69	JUM240	0.916a	0.838a	1.78	1.4550a	3.707a	1.258	4.048
70	JUM243	0.891a	0.874a	1.73	1.4400a	3.737a	1.405a	4.187a
71	JUM244	0.937a	0.874a	1.77	1.4250a	3.875a	1.330a	4.450a
72	TAM7	0.898a	0.769	1.75	1.3750a	4.170a	1.133	5.205a
73	TAM8	0.868a	0.795a	1.71	1.4550a	4.580a	1.160	4.285a
74	TBM28	0.828a	0.719	1.65	1.5500a	3.855a	1.115	4.852a
75	TCM10	0.873a	0.855a	1.57	1.6425a	4.297a	1.135	4.420a
76	TCM11	0.922a	0.832a	1.77	1.5200a	3.483	1.316a	4.185a
77	TCM12	0.861a	0.804a	1.73	1.4900a	4.567a	1.205	3.905

Anexo C. Continuación...3

TR.	POBL.	MASECA	FDES	PLAMAZ	HAHA	LMDM	LONANCH	PLANESPI
78	TFM49	0.906a	0.887a	1.73	1.7375a	3.770a	1.327a	4.525a
79	TFM50	0.896a	0.839a	1.56	1.7350a	3.822a	1.163	5.060a
80	TFM52	0.835a	0.749	1.70	1.5225a	4.405a	1.200	4.387a
81	TRM34	0.840a	0.741	1.67	1.5100a	4.075a	1.178	4.265a
82	TRM36	0.864a	0.811a	1.66	1.5475a	4.202a	1.190	4.476a
83	TSM20	0.890a	0.812a	1.72	1.4775a	4.265a	1.193	4.620a
84	TSM23	0.917a	0.828a	1.63	1.6925a	3.950a	1.190	3.588
85	TSM25	0.793	0.688	1.70	1.4925a	4.992a	1.300a	4.267a
86	TSM26	0.884a	0.792a	2.05	1.4050a	3.875a	1.340a	3.510
87	TSM27	0.898a	0.671	2.01	1.2500	4.825a	1.090	3.240
88	TVM31	0.936a	0.770	1.77	1.5025a	3.935a	1.065	3.868
89	TVM32	0.874a	0.750	1.70	1.5050a	4.300a	1.113	4.155a
90	TVM33	0.916a	0.809a	1.79	1.4225a	4.375a	1.160	3.695
91	TZM3	0.848a	0.878a	1.62	1.7475a	4.097a	1.365a	4.362a
92	TZM4	0.818a	0.788	1.61	1.5350a	4.667a	1.160	4.045
93	TZM5	0.861a	0.806a	1.72	1.5425a	4.385a	1.128	4.587a
94	Tuxpeño	0.912a	0.836a	1.99	1.2075	3.258	1.210	3.648
95	CPVM301	0.903a	0.767	2.09	1.1050	2.570	1.120	3.338
96	CP560	0.919a	0.753	2.33	1.0950	2.943	1.115	3.260
97	CP562	0.913a	0.775	2.22	0.9500	3.240	1.160	3.717
98	PROGRAMO	0.893a	0.766	2.96a	0.8400	3.248	1.123	2.568
99	CML494	0.949a	0.832a	1.81	1.2000	3.088	1.155	4.195a
100	AF07A	0.928a	0.808a	1.99	1.2650	3.183	1.138	3.290
	DMS	0.1537	0.1047	0.2961	0.4135	1.4734	0.2584	1.4465

Anexo C. Continuación...4

TR.	POBL.	PEDULON	RACELON	GRAN	VOGR	RENDHA
1	AAM56	0.3325a	0.4425a	0.4500	0.3925a	1545.96a
2	AAM57	0.3075a	0.4525a	0.4200	0.3775a	843.0
3	AAM58	0.3375a	0.4425a	0.5125a	0.3750a	1727.63a
4	AAM59	0.3025a	0.4650a	0.4575	0.3900a	890.2
5	ACM106	0.2900a	0.4600a	0.4950	0.3750a	1648.42a
6	ACM107	0.3125a	0.4350a	0.4150	0.3775a	1344.92a
7	AFM89	0.3550a	0.4425a	0.3925	0.3675a	2248.66a
8	AFM90	0.3225a	0.4550a	0.4100	0.3175a	2249.51a
9	AFM91	0.3175a	0.4300a	0.4150	0.3450a	1981.12a
10	AFM92	0.3850a	0.4025	0.4350	0.3575a	2151.54a
11	AFM93	0.3400a	0.4675a	0.4650	0.3450a	2282.90a
12	AFM94	0.3925a	0.4050	0.4125	0.3450a	1753.90a
13	AFM95	0.3700a	0.4125a	0.4725	0.3100a	1140.30a
14	AFM96	0.3500a	0.4300a	0.4475	0.3425a	2233.73a
15	AFM98	0.3375a	0.4625a	0.4525	0.3425a	1866.37a
16	AFM99	0.3350a	0.4500a	0.4650	0.3725a	1060.09a
17	AMM80	0.3450a	0.4375a	0.4425	0.3050	978.70
18	AMM81	0.3800a	0.4550a	0.3767	0.2967	1664.30a
19	AQM75	0.3875a	0.4500a	0.4300	0.3275a	1360.25a
20	AQM77	0.3150a	0.4650a	0.5000	0.4233a	139.71
21	AQM79	0.3675a	0.4325a	0.4675	0.3500a	1782.42a
22	ARM64	0.3800a	0.4425a	0.4275	0.3625a	1892.11a
23	ARM66	0.2925a	0.4625a	0.5600a	0.3875a	1034.59a
24	ARM67	0.3200a	0.4575a	0.5300a	0.4625a	481.12
25	ARM68	0.3350a	0.4875a	0.6400a	0.3275a	292.45
26	ARM69	0.3200a	0.4425a	0.4725	0.4025a	1286.71a
27	ARM70	0.3000a	0.4475a	0.5600a	0.3775a	1971.99a
28	ARM73	0.3475a	0.4425a	0.4925	0.3700a	912.43
29	ARM74	0.3525a	0.4125a	0.4325	0.3525a	2079.96a
30	HDM173	0.3300a	0.4725a	0.4500	0.3400a	1320.43a
31	HDM174	0.3325a	0.4450a	0.3825	0.3275a	1717.02a
32	HDM177	0.2933a	0.4566a	0.4475	0.3125a	1021.81a
33	HDM178	0.3750a	0.3975	0.4300	0.3425a	1644.48a
34	HEM203	0.3233a	0.4033	0.5275a	0.4025a	1331.35a
35	HEM204	0.3325a	0.4450a	0.5300a	0.4425a	1315.52a
36	HLM199	0.3025a	0.4200a	0.4550	0.3350a	478.81
37	HLM200	0.3050a	0.4900a	0.6600a	0.4600a	635.80
38	HMM163	0.3625a	0.4475a	0.4225	0.3175a	1573.47a
39	HMM166	0.3575a	0.4425a	0.4500	0.3175a	1183.51a

Anexo C. Continuación...4

TR.	POBL.	PEDULON	RACELON	GRAN	VOGR	RENDHA
40	HOM186	0.3675a	0.4650a	0.4600	0.3500a	1369.69a
41	HOM188	0.3300a	0.4300a	0.4125	0.2900	1989.20a
42	HOM189	0.3575a	0.4675a	0.3925	0.3050	2095.26a
43	HOM191	0.3425a	0.4200a	0.4350	0.2875	1048.76a
44	HOM193	0.3250a	0.4250a	0.4950	0.2750	804.60
45	HRM182	0.3700a	0.4300a	0.4467	0.4200a	864.45
46	HRM184	0.3000a	0.4866a	0.4050	0.3100a	1077.48a
47	HRM185	0.3375a	0.4625a	0.3975	0.2700	800.36
48	HTM179	0.3500a	0.4250a	0.3850	0.3250a	1406.00a
49	HTM180	0.3133a	0.4466a	0.4475	0.3200a	1380.22a
50	HTM181	0.3375a	0.4725a	0.4825	0.3525a	1219.47a
51	JAM227	0.2850	0.4425a	0.4675	0.3800a	2198.10a
52	JAM230	0.3350a	0.4425a	0.4225	0.3175a	2003.37a
53	JCM235	0.3400a	0.4525a	0.5025a	0.3125a	871.89
54	JCM236	0.3750a	0.4800a	0.4367	0.3266a	1118.05a
55	JDM209	0.3025a	0.4950a	0.5200a	0.4175a	964.51
56	JDM210	0.3550a	0.3800	0.4275	0.3350a	1816.86a
57	JDM211	0.3800a	0.3700	0.4300	0.3050	1954.28a
58	JDM213	0.3733a	0.4733a	0.4375	0.2650	1988.72a
59	JDM214	0.4100a	0.4625a	0.4650	0.2975	2001.69a
60	JEM217	0.3150a	0.4525a	0.4100	0.3000	2292.64a
61	JEM218	0.3425a	0.4200a	0.4125	0.3125a	2107.36a
62	JPM221	0.3375a	0.4275a	0.4367	0.2700	346.22
63	JPM222	0.3400a	0.4800a	0.4433	0.2967	909.32
64	JPM224	0.3250a	0.4525a	0.4500	0.3733a	912.39
65	JPM226	0.3200a	0.4425a	0.5100a	0.3475a	646.19
66	JRM246	0.3466a	0.4600a	0.4000	0.3533a	2359.27a
67	JTM249	0.3250a	0.4725a	0.4725	0.3050	1778.84a
68	JTM250	0.3550a	0.4625a	0.4350	0.3325a	1356.73a
69	JUM240	0.3550a	0.3975	0.4625	0.3800a	973.70
70	JUM243	0.3200a	0.3950	0.4075	0.3500a	1883.02a
71	JUM244	0.3525a	0.4225a	0.3800	0.3675a	1777.38a
72	TAM7	0.3675a	0.4733a	0.4975	0.3725a	646.46
73	TAM8	0.3275a	0.4600a	0.5350a	0.3900a	360.16
74	TBM28	0.3300a	0.4450a	0.5525a	0.4050a	558.10
75	TCM10	0.2966a	0.4466a	0.4800	0.3450a	477.86
76	TCM11	0.3500a	0.4533a	0.4567	0.4033a	300.34
77	TCM12	0.3150a	0.4650a	0.4900	0.3700a	439.61

Anexo C. Continuación...4

TR.	POBL.	PEDULON	RACELON	GRAN	VOGR	RENDHA
78	TFM49	0.2850	0.5425a	0.3700	0.3075a	137.83
79	TFM50	0.3500a	0.3700	0.4175	0.3025	485.59
80	TFM52	0.3125a	0.4025	0.5950a	0.4200a	777.73
81	TRM34	0.3050a	0.4475a	0.5850a	0.4150a	411.78
82	TRM36	0.3766a	0.4666a	0.4600	0.3850a	933.75
83	TSM20	0.2850	0.4500a	0.4725	0.3650a	1453.48a
84	TSM23	0.3225a	0.4825a	0.5625a	0.3350a	237.56
85	TSM25	0.3175a	0.4500a	0.6950a	0.4425a	828.97
86	TSM26	0.3525a	0.4875a	0.7075a	0.4125a	460.13
87	TSM27	0.3475a	0.4625a	0.6750a	0.4350a	185.82
88	TVM31	0.3325a	0.4150a	0.5675a	0.3525a	452.76
89	TVM32	0.3200a	0.5150a	0.5250a	0.4075a	454.96
90	TVM33	0.3400a	0.4225a	0.5150a	0.4150a	1407.64a
91	TZM3	0.3325a	0.4275a	0.4325	0.3125a	940.77
92	TZM4	0.3100a	0.4525a	0.5350a	0.4075a	443.88
93	TZM5	0.3400a	0.4500a	0.4575	0.4125a	971.93
94	Tuxpeño	0.3350a	0.4550a	0.5350a	0.3250a	857.42
95	CPVM301	0.4025a	0.5125a	0.4933	0.3666a	979.85
96	CP560	0.3475a	0.4750a	0.4775	0.3200a	1350.63a
97	CP562	0.3900a	0.4333a	0.5050a	0.3300a	1202.69a
98	PROGRANO	0.3675a	0.5300a	0.5000	0.2600	187.48
99	CML494	0.3275a	0.4375a	0.4250	0.3375a	1981.99a
100	AF07A	0.3775a	0.3900	0.4825	0.3750a	2728.80a
	DMS	0.1233	0.1343	0.2059	0.1575	1746.4

TR = tratamiento, POBL = población, DFF = Días de floración femenina, ASPL = Calificación de aspecto de planta, CALMZ = Calificación de mazorca, ALTPL = Altura de planta, NHARR = Hojas arriba de la mazorca, LORA = Longitud ramificada, LONPED = Longitud del pedúnculo, NRAM = Número de ramas, COBTOT = Cobertura totomoxtle, NBRAC = Números de brácteas, PTOT = Peso del totomoxtle, DIMA = Diámetro de la mazorca, NHIL = Número de hileras, NGRA = Granos de hileras opuestas, ANGR = Ancho de 10 granos, MASECA = Porcentaje materia seca, FDES = Factor de desgrane, PLAMAZ = Altura de planta entre altura de mazorca, HAHA = Hojas abajo entre hojas arriba, LMDM = Longitud mazorca entre diámetro de mazorca, LONANCH = Longitud de grano entre ancho de grano, PLANESPI = Altura de planta entre longitud de espiga, PEDULON = Pedúnculo de la espiga entre longitud de la espiga, RACELON = Rama central de la espiga entre longitud de la espiga, GRAN = Grosor del grano entre ancho del grano, VOGGR = Volumen de grano, RENDHA = Rendimiento por hectárea. DMS = Diferencia mínima significativa.

Anexo D. Cuestionario aplicado a los donantes de muestras de maíz en los cuatro municipios del trópico húmedo poblano.

Municipio_____

Localidad_____

Nombre del productor_____

Fecha_____

Coordenadas geográficas de la parcela_____

Altura sobre el nivel de mar_____

1. Tipo de maíz

A. Blanco

B. Crema

C. Azul

D. Negro

E. Rojo

2. Tipo de semilla

A) Nativa propia

B) Nativa comprada, ¿Dónde? _____

3. Antigüedad de sembrar esta semilla_____

4. Procedencia de la semilla

a. cosecha de la semilla

b. compra en la comunidad

c. compra en otra comunidad

5. Tipo de terreno

Textura

Pendiente

a. barriales

a. plano

b. arenosos

b. lomerío

c. tepetates

c. cerro o montaña

d. otros

d. otros

6. Fecha de siembra_____

7. Formas de siembra y manejo (semillas, colores, densidades, profundidad, riegos, fertilización, labores de cultivo, superficies, etc.)_____

8. Fecha de cosecha _____

9. Rendimientos aproximado _____

10. Usos

- Tortillas
- Atole
- Tamales
- Pozole
- Elote
- Artesanías
- Hoja para tamal
- Dulces
- Galletas
- Forraje
- Alimento para animales (grano)

11. Mejores características de esta variedad

- A. Resistencia a la sequía
- B. Resistencia a plagas
- C. Alto rendimiento
- D. Buenos para el nixtamal
- E. Bueno para la alimentación del ganado
- F. Duran en el almacén

12. Características a mejorar

- A. Porte bajo
- B. Mayor precocidad
- C. Aumentar rendimiento de grano
- D. Aumentar rendimiento de follaje
- E. Resistencia al acame
- F. Resistencia a sequía
- G. Que no se dañe en almacén
- H. Otros

13. ¿Por qué sigue usando semillas nativas? _____