



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

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

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GENÉTICA**

**COMPOSICIÓN DEL SISTEMA MILPA Y MANEJO  
TRADICIONAL EN LA REGIÓN DE LA CHINANTLA,  
OAXACA**

**LOURDES MATEOS MACES**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2015**

La presente tesis titulada: “**COMPOSICIÓN DEL SISTEMA MILPA Y MANEJO TRADICIONAL EN LA REGIÓN DE LA CHINANTLA, OAXACA**”. Realizada por la alumna: **LOURDES MATEOS MACES**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GENÉTICA**

**CONSEJO PARTICULAR**

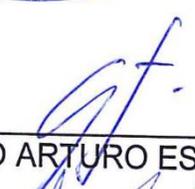
CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
DR. FERNANDO CASTILLO GONZÁLEZ

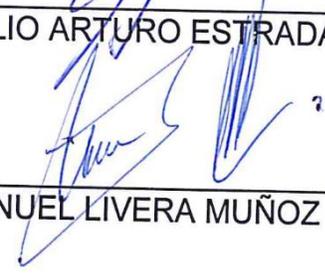
ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. JOSÉ LUIS CHÁVEZ SERVIA

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
M.C. JULIO ARTURO ESTRADA GÓMEZ

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
DR. MANUEL LIVERA MUÑOZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, julio 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, de manera particular al programa de Genética por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación académica.

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

Al Dr. Fernando Castillo González por la dirección y asesoramiento de la carga académica y trabajo experimental; además de todo el apoyo extra académico para concluir esta meta en mi vida.

Con especial agradecimiento al Dr. José Luis Chávez Servia por su apoyo en campo y trabajo extra académico, por sus valiosas aportaciones para mejorar la investigación.

A mis asesores, MC. Julio Arturo Estrada Gómez y Dr. Manuel Livera Muñoz por sus valiosas y acertadas sugerencias, para el enriquecimiento de este trabajo y por compartir sus conocimientos durante mis estudios.

Mención aparte merece el Dr. Porfirio Ramírez Vallejo (Q.E.P.D), por sus aportes a este trabajo, sus sabios consejos para mejorar el experimento, pero sobre todo por haberme brindado su valiosa amistad.

Al M.C. Diego Flores por el apoyo brindado en la fase de colectas, para la conducción y toma de datos en la fase de campo.

Al Ing. Antonio Ramírez por su apoyo en la preparación de experimentos y toma de datos de las muestras.

Al Mtro. Fulgencio Agustín García por su apoyo como guía en algunas comunidades de la región y por ayudarnos como traductor en la aplicación de encuestas.

A los M.C. Gloria, Ernesto y Arturo y a los Biólogos Miriam, Ciro y Sergio, por tanto aprendizaje juntos, por esa amistad sin fronteras que nos une y que siempre va a perdurar.

Con profundo agradecimiento a quienes me han abierto las puertas de su casa y me brindaron su amistad incondicional desde mi inicio en esta travesía: Sandy, Anita y Moy, muchas gracias por todo su apoyo.

De manera muy especial a los habitantes de San Felipe Usila, Flor Batavia y san Juan Bautista Tlacuatzintepec poseedores de una enorme agrobiodiversidad, quienes me permitieron conocer de cerca sus raíces y costumbres, mismas que me motivaron a seguir adelante con este trabajo.

## *Dedicatoria*

*De manera muy especial a mi tripulación de siempre: mis padres y mis hermanos, quienes han sido mis primeros maestros, fuente de inspiración y fortaleza en tiempos difíciles y a quienes les debo lo que soy ahora.*

*Para aquellos con los que compartí momentos únicos, momentos inolvidables, cosas inexplicables y en poco tiempo se volvieron personas incomparables. Para esa gente que entró en mi vida, y jamás saldrá de ella...*

*Nely, Gere, Sandy y Moy*

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN GENERAL.....	vi
GENERAL SUMMARY.....	vii
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....</b>	<b>1</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 OBJETIVOS.....	5
1.3 BIBLIOGRAFÍA.....	6
<b>CAPITULO II. PATRONES DE VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE POBLACIONES DE MAÍZ EN LA CHINANTLA OAXAQUEÑA.....</b>	<b>9</b>
RESUMEN.....	9
SUMMARY.....	10
2.1 INTRODUCCIÓN.....	11
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.2.1 Región de exploración y colecta de germoplasma.....	13
2.2.2 Caracterización agromorfológica.....	14
2.2.3 Análisis estadístico.....	15
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
2.4 CONCLUSIONES.....	25
2.5 BIBLIOGRAFÍA.....	26
<b>CAPITULO III. POTENCIAL AGRONÓMICO DE MAÍCES NATIVOS DE SAN FELIPE USILA, OAXACA.....</b>	<b>31</b>
RESUMEN.....	31
SUMMARY.....	32
3.1 INTRODUCCIÓN.....	33

3.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.2.1	Región de exploración y colecta de germoplasma.....	35
3.2.2	Evaluación agronómica.....	35
3.2.3	Análisis estadístico.....	36
3.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
3.4	CONCLUSIONES.....	49
3.5	BIBLIOGRAFÍA.....	51

<b>CAPITULO IV. MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA MILPA DE SAN FELIPE USILA, OAXACA.....</b>	<b>54</b>
---	-----------

RESUMEN.....	54
--------------	----

SUMMARY.....	55
--------------	----

4.1	INTRODUCCIÓN.....	56
-----	-------------------	----

4.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	58
-----	---------------------------	----

4.2.1	Región de estudio.....	58
-------	------------------------	----

4.2.2	Descripción de parcelas y agroecosistemas de producción.....	59
-------	--	----

4.2.3	Análisis estadístico.....	60
-------	---------------------------	----

4.3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	60
-----	-----------------------------	----

4.4	CONCLUSIONES.....	73
-----	-------------------	----

4.5	BIBLIOGRAFÍA.....	74
-----	-------------------	----

<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>78</b>
--	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>80</b>
--------------------	-----------

I	Identificación del área de estudio.....	80
---	---	----

II	Identificación de poblaciones de maíces nativos colectados en la región de La Chinantla, Oaxaca, 2013.....	81
----	--	----

III	Plantilla de encuestas.....	83
-----	-----------------------------	----

## ÍNDICE DE CUADROS

<i>CAPITULO II</i>		Pág.
<b>Cuadro 2.1</b>	Cuadrados medios del análisis combinado de varianza para variables agromorfológicas en la evaluación de 52 poblaciones de maíz, durante dos ciclos de cultivo en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	16
<b>Cuadro 2.2</b>	Comparación de medias entre ciclos de cultivo (primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014) y entre grupos poblacionales, en San Felipe Usila, Oaxaca.....	17
<b>Cuadro 2.3</b>	Correlaciones del CP respecto a cada variable y valores propios del análisis de componentes principales (CP), con base en 23 variables agromorfológicas en la evaluación de 52 poblaciones nativas de maíz, en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	19
<b>Cuadro 2.4</b>	Características morfológicas promedio de grupos de diversidad fenotípica de poblaciones nativas de maíz en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	24
<i>CAPITULO III</i>		
<b>Cuadro 3.1</b>	Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza combinado de variables agronómicas en la evaluación de 52 poblaciones de maíz, durante dos ciclos de cultivo en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	38
<b>Cuadro 3.2</b>	Respuestas de poblaciones de maíz en promedio de dos ciclos de cultivo y diferencias entre grupos poblacionales por color de grano, en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	39
<b>Cuadro 3.3</b>	Respuestas en caracteres agronómicos en cada ciclo de cultivo y grupos poblacionales de color de grano en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	41
<b>Cuadro 3.4</b>	Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz dentro de grupos de color de grano, en San Felipe Usila, Oaxaca.....	42
<b>Cuadro 3.5</b>	Promedios para cada ciclo agrícola de las poblaciones dentro de grupos, en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	44

*CAPITULO IV*

<b>Cuadro 4.1</b>	Relación entre agrobiodiversidad y tres agrosistemas de producción usados por los agricultores de San F. Usila, San J. Bautista Tlacuatzintepec y San A. Teotilápam, Oaxaca.....	62
<b>Cuadro 4.2</b>	Plantas recolectadas por los agricultores en tres agrosistemas de producción en San Felipe Usila, Oax.....	65
<b>Cuadro 4.3</b>	Descripción del sistema de producción de maíz con base en las respuestas de agricultores entrevistados en la Chinantla oaxaqueña.....	67
<b>Cuadro 4.4</b>	Características de formas de almacenamiento del maíz después de la cosecha en tres municipios de la Chinanteca oaxaqueña.....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>CAPITULO II</i>		Pág.
<b>Figura 2.1</b>	Dispersión de 52 poblaciones nativas de maíz sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales, con base en variables morfológicas.....	21
<b>Figura 2.2</b>	Dendrograma del análisis de conglomerados de agrupamiento de 52 poblaciones de maíz nativas por su valoración en 23 variables morfoagronómicas en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.....	22
<i>CAPITULO III</i>		
<b>Figura 3.1</b>	Producción t/ha <sup>-1</sup> de grupos de color de grano blanco y amarillo durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en San Felipe Usila, Oaxaca.....	47
<b>Figura 3.2</b>	Producción t/ha <sup>-1</sup> del grupo de color de grano azul durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en San Felipe Usila, Oaxaca.....	48
<i>CAPITULO IV</i>		
<b>Figura 4.1</b>	Productos químicos de uso común entre agricultores de la Chinantla oaxaqueña.....	70
<b>Figura 4.2</b>	Dispersión de las parcelas de producción en el plano formado por las dos dimensiones principales del análisis de correspondencia múltiple, de acuerdo con las características descriptivas señaladas por agricultores Chinantecos (n = 389).....	72

# COMPOSICIÓN DEL SISTEMA MILPA Y MANEJO TRADICIONAL EN LA REGIÓN DE LA CHINANTLA, OAXACA

## RESUMEN GENERAL

Con el objetivo de estudiar la composición de los recursos fitogenéticos en la región de la Chinantla, Oaxaca, y su manejo tradicional, en 2013 se colectaron 52 poblaciones de maíz y se hizo una entrevista a 200 agricultores de once comunidades Chinantecas, mediante un cuestionario semiestructurado. Se establecieron dos experimentos durante los ciclos primavera-verano y otoño-invierno, se registraron características morfológicas de floración, planta, espiga, mazorca y grano en cada población, incluyendo rendimiento de grano. Las poblaciones nativas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre grupos de color de grano y entre poblaciones dentro de grupos, en caracteres fenológicos, de planta, mazorca, grano, espiga y rendimiento de grano, así como diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre ciclos de cultivo; la interacción genotipo por ambiente fue significativa para rendimiento y tamaño de grano. En el análisis de componentes principales, se determinó que los caracteres altura de planta y mazorca, longitud y número de hileras en mazorca, longitud total y de la parte ramificada de la espiga, tamaño de grano y relación altura de planta/altura de mazorca, fueron las variables de mayor valor descriptivo de la varianza fenotípica total. Mediante el análisis de conglomerados, se determinaron seis grupos fenotípicos de diversidad asociados al origen geográfico comunitario de las poblaciones; la agrupación se determinó de manera relevante por los caracteres de espiga, grano, planta y mazorca, y se evidenciaron patrones diferenciales entre poblaciones de grano blanco y las pigmentadas. De la evaluación, se determinó que, entre ciclos hubo diferencias significativa ( $P < 0.05$ ), así como entre grupos poblacionales de color de grano, para la mayoría de las variables agromorfológicas, y sólo hubo interacción de manera significativa de grupos de poblaciones con los ciclos de cultivo, para rendimiento de grano y sus componentes: número de hileras en mazorca, ancho y grosor de grano. Las poblaciones de maíz dentro de cada grupo de color de grano difieren para todos los caracteres fenológicos, de planta, mazorca y rendimiento, excepto en longitud y grosor de grano. Los menores regímenes de temperaturas de otoño-invierno, retrasaron las floraciones masculina y femenina hasta por 28 días con respecto al de primavera-verano; en rendimiento de grano, se presentó un patrón homólogo, de 2.46 a 3.30 t/ha<sup>-1</sup> y de 0.99 a 1.34 t/ha<sup>-1</sup>, respectivamente; Se presentó sequía inusual en otoño-invierno comparada con años anteriores, que provocó muy bajos rendimientos. Se realizó un análisis de ji-cuadrada para probar la hipótesis de independencia entre agroecosistemas y variables evaluadas ( $p < 0.05$ ), posteriormente se realizó un análisis de correspondencia múltiple; se observó que las poblaciones de maíces que se estudiaron, pueden agruparse, en primera instancia, de acuerdo a la región eco-geográfica y a su vez se separan claramente por color de grano y variantes de las razas: Tepecintle, Tuxpeño y formas intermedias entre estas razas.

**Palabras clave:** Poblaciones nativas de maíz, *Zea mays* L., grupos fenotípicos, agroecosistemas, origen geográfico, Tepecintle y Tuxpeño.

# COMPOSITION OF THE MILPA SYSTEM AND ITS TRADITIONAL MANAGEMENT IN THE CHINANTLA REGION, OAXACA

## GENERAL SUMMARY

In order to study the composition of plant genetic resources in the Chinantla region, Oaxaca, and its traditional management, 52 maize populations were collected and a survey throughout a semi-structured questionnaire was carried out with 200 farmers from eleven Chinantec communities, in 2013. First, two field experiments for characterization and agronomic evaluation were carried out in two crop seasons: Spring-Summer 2013 and Autumn-Winter 2013/2014, where plant, spike/tassel, ear and grain morphological and phenological traits were recorded, besides grain yield. In the analysis of variance, significant differences ( $P < 0.05$ ) were detected between crop seasons, among grain-color groups and among populations within groups for all traits. Interaction of crop seasons and groups of maize populations was for grain yield and size of kernels. Plant and ear height, length and rows number of the ear, total length and branched portion of the tassel, kernel size and plant/ear height ratio, were identified by principal components analysis as traits of major descriptive value out of the total phenotypic variance. Six phenotypic groups were determined by cluster analysis, associated to geographic origin of farmer communities where maize samples were collected; furthermore, those groups differed mainly by tassel traits, phenology, plant and ear dimensions; also, the grouping followed certain association with patterns of white-kernel populations and pigmented ones. The low regimes of temperatures in the Autumn-Winter delayed both male and female flowering up to 28 days between with respect to the Spring-Summer season; also, grain yield followed a somewhat homologous patterns, from 2.46 to 3.30 t/ha and from 0.99 to 1.34 t/ha, respectively, for color-kernel groups. Finally, a chi-square test was applied in order to test the independence hypothesis between agroecosystems and evaluated variables, and complemented with multiple correspondence analysis. Results showed that, maize populations were grouped by ecogeographic region of origin and kernel color, where predominant phenotypic variants were Tepecintle, Tuxpeño and intermediate forms between both maize races.

**Key words:** Native maize populations, *Zea mays* L., phenotypic groups, agroecosystems, geographic origin, Tepecintle and Tuxpeño.

## CAPITULO I

### 1.1 INTRODUCCIÓN GENERAL

México es un país multiétnico y diverso tanto ecológica como culturalmente. Su rasgo distintivo es una gran heterogeneidad ecológica y cultural (Sarukhán *et al.*, 2009, Bellon, 2009). Sus culturas tienen una estrecha relación con la diversidad biológica del país, tanto en su cosmovisión como en la manera en que han aprovechado sus recursos. Con el surgimiento de la agricultura, hace alrededor de 10 mil años, el hombre se integra al desarrollo de las plantas cultivadas, estableciéndose el proceso de evolución bajo domesticación (Bellon, 2009; Boege, 2009); se ha estimado que en México hay por lo menos 118 especies de plantas económicamente importantes que fueron total o parcialmente domesticadas por los agricultores prehispánicos (Bellon, 2009).

En este contexto, el sistema de milpa tradicional Mesoamericano, donde se cultivan esencialmente maíz, frijol y calabaza (Mera y Mapes, 2009), además de ser el medio para la producción de alimento y parte importante de la cultura de los pueblos, es también el mecanismo para la evolución bajo domesticación y preservación *in situ* de la agrobiodiversidad *inter* e *intra*-específica, no solo de las especies cultivadas sino de alto número de especies silvestres toleradas y recolectadas para uso alimentario, medicinal, ritual, etc. (Thrupp, 2000; Aguilar *et al.*, 2007; Aguilar-Jiménez *et al.*, 2011), que a lo largo de milenios el humano ha manipulado de manera sostenible para sobrevivir y que en su mayoría son reconocidas como, especies y variedades de cultivos de uso tradicional/ancestral con adaptación a nichos agro-ecológicos específicos (Linares y Bye, 2015; Jarvis *et al.*, 2007).

La participación del hombre ha contribuido a generar diversidad a través de la selección por la expresión dirigida de caracteres genotípicos de las plantas para originar nuevas poblaciones (Bellon, 2009; Boege, 2009) con innumerables variantes adaptativas a cada una de las condiciones ambientales y socioculturales locales; al respecto, Perales *et al.* (2005) señalan que existen evidencias del papel de los agricultores en la generación y conservación de la diversidad de maíz. Se reconoce a

México como el centro de origen, diversificación y domesticación del maíz y como resultado de la expansión de la especie hacia la mayoría de los agroecosistemas, se ha diversificado en un gran número de razas (Vavilov, 1951).

Diversos estudios de la variabilidad del maíz, tanto morfológica como genética, muestran que existe una gran diversidad en las poblaciones mexicanas (Bellon, 2009). Actualmente se reportan para el continente americano entre 220 y 300 razas de maíz (Vigouroux *et al.*, 2008), y su diversidad genética en México se ha estudiado y clasificado en más de 59 razas (Wellhausen *et al.*, 1951, Sánchez *et al.*, 2000); de éstas, 35 se encuentran ubicadas en el estado de Oaxaca (Aragón *et al.*, 2006).

Por sus profundas raíces históricas y culturales el maíz se cultiva en un mosaico de regiones agrícolas, socioeconómicas y tecnológicas de México (Acquaah, 2007), las estadísticas de superficie sembrada en el país muestran que es el cultivo de mayor importancia y cubre más de la mitad del área agrícola cultivada (SIAP, 2013), se siembran un poco más de ocho millones de hectáreas (Castillo *et al.*, 2000; SIAP, 2013), principalmente en las zonas sub-húmeda tropical, templada húmeda y sub-húmeda (Mera *et al.*, 2009), de las cuales en más de 6.5 millones se usan semillas de poblaciones nativas y sólo en una pequeña fracción se siembran variedades mejoradas (Castillo *et al.*, 2000). De la superficie total sembrada el 80 % es de temporal o secano (SIAP, 2011), las siembras de temporal regularmente la practican pequeños agricultores, localizados en el centro-sur de México y en agroecosistemas marginales o restrictivos para la agricultura moderna pero con altas interacciones con los ecosistemas naturales (de Frece y Poole, 2008; Aguilar-Jiménez *et al.*, 2011; Bermeo *et al.*, 2014).

En Oaxaca el cultivo de maíz ocupa 80% de las tierras agrícolas, sin embargo registra un déficit anual superior a las cien mil toneladas de maíz, lo que implica una constante importación para satisfacer la demanda de una población en crecimiento (Cuellar, 1995); se siembran anualmente más de 600 mil hectáreas, principalmente de grano blanco y amarillo, en monocultivo y/o asociado con cucurbitáceas y leguminosas; 94.2% de las siembras son de temporal. En las zonas tropicales y subtropicales de Oaxaca se siembran 229,374 hectáreas, 38.2% del total (SIAP,

2014), particularmente en el municipio de San Felipe Usila se siembran en promedio 4, 800 hectáreas con un volumen de producción de 4980 toneladas anuales, principalmente maíz blanco y amarillo, en monocultivo y/o asociado con cucurbitáceas y leguminosas (SIAP, 2013; SIAP, 2014; INEGI, 2014).

Cada comunidad de agricultores poseen parcelas en nichos agroecológicos específicos, y en esas condiciones ellos manejan varios tipos de maíces para responder a riesgos meteorológicos como precipitaciones impredecibles en duración, estacionalidad y cantidad de lluvia, oscilaciones térmicas extremas, variados tipos y fertilidades de suelo, y responden a la demanda familiar o comunitaria de variantes específicas para la preparación de platillos, bebidas frescas o calientes, entre otros usos gastronómicos (Cázares y Duch, 2004; Chávez-Servia *et al.*, 2012); la mayoría de agricultores utilizan semilla que seleccionan de la cosecha anterior de sus propias poblaciones o variedades nativas, (Herrera *et al.*, 2002); poco menos de la mitad de la agricultura de temporal se desarrolla en terrenos de ladera, 43 por ciento de la agricultura campesina se desarrolla en laderas de más de 10 grados, de ellas, casi 100 000 hectáreas presentan suelos fuertemente inclinados, de 20 a 45 grados (Boege y Vidrales, 2008). En este sentido los agroecosistemas tropicales y subtropicales interactúan fuertemente con su entorno natural, lo que implica un incremento de insumos externos en las parcelas de cultivo (fertilizantes, herbicidas y fungicidas), como consecuencia de precipitaciones abundantes y altas temperaturas que promueven el crecimiento de malezas, mayor número y generaciones de fitopatógenos y lixiviación de nutrientes (Altieri y Nicholls, 2004; Perfecto y Vandermeer, 2008). Así, en el trópico y subtrópico se pueden obtener de dos a tres ciclos de cultivo de maíz por año, situación que en las regiones templadas y frías es impensable; en el sureste del país; en la región tropical se siembran anualmente cerca de 2.5 millones de hectáreas (González *et al.*, 2013).

Para abordar a la evolución bajo domesticación y con ello la conservación de la diversidad *in situ* con apoyo científico, se ha planteado que se requiere desarrollar estrategias que permitan la elevación de la productividad y la calidad, más la búsqueda de aprovechamientos alternativos, que permitan ofrecer al agricultor opciones para mejorar sus estándares y calidad de vida, al mismo tiempo que se

conserva la diversidad genética. Para ello, el punto de partida es el estudio de la variación para valorar las posibilidades de mejorar, tanto al rendimiento, como otros atributos que se presentan en las poblaciones de maíz locales. Tal variación es diferencial entre razas, entre tipos dentro de razas, entre poblaciones (la semilla de cada agricultor), y las diferencias entre plantas dentro de cada población.

Debido a la amplia diversidad genética con la que cuenta el maíz, hay un gran número de poblaciones nativas y potencial desconocido; no obstante, no ha sido posible documentar toda la diversidad fenotípica y genética de los diversos micronichos agroecológicos de producción, y en menor grado la enorme variabilidad de agroecosistemas tropicales del sureste mexicano; este conocimiento constituye parte importante de los saberes tradicionales que representan el patrimonio cultural de nuestro país, por lo que se deben investigar, difundir y publicar de forma adecuada. Los trabajos orientados a describir, clasificar y evaluar el potencial de la diversidad genética del maíz nativo son pocos para las regiones tropicales y subtropicales.

En la región tropical oaxaqueña (0 a 1000 msnm) se distribuyen frecuentemente las razas Conejo, Nal-Tel, Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico y Zapalote Grande, y en menor frecuencia Chiquito (Aragón *et al.*, 2006). En este contexto de diversidad genética, es necesario emprender acciones específicas hacia la evaluación de poblaciones nativas de maíz para generar estrategias que permitan una mejora de la evolución bajo domesticación y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad, fundamentales para la autosuficiencia alimentaria, y la promoción de los denominados servicios ambientales y, por lo tanto, para la propia mejora de las condiciones de vida de las comunidades, y en el caso extremo, la supervivencia humana en la tierra (Justiniano *et al.*, 2006).

## **1.2 OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Estudiar el manejo y composición de la biodiversidad de los sistemas de cultivo tradicionales de la Chinantla, Oaxaqueña.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar, describir y clasificar la diversidad genética del maíz en un área de la Chinantla Baja oaxaqueña, mediante el estudio de una colección de 52 poblaciones nativas de maíz, valorándolas por la expresión diferencial de caracteres agromorfológicos, en dos ciclos de producción.
- Valorar los potenciales productivos de las variantes de maíz en un área de la Chinantla Baja oaxaqueña, mediante la evaluación agronómica de esa colección de 52 poblaciones de maíz en San Felipe Usila, Oaxaca, en dos ciclos de producción: primavera-verano y otoño-invierno.
- Estudiar la agrobiodiversidad y su manejo local en la región de San Felipe Usila, Oaxaca, con base en entrevistas a agricultores con cultivos en agroecosistemas de ladera, lomerío y planicie.

### 1.3 BIBLIOGRAFÍA

- Acquaah, G. (2007)** Principles of Plant Genetics and Breeding. Blackwell Publishing. Oxford, UK. 569 p.
- Aguilar J., I. Catarina y C. Marielle (2007)** Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. *En: Sin Maíz no hay País*. G. Esteva y C. Marielle (Coords.), Dirección General de Culturas Populares e indígenas del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F. pp:83-122.
- Aguilar-Jiménez, C.E., A. Tolón-Becerra and X.B. Lastra-Bravo (2011)** Agri-environmental evaluation of traditional and alternative corn production systems in Chiapas, México. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 112:71-86.
- Altieri M.A. and C.I. Nicholls (2004)** An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics. *Journal of Crop Improvement* 11:81-103.
- Aragón C., F., S. Taba, J. M. Hernández, J. de D. Figueroa, V. Serrano y F. H. Castro. (2006)** Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Num. 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334 p.
- Bellon, M.R. (2009)** Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas, *En: Capital Natural de México*, vol II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio. CONABIO, México D.F. pp. 355-382.
- Bermeo A., S. Couturier and M.G. Pizaña (2014)** Conservation of traditional smallholder cultivation systems in indigenous territories: Mapping land availability for milpa cultivation in the Huasteca Poblana, México. *Applied Geography* 53:299–310.
- Boege, K. (2009)** Centros de origen, pueblos indígenas y diversidad del maíz. *Ciencias*, Num.92-93. pp. 18-28.
- Boege S. E., G. Vidrales C. (2008)** El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. *Hacia la conservación in situ de la biodiversidad y agrodiversidad en los territorios indígenas*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 2008. 344 p.
- Castillo G., F., L. M. Arias, R. Ortega P. and F. Márquez S. (2000)** Participatory breeding, seed networks and grassroot strengthening. Mexico. *In: Conserving Agricultural Diversity in situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*. D. Jarvis, B. Sthapit and L. Sears (Eds.), IPGRI, Rome, Italy. Proceedings of a workshop. Pokhara, Nepal. 1-12 July, 1999.

- Cázares S., E. y J. Duch G. (2004)** La diversidad genética de variedades locales de maíz, frijol calabaza y chile, y su relación con características culinarias. *En: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. J.L. Chávez-Servia, J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Cali Colombia. pp: 250-255.
- Chávez-Servia, J. L., P. Diego-Flores y J.C. Carrillo-Rodríguez (2012)** Variación fenotípica de una muestra de maíces de la región de Chalcatongo de Hidalgo, Oaxaca. *Ciencia Ergo Sum* 18(3):251-257.
- Cuéllar, O. (1995)** Anexo estadístico. Tercer Informe de Gobierno, Oaxaca, Diagnóstico Regional de Tuxtepec: Aspectos Sociodemográficos, Documento, Depto. de Sociología, UAM, 1996.
- de Frence A. and N. Poole (2008)** Constructing livelihoods in rural Mexico: *Milpa* in Mayan culture. *The Journal of Peasant Studies* 35:335-352.
- González M., E., N. Palacios, A. Espinoza y C. A. Bedoya (2013)** Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(Supl. 3-A): 329-338.
- Graham, A. (1998)** Factores históricos de la diversidad biológica de México. *En: Diversidad Biológica de México, Orígenes y Distribución*. T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.) Instituto de Biología UNAM. México D.F pp:109-127.
- Herrera C., B. E., A. Macías L., R. Díaz R., M. Valadez R. y A. Delgado A. (2002)** Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 17-23.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2014)** México en cifras, información nacional por entidad federativa y municipios. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=20>
- Jarvis D. I.; Ch. Padoch; H. D. Cooper (eds) (2007)** Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems. New York: Columbia University Press, 492 pp.
- Justiniano da Fonseca M.A., Da Silva W. y Celso C. A. (2006)** El estado del arte de los recursos genéticos en las américas: conservación, caracterización y utilización. Disponible en: [http://www.iica.int/foragro/cd\\_prior/Docs/RecFitog.pdf](http://www.iica.int/foragro/cd_prior/Docs/RecFitog.pdf).
- Linares M., E. y R. Bye B. (2015)** Las especies subutilizadas de la milpa. *Revista Digital Universitaria*. 16 (5): 1607 – 6079.
- Mera O., L. M. y C. Mapes S. (2009)** El Maíz. Aspectos Biológicos. *En: Origen y Diversificación del Maíz: una Revisión Analítica*. T. A. Kato, L. M. Mera, C. Mapes, J. A. Serratos, y R.A. Bye. 2009. Universidad Nacional Autónoma de

México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116pp. México, D.F. p. 34-35.

**Perales, H. R., B. F. Benz, and S. B. Brush. (2005)** Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, México. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:949-454.

**Perfecto I and J. Vandermeer (2008)** Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134:173-200.

**Sánchez G., J., M. M. Goodman, and C. W. Stuber. (2000)** Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54 (1):43-59.

**SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2011)** Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=215](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=215).

**SIAP, (2013)** Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura/produccion-anual/cierre-de-laproduccion-agricola-por-estado.html>

**SIAP, SAGARPA. (2014)** Situación actual y perspectiva del maíz en México. [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integración/Estadistic](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integración/Estadistic)

**Sarukhán J., P. Koleff, J. Carabias., J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Ant y J. de la Maza. (2009)** Capital Natural de México. Síntesis: Conocimiento Actual, Evaluación y Perspectivas de Sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp 21-43. 104 p.

**Thrupp L.A. (2000)** Linking agricultural biodiversity and food security: The valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs* 2:265-281.

**Vigouroux Y., J.C. Glaubitz, Y. Matsuoka, M.M. Goodman, J. Sánchez G., and J. Doebley. (2008)** Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *Amer. J. Bot.* 95(10):1240-1253.

**Vavilov, N I. (1951)** The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Selected writings of translated from the Russian by K. Starr Chester, Ph. D. *Chronica botanica*. Vol. 13. 1949/50. Waltham, Mass. Xviii + 364p.

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

## **CAPITULO II**

### **PATRONES DE VARIACIÓN MORFOLÓGICA Y AGRONÓMICA DE POBLACIONES DE MAÍZ EN LA CHINANTLA OAXAQUEÑA**

#### **RESUMEN**

Con el objetivo de evaluar, describir y clasificar la diversidad fenotípica de una colección de 52 poblaciones de maíz de la Chinantla baja oaxaqueña, se establecieron dos experimentos durante los ciclos primavera-verano (2013) y otoño-invierno (2013/2014), en San Felipe Usila, Oaxaca. Se registraron características morfológicas de floración, planta, espiga, mazorca y grano en cada población, incluyendo rendimiento de grano. Las poblaciones nativas presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre grupos de color de grano y entre poblaciones dentro de grupos, en caracteres fisiológicos, de planta, mazorca, grano, espiga y rendimientos. Se determinaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre ciclos de cultivo; particularmente en primavera-verano se registraron mayores valores promedio, incluyendo rendimiento, que en otoño-invierno, este último con menores precipitaciones. En general, no se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las interacciones ciclos-grupos de poblaciones y ciclos-poblaciones dentro de grupos, hecho que refleja respuestas constantes de las poblaciones a través de ciclos de cultivo. En el análisis de componentes principales, se determinó que los caracteres altura de planta y mazorca, longitud y número de hileras en mazorca, longitud total y de la parte ramificada de la espiga, tamaño de grano y relación altura de planta/altura de mazorca, fueron las variables de mayor valor descriptivo de la varianza fenotípica total. En este sentido, mediante el análisis de conglomerados, se determinaron seis grupos fenotípicos de diversidad en función del origen geográfico comunitario de las poblaciones, caracteres de espiga, grano, planta y mazorca, y se evidenciaron patrones diferenciales entre poblaciones de grano blanco y las pigmentadas.

**Palabras clave:** Ciclos de cultivo, grupos fenotípicos de diversidad, poblaciones nativas, varianza fenotípica.

## **PATTERNS OF MORPHOLOGICAL AND AGRONOMIC VARIATION OF MAIZE POPULATIONS IN THE OAXACA CHINANTLA**

### **SUMMARY**

Two experiments during spring-summer and fall-winter were carried out at San Felipe Usila, Oaxaca, in order to evaluate, describe and classify the phenotypic diversity of a collection of 52 maize populations from the lowlands of the Chinantla region of Oaxaca. Flowering, plant, spike, ear and kernel traits plus grain yield were evaluated in each population. The native maize populations presented significant differences ( $P < 0.05$ ) among groups of kernel color and within populations into groups for physiological, plant, ear, kernel and spike traits, and yield. Significant differences ( $P < 0.05$ ) between crop cycles were determined, where the crop cycle of spring-summer had higher values, including yield, than in the fall-winter cycle, which presented lower rainfall. In general, not significant differences ( $P < 0.05$ ) were found for interactions of cycle-groups of populations and cycles-population within groups, this fact reflects that populations showed a constant behavior throughout crop cycles. In the principal component analysis, the plant and ear height, length and number of rows in the ear, total spike length and length with branches, kernel size and ratio of plant/ear height were the variables of major descriptive value of the total phenotypic variance. In the same way, in the cluster analysis, five groups of phenotypic diversity were determined considering geographic origin of the populations and spike, kernel, plant and ear traits, and these results are considered as evidence for a for different patterns for maize populations with white kernels and pigmented ones.

**Key words:** Growing cycles, phenotypic diversity groups, native populations, phenotypic variance.

## 2.1 INTRODUCCIÓN

México es un país muy diverso tanto ecológica como culturalmente (multiétnico). Su rasgo distintivo es una gran heterogeneidad ecológica y cultural (Sarukhán *et al.*, 2009, Bellon, 2009). En su territorio existe una amplia variedad de climas y hábitats, donde interactúan distintos componentes bióticos (Graham, 1998). Con el surgimiento de la agricultura, hace 10 mil años, el hombre forma parte del desarrollo y evolución de las plantas cultivadas, llevando a cabo el proceso de evolución bajo domesticación. La participación del hombre ha contribuido a generar diversidad mediante la aplicación de selección en base a caracteres fenotípicos de las plantas para determinar la formación de nuevas poblaciones (Bellon, 2009; Boege, 2009) que en la historia resultan innumerables variantes, adaptadas de manera específica a cada una de las condiciones ambientales y socioculturales locales; al respecto, Perales *et al.* (2005) señalan que se han documentado evidencias del papel de los agricultores en la generación y conservación de la diversidad de maíz.

El maíz es el cultivo de mayor importancia en el país y cubre más de la mitad de la superficie agrícola sembrada, con 8.0 millones de hectáreas (SIAP, 2013), principalmente en las zonas sub-húmeda tropical, templada húmeda y sub-húmeda (Mera *et al.*, 2009). De la superficie sembrada, el 80 % se cultiva en condiciones de temporal o secano (SIAP, 2011), y minifundio en más de 2 millones de pequeños productores que participan con propósito primario de autoconsumo (Mera *et al.*, 2009). En estas unidades de producción prevalece el cultivo de poblaciones nativas (criollos), por lo que gran parte de la diversidad genética se conserva *in situ*, y en constante proceso de evolución bajo domesticación, con el dinamismo que imprimen los cambios socio-culturales y climáticos.

En el sistema de producción tradicional mexicano, los agricultores preservan *in situ* uno de los mayores acervos genéticos mundiales de maíz. Esta variación genética está influenciada por factores climáticos, edáficos, culturales y económicos asociados tanto a los nichos agroecológicos de producción como a las comunidades de agricultores (Hernández, 1985; Cazares *et al.*, 2005; Ortega-Paczka, 2003). Ruiz-

Corral *et al.* (2008) mostraron que 42 razas mexicanas de maíz presentaron adaptación ecológica específica de acuerdo a su región de origen. En este sentido, Herrera *et al.* (2004), Antonio *et al.* (2004), Martín *et al.* (2008) y Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) determinaron, en cada caso, que las poblaciones locales de maíz presentan atributos agromorfológicos de manera diferencial a través de localidades de procedencia. Esto indica que dentro de microrregiones de producción, existe una alta variabilidad genética entre poblaciones y aún dentro de un mismo municipio o comunidad existen micronichos en los que prosperan varios grupos de variantes agromorfológicas de adaptación específica, con fuertes intervenciones antropocéntricas (Perales *et al.*, 2003; Leclerc y Coppens-d'Eeckenbrugge, 2012).

Wellhausen *et al.* (1951), Sánchez y Goodman (1992), Sánchez *et al.* (2000), Ortega-Paczka (2003) y Kato *et al.* (2009) argumentan que, las condiciones agroecológicas, determinadas por clima, suelo, manejo de agricultor, altitud y ubicación ecogeográfica, explican la distribución geográfica y adaptación de 59 razas de maíz en México. En relación a la diversidad de variantes específicas a nivel de microrregiones, Anderson (1946) señaló que en cada comunidad agrícola en México existe gran diversidad (equiparada a la de los E.U) y que en otra región se encuentran grupos diversos diferentes; Muñoz (2005) considera que existen patrones etnofitogenéticos o patrones varietales de grupos de poblaciones locales de maíz, grupos socioculturales y estratos ambientales. Brush y Perales (2007) y Mercer *et al.* (2008), encontraron en Chiapas una alta diversidad enzimática de poblaciones locales de maíz, relacionadas con variaciones altitudinales y contextos etnolingüísticos. Esta variabilidad genética es un portafolio de opciones para el agricultor tanto para confrontar la estacionalidad y variabilidad de condiciones meteorológicas, como condiciones agroecológicas específicas de sus parcelas de producción, y que le garanticen una producción base para satisfacer sus necesidades alimentarias (Herrera *et al.*, 2000; Aceves *et al.*, 2002; Ortega-Paczka, 2003).

Los trabajos orientados a describir, clasificar y evaluar el potencial de la diversidad genética del maíz nativo son más frecuentes, en la región templada y fría de México, y se tienen pocos trabajos para las regiones tropicales y subtropicales. En

este sentido los agroecosistemas tropicales y subtropicales interactúan fuertemente con su entorno natural y en décadas recientes se observa un incremento de insumos agroquímicos en las parcelas de cultivo (herbicidas y fertilizantes principalmente), para responder al efecto de precipitaciones abundantes y altas temperaturas que promueven el crecimiento de malezas, mayor número y ciclos de fitopatógenos y lixiviación de nutrientes, entre otras limitantes; por lo que, se genera una asociación de los agroecosistemas con los ecosistemas naturales (Altieri y Nicholls, 2004; Perfecto y Vandermeer, 2008). Así, en el trópico y subtrópico se pueden obtener dos y en ocasiones tres, ciclos de cultivo de maíz por año, situación que en las regiones templadas y frías es impensable; en el sureste del país, y la región tropical se siembran anualmente cerca de 2.5 millones de hectáreas (González *et al.*, 2013).

En Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, se han hecho esfuerzos por diversos investigadores en documentar la diversidad fenotípica del maíz nativo (Camacho y Chávez, 2004; Burgos *et al.*, 2004; Aragón *et al.*, 2006; Torres-Morales *et al.*, 2010; Sierra-Macías *et al.*, 2010; Jiménez-Juárez *et al.*, 2012; Navarro-Garza *et al.*, 2012). No obstante, falta estudiar y documentar gran parte de la diversidad fenotípica y genética de los diversos micronichos agroecológicos de producción, y la enorme variabilidad de agroecosistemas tropicales del sureste mexicano. En este contexto, el objetivo del presente estudio fue evaluar, describir y clasificar la diversidad genética del maíz en un área de la Chinantla Baja oaxaqueña, mediante el estudio de una colección de 52 poblaciones nativas de maíz, valorándolas por la expresión diferencial de caracteres agromorfológicos, en dos ciclos de producción.

## **2.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

### *2.2.1 Región de exploración y colecta de germoplasma*

La región de estudio comprendió ocho comunidades de los municipios de San Felipe Usila, San Andrés Teotilalpam y San Juan Bautista Tlacuatzintepec, en la región del Papaloapan de Oaxaca, (CONANP, 2005). La zona presenta áreas de

planicie aluviales, lomeríos y de pendientes pronunciadas, donde se realizan las actividades agrícolas con suelos del tipo luvisol, acrisol, cambisol y regosol, en altitudes de 26 a 1000 msnm; climas desde semicálido húmedo a cálido húmedo con temperaturas medias de 20 a 26 °C con oscilaciones de 12.3 a 38.1 °C y precipitación pluvial durante todo el año entre 1500 a 5000 mm anuales (García, 1988; INEGI, 2008). En la agricultura predomina el cultivo de temporal (82% de la superficie agrícola); el maíz de “tonamil” o maíz de invierno depende de las lluvias invernales que se presentan de noviembre-abril y los rendimientos son mejores que los de las siembras de verano (López y Urbán, 1992). Los principales cultivos de la Chinantla son maíz, frijol y yuca para el autoconsumo; donde el maíz ocupa 51.5% del total de superficie cultivada (López y Urbán, 1992; de Teresa, 1999).

### 2.2.2 Caracterización agromorfológica

Se hizo una exploración y colecta de poblaciones de maíz en ocho comunidades de los municipios de San Felipe Usila, San Andrés Teotitlán y San Juan Bautista Tlacuatzintepec, de la región Chinanteca oaxaqueña. En total se conformó una colección de 52 poblaciones; 27 de grano blanco, 16 de amarillo y 9 de azul. La colección se sembró, caracterizó y evaluó durante los ciclos de primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014, en terrenos de dos agricultores de San Felipe Usila, 17°38' y 17°59' de LN, y 96° 23' y 96° 35' de LO, a una altitud de 100 msnm, con suelos de tipo luvisol, y clima tropical con temperatura media anual de 26°C y precipitación pluvial anual de 5,000 mm.

Las poblaciones se distribuyeron como dos experimentos uniformes en ambas estaciones de cultivo, cada uno bajo diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental consistió de dos surcos de 5 m de largo y 0.80 m entre surcos, y se sembraron cuatro semillas cada 0.70 m. Con base en referencias previas se eligieron diferentes variables fisiológicas, morfológicas y agronómicas para describir y evaluar la variabilidad fenotípica representada en las poblaciones evaluadas (Sánchez y Goodman, 1992; Sánchez *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2000): altura de planta y mazorca; días de la siembra a floración masculina y femenina; longitud, diámetro, ancho de olote, número de

hileras y granos por hilera en la mazorca, dimensiones de grano (largo, ancho y espesor); longitud de pedúnculo, parte central, parte ramificada, número de ramas primarias y longitud total de la espiga. También se cuantificó el peso de grano por mazorca para calcular la relación grano/mazorca en porcentaje; longitud, ancho y grosor de grano; y se obtuvo una estimación del rendimiento por parcela experimental.

### 2.2.3 Análisis estadístico

Con la información obtenida en los dos ciclos de cultivo se hicieron análisis de varianza combinados mediante el diseño de bloques al azar donde las principales fuentes de variación fueron; ciclos de cultivo, grupos poblacionales, poblaciones anidadas en grupos e interacciones ciclos-grupos y ciclos-poblaciones dentro de grupos. Posteriormente, con los promedios por población se realizó un análisis de componentes principales mediante la matriz de correlaciones, a fin de conocer las variables de mayor valor descriptivo de la variación fenotípica total (Sánchez *et al.*, 1993). Además se aplicó un análisis de conglomerados, con agrupamiento jerárquico por el método de la media no pondera (UPGMA, acrónimo en inglés), a partir de las variables estandarizadas. Se tomó la distancia en la que se presentó el punto de inflexión en la curva del coeficiente de correlación como criterio para determinar el punto de corte en el dendrograma con objeto de definir los grupos agromorfológicos. Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.0 para el análisis de datos.

## 2.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al caracterizar y evaluar 52 poblaciones de maíz en dos ciclos consecutivos de cultivo, se determinó que las condiciones agroecológicas de ciclo a ciclo afectaron la magnitud de los valores agromorfológicos fenotípicos en los grupos poblacionales evaluados. En el análisis de varianza se determinó que entre ciclos (P-V 2013 y O-I 2013/2014), hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para todos los caracteres,

excepto en número de granos por hilera en la mazorca, longitudes del pedúnculo y total de la espiga. Entre grupos agromorfológicos de maíces, se observaron diferencias significativas, con excepción de número de granos por hilera en la mazorca, longitudes de mazorca y total de espiga. En tanto que, en las poblaciones de maíz anidadas en grupos, hubo diferencias significativas con excepción de la longitud y grosor de grano. No hubo diferencias significativas en la interacción ciclos-grupos poblacionales, para variables morfológicas y fenológicas, pero si fue significativa para rendimiento de grano y sus componentes, número de hileras en la mazorca, ancho y grosor de grano, y longitudes de pedúnculo, parte central y ramificada de la espiga, (Cuadro 2.1).

**Cuadro 2.1** Cuadrados medios del análisis combinado de varianza para variables agromorfológicas en la evaluación de 52 poblaciones de maíz, durante dos ciclos de cultivo en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

VARIABLES	Ciclos de cultivo (C)	Rep/ciclo	Grupos poblac. (G)†	Poblaciones/grupos (Pob/G)	C×G	C×Pob/G
Floración masculina (días)	60426.167**	60.513**	176.826**	41.619**	0.888 <sup>ns</sup>	6.960 <sup>ns</sup>
Floración femenina (días)	60844.388**	49.436**	211.876**	37.160**	10.828 <sup>ns</sup>	5.445 <sup>ns</sup>
Altura de planta (m)	66.062**	0.472**	0.114*	0.120**	0.028 <sup>ns</sup>	0.033 <sup>ns</sup>
Altura de mazorca (m)	45.384**	0.450**	0.093*	0.104**	0.009 <sup>ns</sup>	0.024 <sup>ns</sup>
Longitud de mazorca (cm)	171.085**	9.068*	0.599 <sup>ns</sup>	4.638*	3.787 <sup>ns</sup>	3.425 <sup>ns</sup>
Diámetro de mazorca (cm)	33.507**	0.150 <sup>ns</sup>	1.802**	0.318*	0.113 <sup>ns</sup>	0.143 <sup>ns</sup>
Diámetro de olote (cm)	0.597*	0.047 <sup>ns</sup>	0.676**	0.134*	0.016 <sup>ns</sup>	0.050 <sup>ns</sup>
Núm. de granos por hilera	10.413 <sup>ns</sup>	14.093 <sup>ns</sup>	14.084 <sup>ns</sup>	24.081*	9.482 <sup>ns</sup>	21.792 <sup>ns</sup>
Núm. hileras/mazorca	3.967*	2.201*	14.834**	3.729**	2.959*	0.993 <sup>ns</sup>
Longitud de grano (mm)	124.516**	6.798*	13.764*	3.093 <sup>ns</sup>	4.691 <sup>ns</sup>	2.458 <sup>ns</sup>
Ancho de grano (mm)	72.902**	1.658*	7.332**	1.423*	23.479**	0.920 <sup>ns</sup>
Espesor de grano (mm)	13.037**	0.027 <sup>ns</sup>	15.452**	0.411 <sup>ns</sup>	12.358**	0.396 <sup>ns</sup>
<i>Descriptores de espiga</i>						
Long. Pedúnculo (cm)	16.701 <sup>ns</sup>	35.653*	36.376*	12.541*	25.055*	12.273*
Long. parte central (cm)	74.657*	64.772*	51.770*	27.816**	98.558*	10.255 <sup>ns</sup>
Long. parte ramificada (cm)	513.185**	31.525**	11.869*	11.037**	31.183*	4.165 <sup>ns</sup>
Long. total de espiga (cm)	68.780 <sup>ns</sup>	173.943*	73.429 <sup>ns</sup>	85.093**	59.792 <sup>ns</sup>	34.271 <sup>ns</sup>
Núm. de ramas	--	133.77**	72.299*	24.554*	--	--
Núm. de espiguillas	--	229.599*	668.402**	93.075*	--	--
Rendimiento (×10 <sup>6</sup> )	187.614**	11.711**	1.732*	0.981**	9.037**	0.830**

†agrupamientos poblaciones por atributos agromorfológicos; No significativo; \*significativo a P ≤ 0.05; \*\*significativo a P ≤ 0.01.

En la comparación de promedios entre ciclos, se observaron marcadas diferencias en días a floración y crecimiento de plantas. En la siembra de verano las poblaciones fueron más precoces que en invierno con diferencias superiores a 20

días; un patrón semejante se observó para altura de planta y mazorca, con mayor crecimiento en primavera-verano. En general, se cuantificó mayor tamaño y rendimiento de grano en verano que en otoño, pero se cuantificó un mayor tamaño y diámetro de mazorca en otoño-invierno; no obstante las condiciones de humedad fueron deficientes durante el llenado de grano y el tamaño de estos en el ciclo otoño-invierno fue menor. Los resultados indican que en primavera-verano se observó más vigor de planta, precocidad y características de grano, espiga y rendimientos más altos pero con menor tamaño de mazorca (Cuadro 2.2). Las diferentes respuestas agronómicas y morfológicas entre ciclos, tienen relación directa con temperaturas ( $21.7 \pm 6.9$  °C) y precipitaciones (706.8 mm durante el ciclo de cultivo) más bajas en invierno que en verano;  $26.7 \pm 5.0$  °C y 3520.8 mm, respectivamente, y se refleja en mayor rendimiento de grano en verano. No obstante, se obtienen dos cosechas por año, una particularidad de los agrosistemas tropicales.

**Cuadro 2.2** Comparación de medias entre ciclos de cultivo (primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014) y entre grupos poblacionales, en San Felipe Usila, Oaxaca.

Variables	Ciclo P-V 2013						Ciclo O-I 2013/ 2014					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
F. masculina (días)	70.3	62.6	66.8	68.2	65.1	63.3	95.7	90.5	94.2	96.2	94.7	88.7
F. femenina (días)	72.5	66.8	70.1	71.1	69.4	65.3	99.3	94.1	98.2	100.6	97.7	92.0
Altura de planta (m)	2.7	2.4	2.5	2.5	2.2	1.8	1.7	1.4	1.5	1.6	1.3	1.3
Altura de mazorca (m)	1.8	1.5	1.6	1.6	1.4	0.9	0.9	0.7	0.8	0.9	0.7	0.4
L. total de espiga (cm)	56.4	51.2	50.6	48.2	41.9	41.6	56.2	50.5	49.8	47.2	45.2	37.1
L. de mazorca (cm)	15.0	14.0	14.7	13.6	13.8	14.1	16.6	15.7	16.1	15.8	15.4	13.0
D. de mazorca (cm)	3.5	3.7	3.8	4.3	3.5	4.2	4.2	4.3	4.5	4.8	4.3	4.8
Longitud de grano (mm)	10.1	10.4	10.7	10.6	13.3	10.2	8.0	9.6	9.5	9.7	9.6	9.0
Ancho de grano (mm)	9.1	9.6	9.7	9.4	9.5	9.3	7.2	9.2	8.6	7.9	9.0	7.3
Espesor de grano (mm)	4.0	3.9	3.8	3.9	3.9	3.7	2.3	4.0	3.5	2.8	3.4	3.4
N. hileras en mazorca	11	11	11	13	11	13	12	11	11	13	10	14
N. granos por hilera	30	28	31	29	29	32	29	29	30	30	33	28
Diámetro de olote (cm)	2.4	2.4	2.5	2.9	2.2	2.6	2.5	2.3	2.4	2.7	2.4	2.7
Rendimiento (t/ha <sup>-1</sup> )	2.40	2.87	2.76	2.65	2.05	1.24	1.06	1.15	1.19	1.54	0.95	1.00

F: floración; L: longitud; D: diámetro; N: número.

En la región de San Felipe Usila, los agricultores manejan como lotes independientes los maíces de diferente color de grano; blancos, amarillos y azules, además de que estos se cultivan en micro-nichos específicos. En este sentido, entre los seis grupos de poblaciones de maíz, se observó que comparten diferentes caracteres en común y se determinó un continuo de variación en caracteres morfológicos, de planta, mazorca, grano y espiga. Por ejemplo, el grupo II y VI presentaron cierta precocidad y las diferencias respecto a los demás grupos fueron de 8 días a floración masculina o femenina; y en altura de planta y mazorca el patrón fue semejante entre grupos poblacionales (Cuadro 2.2). Aun cuando el grupo I tiende a presentar los mayores valores en caracteres morfológicos, de planta y mazorca en los ciclos evaluados, en tamaño de grano es superado por los grupos II, III y IV en el ciclo P-V y por los grupos II y IV en el ciclo O-I. Todo esto, se reflejó en mayor rendimiento del grupo II y III en el primer ciclo (2.87 a 2.76 t/ha<sup>-1</sup>) en relación con el grupo VI (1.24 t/ha<sup>-1</sup>); en el segundo ciclo de evaluación los grupos IV y III presentaron los rendimientos más altos (1.54 y 1.19 t/ha<sup>-1</sup>) respectivamente, en comparación con el grupo V (0.95 t/ha<sup>-1</sup>).

De manera general se observó que, fenotípicamente, las mazorcas de las diversas colectas tienen alta semejanza con las descritas para las razas tepecintle, tuxpeño y a veces combinaciones entre ambas, con base en las muestras descritas por Aragón *et al.* (2006) y descripciones de Wellhausen *et al.* (1951).

En el análisis de componentes principales (CP), los primeros cinco explicaron 74.1% de la variación fenotípica global entre las poblaciones para las 23 variables. En general, los caracteres altura de planta y mazorca, longitud y número de hileras en mazorca, longitud total y de la parte ramificada de la espiga, tamaño de grano y relación altura de planta/ altura de mazorca, entre otras, fueron las variables de mayor valor descriptivo de la varianza total; el CP1 y CP2 explicaron 27.46 y 22.28% de la variación global, respectivamente (Cuadro 2.3).

En términos generales, el primer componente está determinado por la variación en altura de planta, caracteres de espiga y longitud de mazorca. El segundo componente captó la variación entre poblaciones en duración del ciclo

biológico (días a floración) y dimensiones de mazorca y grano; y el tercer componente reúne la variación debida a longitud y forma de grano (Cuadro 2.3, Figura 2.1). En conjunto, los componentes principales ayudan a diferenciar las poblaciones y presentar tendencias de agrupación con criterio multivariado. Una parte importante de la variación descrita es determinada por atributos morfológicos de las estructuras reproductivas, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Goodman y Paterniani (1969), Sánchez *et al.* (1993) y Herrera *et al.* (2000), entre otros, quienes mencionan que los caracteres de mazorca, grano y espiga son los menos afectados por efectos ambientales y de interacción genotipo ambiente.

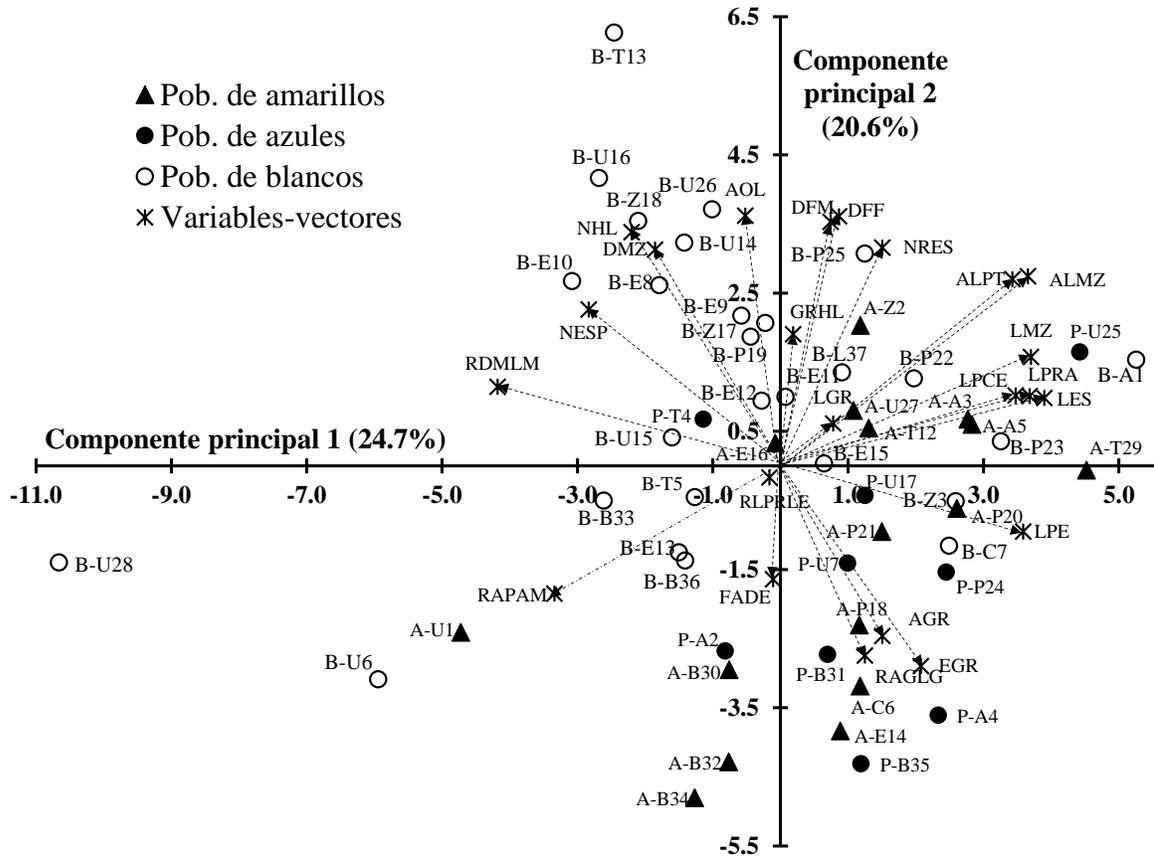
**Cuadro 2.3** Correlaciones del CP respecto a cada variable y valores propios del análisis de componentes principales (CP), con base en 23 variables agromorfológicas en la evaluación de 52 poblaciones nativas de maíz, en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Variables	CP1	CP2	CP3
Floración masculina (DFM)	0.413	<b>0.644</b>	0.212
Floración femenina (DFF)	0.459	<b>0.633</b>	0.233
Altura de planta (ALPT)	<b>0.855</b>	0.215	-0.039
Altura de mazorca (ALMZ)	<b>0.908</b>	0.205	-0.001
Longitud de pedúnculo (LPE)	<b>0.605</b>	-0.436	0.004
Longitud de eje central de espiga (LPCE)	<b>0.693</b>	-0.102	-0.058
Longitud de parte ramificada (LPRA)	<b>0.786</b>	-0.085	0.142
Número de ramas en la espiga (NRES)	<b>0.551</b>	0.485	0.035
Longitud de espiga (LES)	<b>0.730</b>	-0.129	-0.005
Longitud de mazorca (LMZ)	<b>0.800</b>	0.039	-0.151
Diámetro de mazorca (DMZ)	-0.096	<b>0.761</b>	0.219
Longitud de grano (LGR)	0.198	0.049	<b>-0.447</b>
Ancho de grano (AGR)	0.112	<b>-0.545</b>	0.391
Espesor de grano (EGR)	0.130	<b>-0.578</b>	0.379
Número de hileras (NHL)	-0.185	<b>0.831</b>	0.043
Granos por hilera (GRHL)	0.183	<b>0.312</b>	-0.659
Ancho de olote (AOL)	0.151	<b>0.755</b>	0.253
Número de espiguillas (NESP)	-0.365	<b>0.646</b>	-0.004
Factor desgrane (proporción) (FADE)	-0.121	-0.386	<b>-0.619</b>
Altura de planta/altura de mazorca (RAPAM)	<b>-0.802</b>	-0.044	-0.062
Diámetro de mazorca/largo de mazorca (RDMLD)	<b>-0.683</b>	0.542	0.266
Ancho grano/longitud de grano (RAGLG)	0.037	-0.573	<b>0.687</b>
Long. parte ramificada/longitud de espiga (RLPRLE)	0.093	-0.020	0.089
Valor propio	6.316	5.125	2.131
Varianza explicada (%)	27.46	22.28	9.27
Varianza explicada acumulada (%)	27.46	49.74	59.01

En la dispersión de las poblaciones, con base en los dos primeros componentes principales (Figura 2.1), se observó que las poblaciones de grano blanco (en el grupo III del dendrograma) se separan de las de granos azules y amarillos (en el grupo II del dendrograma). Las poblaciones del grupo II (amarillas y azules) predominantemente se colectaron en comunidades de mayor altitud (400 msnm), y se agrupan por comunidad de origen, estas poblaciones con color de grano amarillo y azul tienden a ser más frecuentes en zonas altas pues responden mejor a las condiciones agroecológicas específicas de cada comunidad; mientras que las del grupo III de grano blanco mayoritariamente, son poblaciones provenientes de altitudes menores a 100 msnm, que son cultivadas preferentemente en zonas de planicies aluviales o al margen de las riberas del río Usila. Las principales características asociadas a esas diferencias fueron el número de hileras, diámetro de mazorca, relación diámetro/largo de mazorca, días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, cuadrante I y II en sentido de las manecillas del reloj en la Figura 2.1. En forma opuesta, las poblaciones de grano azul y amarillo asociaron su distinción con caracteres de espiga, principalmente. Estas diferencias, sustentan la hipótesis de que las poblaciones de maíz manejadas en diferentes lotes de producción y de manera aislada tienden a generar diferencias entre poblaciones, y coincide con los resultados de Pressoir y Berthaud (2004) respecto a divergencias genéticas entre poblaciones de maíz manejadas por los agricultores.

La representación de variables vectores en la Figura 2.1 fueron de utilidad para señalar la asociación entre variables y poblaciones, como se ha mostrado en otros trabajos (Rincón *et al.*, 2010). Por lo que, en general se asume que las variables descriptivas, de planta, mazorca, grano y espiga, fueron relevantes para describir la diversidad fenotípica en el micronicho de la región Chinanteca comprendida entre los municipios de San Felipe Usila, San Andrés Teotilálpam y San Juan Bautista Tlacuatzintepec; esto es, los caracteres usados para describir la diversidad inter-racial o de regiones geográficas más amplias (Sánchez *et al.*, 1993; Sánchez *et al.*, 2000; Burgos *et al.*, 2004), también son útiles para describir y clasificar la diversidad de maíz inter e intracomunitaria. Las poblaciones descritas regularmente son

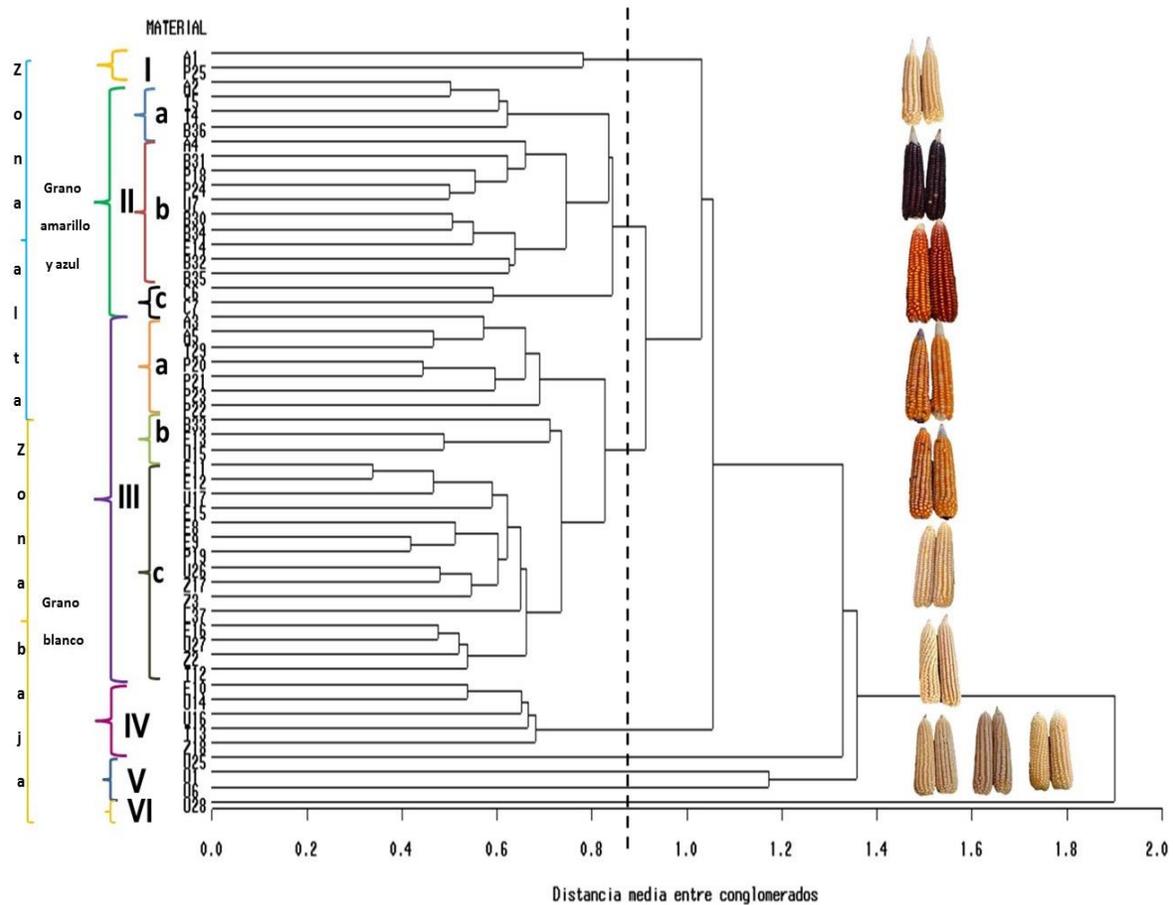
sembradas en terrenos de origen aluvial cercanos al río Usila, lomeríos o laderas, y la dispersión concéntrica en la Figura 2.1, puede inferirse en que comparten acervos genéticos en común.



**Figura 2.1** Dispersión de 52 poblaciones nativas de maíz sobre el plano determinado por los dos primeros componentes principales, con base en variables morfológicas. Prefijos A = amarillo, B = blanco y P = azul. (Acronimos para variables ver Cuadro 2.3)

En el análisis de conglomerados se determinaron seis grupos de diversidad fenotípica. Los agrupamientos detectados confirman que, los patrones de diversidad mantienen un continuo pero se pueden diferenciar variantes con ciertas características particularmente de planta, mazorca, grano y espiga. En la Figura 2.2, el primer grupo extremo se integró con las poblaciones A1 y P25, las que presentaron características cercanas a las descritas para la raza Tepecintle; y en el extremo opuesto, la población U28 fenotípicamente semejante en mazorca a la raza Tuxpeño, con base en las descripciones de Wellhausen *et al.* (1951) y Aragón *et al.* (2006). Los grupos

intermedios combinan características de ambas razas, indistintamente del color de grano.



**Figura 2.2** Dendrograma del análisis de conglomerados de agrupamiento de 52 poblaciones de maíz nativas por su valoración en 23 variables morfoagronómicas en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Los grupos conformados en el análisis de conglomerados siguen patrones determinados por días a floración y comunidad de origen de la colecta; las poblaciones precoces fueron las de grano amarillo, las de grano azul se comportaron como intermedias y algunas precoces, mientras que las de grano blanco se ubicaron en los tres niveles de precocidad pero con mayor frecuencia en el bloque de tardías (Figura 2.1).

Los patrones de variación fenotípica se representaron como grupos de diversidad. Así el grupo I, compuesto por dos poblaciones de grano blanco, se diferenció porque agrupó a poblaciones provenientes de comunidades con altitudes de 450 a 500 msnm, que se distinguen por presentar plantas altas, de ciclo tardío,

espigas largas y de grano pequeño. El grupo II se conformó por 16 poblaciones; donde el subgrupo IIa presentó poblaciones con mazorcas pequeñas cilíndricas y con granos anchos, el subgrupo IIb se caracterizó porque las espigas presentaron pocas ramificaciones y reducido número de espiguillas, bajo número de hileras en mazorca y olote delgado; y el subgrupo IIc, integrado por dos poblaciones (una de grano blanco y otra de amarillo), se constituyó por materiales de zonas de más de 500 msnm, precoces, mazorcas con pedúnculo largo y granos de mayor espesor. El grupo III (25 poblaciones) se integró por tres subgrupos; el subgrupo IIIa se diferenció por espigas altamente ramificadas y mazorcas largas. El subgrupo IIIb presentó mazorcas cilíndricas, y IIIc agrupó poblaciones de las zonas bajas de suelos aluviales predominantemente de altitudes menores a 200 msnm, de ciclo intermedio, mazorcas con alto número de granos por hilera. El grupo IV se destacó por mazorcas de mayor diámetro, 12 hileras, olote grueso y forma cilíndrica. El grupo V se observó con forma cilíndrica de mazorca, plantas de porte bajo, mazorcas pequeñas, grano largo, baja longitud de espiga, alto número de espiguillas, y mayores magnitudes de las relaciones altura de planta/altura de mazorca y longitud de la parte ramificada/longitud de espiga. El grupo VI se separa del resto de las poblaciones y se caracteriza principalmente por presentar mazorcas de grano cristalino (Figura 2.1 y Cuadro 2.4), estos tres últimos grupos integrados por poblaciones de zonas bajas con altitudes de 100 msnm.

Las diferenciaciones poblacionales, obedecen, entre otros factores, a la acción conjunta de diferencias agroecológicas y selección de semilla bajo los criterios locales del agricultor. Esto es, el agricultor selecciona y adapta poblaciones de maíz para las zonas de ladera y para las zonas bajas, lo que lleva a generar cierta especificidad adaptativa local donde está implícita la selección y separación de semilla al momento de realizar las cosechas, como se ha señalado para los Valles Centrales de Oaxaca (Soleri y Cleveland, 2001; Baudstue *et al.*, 2002).

**Cuadro 2.4** Características morfológicas promedio de grupos de diversidad fenotípica de poblaciones nativas de maíz en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Variables evaluadas	Grupos de diversidad fenotípica					
	I	II	III	IV	V	VI
Floración masculina (días)	83.0	76.6	80.3	82.3	79.9	76.0
Floración femenina (días)	85.9	80.5	84.1	85.6	83.6	78.7
Altura de planta (m)	2.17	1.90	1.99	2.02	1.8	1.5
Altura de mazorca (m)	1.33	1.12	1.21	1.23	1.1	0.7
Longitud de pedúnculo (cm)	25.2	24.1	23.8	22.6	23.6	19.7
Longitud eje central de espiga (cm)	42.9	40.2	39.9	39.4	36.0	32.8
Longitud de parte ramificada (cm)	13.3	10.6	11.5	10.4	10.9	6.5
Número de ramas espiga	14.4	10.1	14.1	14.2	12.1	8.0
Longitud de espiga (cm)	56.3	50.7	50.5	48.7	43.5	39.3
Longitud de mazorca (cm)	15.8	14.8	15.5	14.7	14.6	13.5
Diámetro de mazorca (cm)	3.9	4.0	4.1	4.5	3.9	4.5
Longitud de grano (mm)	9.0	10.0	10.2	10.2	11.5	9.6
Ancho de grano (mm)	8.2	9.4	9.1	8.6	9.2	8.3
Espesor de grano (mm)	3.2	3.9	3.6	3.4	3.6	3.5
Número de hileras	11.2	10.7	11.2	12.9	10.6	13.5
Granos por hilera	29.2	28.5	30.9	29.4	31.2	30.0
Ancho de olote (cm)	2.4	2.4	2.5	2.7	2.3	2.6
Número de espiguillas	29.7	27.3	33.5	37.7	35.2	49.7
Factor desgrane (proporción)	0.84	0.86	0.85	0.84	0.8	0.8
Altura de planta/altura de mazorca (m)	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8	2.9
Diámetro de mazorca/largo de mazorca (cm)	0.25	0.27	0.27	0.31	0.3	0.3
Ancho grano/longitud de grano (mm)	0.91	0.95	0.90	0.84	0.9	0.9
Long. parte ramificada/longitud de espiga (cm)	0.24	0.21	0.23	0.22	0.3	0.2

Con base en las notas de campo recopiladas durante la colecta de muestras de semillas, los agricultores manifestaron que hacen intercambio de lotes de semillas entre ellos, principalmente dentro de la misma comunidad. Por ello, se postula que agromorfológicamente se refleja en un continuo de variabilidad representado por las poblaciones evaluadas (Cuadro 2.2 y 2.3) y ciertos patrones fenotípicos (Figura 2.2); lo que representa una dinámica poblacional particular de la zona de estudio ya que se pueden obtener, al menos dos ciclos de cultivo al año, e implica, dos generaciones poblacionales por año; por lo que, existe una alta dinámica poblacional. Esto es, en tres años o más las poblaciones preservadas *in situ* estarán influenciadas fuertemente por las condiciones ecológicas prevalecientes en años recientes, y tendrán mayor riesgo de pérdida o sobrevivencia las poblaciones que no resistan a esas condiciones de sitio. Por ejemplo, deben soportar precipitaciones de 3000 mm o

más anualmente. Por lo que, los agricultores desempeñan una función clave en el mantenimiento de esos acervos genéticos de maíz en la Chinantla oaxaqueña.

## **2.4 CONCLUSIONES**

La colección de 52 poblaciones nativas de maíz caracterizadas y evaluadas en San Felipe Usila, Oaxaca, presentaron diferencias significativas entre grupos de color de grano y entre poblaciones dentro de grupos en caracteres, de planta, mazorca, grano, espiga y rendimientos de grano. Se determinaron diferencias de respuestas entre ciclos de cultivo; en primavera-verano se registraron mayores valores promedio, incluyendo rendimiento, que en otoño-invierno, en este último con menor precipitación pluvial de lo normal. Se detectaron diferencias significativas, en las interacción ciclo agrícola-grupos de poblaciones para rendimiento y algunos componentes del redimeinto.

En el análisis de componentes principales, se determinó que los caracteres altura de planta y mazorca, longitud y número de hileras en mazorca, longitud total y de la parte ramificada de la espiga, tamaño de grano y relación altura de planta/altura de mazorca, fueron las variables de mayor valor descriptivo de la varianza fenotípica total. En este sentido, mediante el análisis de conglomerados, se determinaron seis grupos fenotípicos de diversidad en función del origen geográfico comunitario de las poblaciones, caracteres de espiga, grano, planta y mazorca, y se determinaron patrones diferentes entre poblaciones de grano blanco y las pigmentadas.

## 2.5 BIBLIOGRAFÍA

- Aceves E., A. Turrent, J. I. Cortés y V. Volke (2002)** Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el Valle de Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:339-347.
- Altieri M.A. and C.I. Nicholls (2004)** An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics. *Journal of Crop Improvement* 11:81-103.
- Anderson E. (1946)** Maize in México a preliminary survey. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 33, No. 2, pp. 147-2
- Ángeles-Gaspar, E., E. Ortiz-Torres, P. Antonio-López y G. López-Romero (2010)** Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:287-296.
- Antonio M., J. L. Arellano, G. García, S. Miranda, J. A. Mejía y F. V. González (2004)** Variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:9-15.
- Aragón C., F., S. Taba, J. M. Hernández, J. de D. Figueroa, V. Serrano y F. H. Castro. (2006)** Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico Num. 6. Oaxaca, Oaxaca. México. 334 p.
- Badstue L. B., M. R. Bellon, X. Juárez, I. Manuel R. and A. M. Solano (2002)** Social relations and seed transactions among small-scale maize farmers access to maize landraces in the Central Valleys of Oaxaca, México, CIMMYT, *Economics Working Paper* 02-02. México, D. F. 28 p.
- Bellon, M. R. (2009)** Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *In: Capital Natural de México*. Vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, D.F. pp:355-382.
- Boege E. (2009)** Centros de origen, pueblos indígenas y diversidad del maíz. *Ciencias* 92-93:18-28.
- Brush, S. B. and H. R. Perales (2007)** A maize landscape: ethnicity and agrobiodiversity in Chiapas Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121:211–221.
- Burgos L. A., J. L. Chávez y J. Ortiz (2004)** Variabilidad morfológica de maíces criollos de la Península de Yucatán. *In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. J. L. Chávez-Servia, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. pp:58-66.

- Camacho C. y J. L. Chávez (2004)** Diversidad morfológica del maíz criollo de la región centro de Yucatán, México. *In: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. J. L. Chávez-Servia, J. Tuxill y D. I. Jarvis (eds.). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Cali, Colombia. pp:47-57.
- Cázares S., E., V.M. Interian K., J.L. Chávez S., E. Sauri D., M. González M., M. E. Guadarrama M., L. Latournerie M. (2005)** Recetas de las mujeres de Yaxcabá, Yucatán, cocinadas con ingredientes locales. Centro de Investigación y Estudios Avanzados de IPN Unidad Mérida, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, IDRC, Instituto Tecnológico de Mérida y Fundación PRODUCE-Yucatán. Mérida, México. 78 p.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2005)** Región prioritaria para la conservación de la Chinantla, Oaxaca. CONANP. México. 55.
- de Teresa, A. P. (1999)** Población y recursos en la región chinanteca de Oaxaca Desacatos [en línea], (primavera): [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2014] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13900110> ISSN 1405-9274
- García E. (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 p.
- Goodman M. M. and E. Paterniani (1969)** The races of maize. III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Economic Botany* 23: 265-273
- González M. E., N. Palacios, A. Espinoza y C. A. Bedoya (2013)** Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36(Supl. 3-A): 329-338.
- Graham, A. (1998)** Factores históricos de la diversidad biológica de México. *In: T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.)*. Diversidad Biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología UNAM. México D.F pp: 109-127.
- Hernández E. (1985)** Maize and man in the greater Southwest. *Economic Botany*. 39: 416-430.
- Herrera, B. E., F. Castillo, J. J. Sánchez, R. Ortega y M. M. Goodman (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., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., J. M. Hernández C., R. Ortega P., M. M. Goodman (2004)** Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- INEGI (2008)** Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Jiménez-Juárez, J. A., G. Arámbula-Villa, E. de la Cruz-Lázaro y M. A. Aparicio-Trapala (2012)** Característica del grano, masa y tortilla producida con diferentes genotipos de maíz del trópico mexicano. *Universidad y Ciencia* 28:145-152.
- Kato T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. L. Serratos y R. A. Bye (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.
- Leclerc C. and G. Coppens-d'Eeckenbrugge (2012)** Social organization of crop genetic diversity. The G x E x S interaction model. *Diversity* 4:1-32.
- López P. J. and G. Urbán (1992)**. Ordenamiento eco-geográfico de una zona cálido-húmeda: la Región de Tuxtepec, Oaxaca. *In: Ecología y Manejo Integral de los Recursos Naturales en la Región de la Chinantla*. S. Anta-Fonseca S. (ed.). Friedrich Ebert Stiftung-Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp:17-64.
- Martín J.G., J. Ron, J.J. Sánchez, L. de la Cruz, M. M. Morales, J. A. Carrera, A. Ortega, V. A. Vidal y M. J. Guerrero (2008)** Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del noroccidente de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31:331-340.
- Mera-Ovando, L. M. y C. Mapes-Sánchez (2009)** El maíz. Aspectos biológicos. *In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica*. T.A. Kato, C Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos y R. A. Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Impresora Apolo, S.A. de C.V. México, D.F. pp:19-32.
- Mercer K., Á. Martínez-Vásquez and H. R Perales (2008)** Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient. *Evolutionary Applications* 1(3):489-500.
- Muñoz O., A. (2005)** Centli Maíz. Ed. América. 2da ed. México, D. F. 210 p.
- Navarro-Garza, H., M. Hernández-Flores, F. Castillo-González y M.A. Pérez-Olvera (2012)** Diversidad y caracterización de maíces criollos. Estudio de caso

en sistemas de cultivo en la Costa Chica de Guerrero, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 9:149-165.

**Ortega-Paczka R. (2003)** La diversidad del maíz en México. *In: Sin Maíz no hay País*. G. Esteva y C. Marielle (coord), Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Dirección General de Culturas Populares e Indígenas. pp:123-154.

**Perales H., S. B. Brush and C. O. Qualset (2003)** Dynamic management of maize landraces in central Mexico. *Economic Botany* 57:21-34.

**Perales H., B. F. Benz and S. B. Brush (2005)** Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, México. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:949-454.

**Perfecto I. and J. Vandermeer (2008)** Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134:173-200.

**Pressoir G. and J. Berthaud (2004)** Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92:95-101.

**Rincón S, F., F. Castillo. y N. A. Ruiz (2010)** Diversidad y distribución de los Maíces Nativos en Coahuila, México. Sociedad Mexicana de Fitotecnia, A.C. Chapingo, Texcoco, México. 116 p.

**Ruiz-Corral, J. A., N Durán-Puga, J. J. Sánchez-González, J. Ron-Parra, D. R. González-Eguiarte, J. B. Holland and G. Median-García (2008)** Climatic adaptation and ecological descriptors of mexican maize races. *Crop Science* 48:1502-1512.

**Sánchez, J. J. and M. M. Goodman (1992)** Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany* 46:72-85.

**Sánchez, J. J., M. M. Goodman and J. O. Rawlings (1993)** Appropriate characters for racial classification in maize. *Economic Botany* 47: 44-59.

**Sánchez, J., M. M. Goodman and C. W. Stuber (2000)** Isozymatic and Morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany*. 54 (1):43-59.

**Sarukhán, J., P. Koleff, J. Carabias., J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Ant y J. de la Maza. (2009)**. Capital Natural de México. Síntesis: Conocimiento Actual, Evaluación y Perspectivas de Sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. pp 21-43. 104 p.

**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2011)** Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=215](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=215).

**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2013)** Cierre de la producción agrícola por cultivo 2012. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/index.php/agricultura/produccion-anual/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado.html>

**Sierra-Macías M., A. Palafox-Caballero, G. Vázquez-Carrillo, F. Rodríguez-Montalvo y A. Espinosa-Calderón (2010)** Caracterización agronómica, calidad industrial y nutricional de maíz para el trópico mexicano. *Agronomía Mesoamericana* 21:21-29.

**Soleri D. and D. A. Cleveland (2001)** Farmers genetic perceptions regarding their crop populations: An example with maize in the Central Valleys of Oaxaca, México. *Economic Botany* 55:106-128.

**Torres-Morales B., B. Coutiño-Estrada, A. Muñoz-Orozco, A. Santacruz-Varela, A. Mejía-Contreras, S. O. Serna-Saldívar, S. Gracia-Lara y N. Palacios-Rojas (2010)** Selección para contenido de aceite en el grano de variedades de maíz de la raza Comiteco de Chiapas, México. *Agrociencia* 44:679-689.

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

## CAPITULO III

### POTENCIAL AGRONÓMICO DE MAÍCES NATIVOS DE SAN FELIPE USILA, OAXACA

#### RESUMEN

En las zonas tropicales y subtropicales de Oaxaca, se distribuyen maíces pigmentados y blancos de alta variabilidad en caracteres fisiológicos, morfológicos y agronómicos, pero no se ha determinado su potencial en rendimiento de grano y sus componentes, y consecuentemente su aprovechamiento es limitado. En el presente trabajo se evaluó el rendimiento y sus componentes en 52 poblaciones nativas de maíz, agrupadas en granos blancos (27), amarillos (16) y azules (9), con el propósito de identificar poblaciones con alto potencial agronómico para San Felipe Usila, Oaxaca. La colecta de poblaciones, se realizó en ocho comunidades de los municipios Chinantecos de San Andrés Teotilálpam, San Juan Bautista Tlacuatzintepec y San Felipe Usila, y posteriormente fueron sembradas y evaluadas bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, en este último municipio durante los ciclos primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014. De la evaluación, se determinó que, entre ciclos hubo diferencias significativa ( $P < 0.05$ ) y entre grupos poblacionales de color de grano también presentaron diferencias en gran número de variables agromorfológicas, y solo interaccionan de manera significativa con los ciclos de cultivo, en número de hileras en mazorca, ancho y grosor de grano, y rendimiento. Las poblaciones de maíz dentro de cada grupo de color de grano difieren en todos los caracteres fenológicos, de planta, mazorca y rendimiento, excepto en longitud y grosor de grano. No obstante, no interaccionan de manera significativa con ciclos de evaluación, excepto en rendimiento de grano. Los menores regímenes de temperaturas de otoño-invierno en relación a los de primavera-verano, retrasaron las floraciones masculina y femenina hasta por 28 días entre el ciclo primavera-verano (precoz) y el de otoño-invierno (tardío), y en rendimiento de grano se presentó un patrón homólogo, de 2.46 a 3.30 t/ha<sup>-1</sup> y de 0.99 a 1.34 t/ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

**Palabras clave:** *Zea mays*, maíces nativos, variabilidad fenotípica, Chinantla

## Agronomic potential of native maize from San Felipe Usila, Oaxaca

### SUMMARY

In the tropical and subtropical regions of Oaxaca are distributed pigmented and white populations maize with high variability in physiological, morphological and agronomic characteristics, but their potential in grain yield and its components has not been determined yet, consequently their use is limited. With the aim to identify populations with high agronomic potential for San Felipe Usila, Oaxaca, the yield and its components were evaluated in 52 native maize populations, grouped in white (27), yellow (16) and blue (9) kernels. The collection of populations was carried out in eight communities from the Chinantec municipalities of San Andres Teotilálpam, San Juan Bautista Tlacuatzintepec and San Felipe Usila, and later were planted and evaluated under a randomized block design with three repetitions, in San Felipe during the crop cycles of spring-summer 2013 and autumn-winter 2013-2014. Evaluation determined significant differences between crop cycles ( $p < 0.05$ ), as well as among color-grain population groups for several agromorphological traits, and just significant interactions between groups and crop cycles in number of rows in ear, kernel width and thickness, and yield. Maize populations within each grain-color group differ significantly over all physiological and morphological traits of plant, ear and yield, except in length and thickness of grain. However, the populations and groups not interact significantly with evaluation cycles, except in grain yield. The low regimens of temperatures of autumn-winter in relation to those of spring-summer, delayed the male and female flowering up to 28 days between the spring-summer (earliness) and the autumn-winter (late) crop cycles, and also in grain yield exhibited homologous patterns, from 2.46 to 3.30 t/ha<sup>-1</sup> and from 0.99 to 1.34, respectively.

**Key words:** *Zea mays*, native maize, phenotypic variability, Chinantla.

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En México se siembran un poco más de ocho millones de hectáreas de maíz, de las cuales en más de 6.5 millones se usan semillas de poblaciones nativas (criollas) y solo en una pequeña fracción se siembran variedades mejoradas. Las poblaciones nativas han sido genéticamente mejoradas por los agricultores de manera empírica; aun cuando no son comparables las eficiencias de selección intensa que practican los fitomejoradores. No obstante, la alta variabilidad genética determina capacidad amortiguadora o adaptativa a la heterogeneidad agroecológica y variaciones ambientales, asociada a los nichos agroecológicos de producción de los pequeños agricultores; en esas condiciones las poblaciones locales superan en rendimiento a los híbridos comerciales, y además poseen atributos de alta preferencia culinaria y otros aspectos antropocéntricos (Castillo *et al.*, 2000).

Cada comunidad de agricultores poseen parcelas en nichos agroecológicos específicos, y en esas condiciones ellos manejan varios tipos de maíces para responder a riesgos meteorológicos como precipitación pluvial impredecible en duración, estacionalidad o cantidad, oscilaciones térmicas extremas, variados tipos y fertilidades de suelo, y responden a la demanda familiar o comunitaria de variantes específicas para la preparación de platillos, bebidas frescas o calientes, entre otros usos gastronómicos (Cázares y Duch, 2004; Chávez-Servia *et al.*, 2012; Herrera *et al.*, 20014; Herrera *et al.*, 2013; López-Romero *et al.*, 2005). De esta manera, se preserva *in situ* la diversidad del maíz por usos específicos o estratégicos alimentarios.

El cultivo de maíz es determinante como fuente de carbohidratos, vitaminas (folato, niacina y vitamina A), proteína, minerales, fibra y lípidos, a través del grano, para la alimentación en las comunidades rurales y urbanas; resalta su importancia desde el punto de vista alimentario, industrial y social (SIAP, 2012). En México, en el 2013, se produjeron 22.4 millones de toneladas de maíz, de las cuales 76.8% fueron cosechadas en condiciones de temporal (SIAP, 2014); de éstas, poco menos de la mitad de la agricultura de temporal (43%), se desarrolla, regularmente, en terrenos

de ladera de 10 a 45 grados de pendiente, de baja fertilidad y ligera capa arable (Boege y Vidrales, 2008).

En el estado de Oaxaca, foco de atención en este trabajo, el maíz ocupa 80% de las tierras agrícolas; se siembran anualmente más de 600 mil hectáreas, principalmente de grano blanco y amarillo, en monocultivo o asociado con cucurbitáceas y leguminosas; 94.2% de las siembras son de temporal. En la zonas tropicales y subtropicales de Oaxaca se siembran 229,374 hectáreas, 38.2% del total (SIAP, 2014). En trabajos previos sobre evaluaciones del rendimiento en maíz nativo de la Mixteca oaxaqueña, se determinaron variaciones desde 0.5 a 3.86 t/ha<sup>-1</sup>, en condiciones de temporal (Chavez-Servia *et al.*, 2011; Chávez-Servia *et al.*, 2012). Esto indica que existe variación genética para emprender un programa de conservación y aprovechamiento del maíz nativo en Oaxaca. Salinas *et al.* (2013) señalan que los maíces tropicales y subtropicales pigmentados nativos de Oaxaca poseen una alta variabilidad en composición química de grano (antocianinas, proteína y aceite).

En la región tropical oaxaqueña (0 a 1000 msnm) se distribuyen frecuentemente las razas Conejo, Nal-Tel, Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico y Zapalote Grande, y en menor frecuencia Chiquito (Aragón *et al.*, 2006). En cada comunidad hay patrones de diversidad genética, cada productor siembra en promedio 2.5 poblaciones diferentes de maíz nativo. En esa serie de poblaciones y agrupadas por equivalencia de tipo o clase de diversidad, existe variación entre poblaciones para productividad y calidad agronómica. Un aspecto a aprovechar para elevar la producción en una comunidad agrícola, consiste en detectar a las de mayor capacidad productiva con lo que se puede aumentar el potencial productivo local en  $\pm 20\%$  (Herrera *et al.*, 2013; Castillo *et al.*, 2000). En este contexto de diversidad genética, es necesario emprender acciones específicas hacia la evaluación de poblaciones nativas de maíz. Este trabajo se planteó con el objetivo de valorar los potenciales productivos de las variantes de maíz en un área de la Chinantla Baja oaxaqueña, mediante la evaluación agronómica de esa colección de 52 poblaciones de maíz en San Felipe Usila, Oaxaca, en dos ciclos de producción: primavera-verano y otoño-invierno, bajo condiciones de temporal. Todo esto con el propósito de

construir estrategias de conservación y aprovechamiento de maíz nativo en la región de la Chinantla oaxaqueña.

### 3.2 MATERIALES Y METODOS

#### 3.2.1 Región de exploración y colecta de germoplasma

Para explorar la diversidad genética y de potencial agronómico se colectaron 52 poblaciones de maíz (27 de grano blanco, 16 de amarillo y 9 de azul), en ocho comunidades de los municipios de San Felipe Usila, San Andrés Teotilalpam y San Juan Bautista Tlacuatzintepec, en la región del Papaloapan y Chinanteca de Oaxaca (CONANP, 2005). La zona presenta áreas de cultivo en planicies aluviales, lomeríos y de pendientes pronunciadas, donde se presentan suelos de tipo luvisol, acrisol, cambisol y regosol, en altitudes de 26 a 1000 msnm, climas desde semicálido húmedo a cálido húmedo con temperaturas medias de 20 a 26 °C en oscilaciones de 12.3 a 38.1 °C y precipitaciones todo el año con oscilaciones de 1500 a 5000 mm anuales (García, 1988; INEGI, 2008). En la agricultura predomina el cultivo de temporal (82% de la superficie agrícola), debido a que el maíz de “tonamil” o maíz de invierno necesita de la humedad que se suministra por las lluvias de los “nortes”, aun cuando este tipo de terrenos no son abundantes en la zona (López y Urbán, 1992). El maíz ocupa 51.5% del total de superficie cultivada (López y Urbán, 1992; de Teresa, 1999).

#### 3.2.2 Evaluación agronómica

La colección de 52 poblaciones se sembró y evaluó durante los ciclos de primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014, en terrenos de dos agricultores de San Felipe Usila, 17°38' y 17°59' de LN, y 96° 23' y 96° 35' de LO, a una altitud de 100 msnm, suelos de tipo luvisol, un clima tropical con temperaturas medias anuales de 26°C y precipitaciones anuales de 5,000 mm. En el ciclo P-V la siembra se realizó el 7 de junio de 2013 y se fertilizó con una dosis de 120N-80P-60K. El segundo grupo

de experimentos se sembró el 8 de diciembre en condiciones de humedad residual y se fertilizó con una dosis de 120N-80P-60K.

Las poblaciones se distribuyeron como series de experimentos uniformes, por color de grano (blanco, amarillo y azul), en ambas estaciones de cultivo, cada uno bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de la parcela experimental consistió de dos surcos de 5 m de largo y 0.80 m entre surcos, y se sembraron cuatro semillas cada 0.70 m. Con base en referencias previas se eligieron diferentes variables fisiológicas, morfológicas y agronómicas para evaluar la variabilidad fenotípica representada en las poblaciones evaluadas (Sánchez y Goodman, 1992; Sánchez *et al.*, 2000; Herrera *et al.*, 2000): altura de planta y mazorca; días a floración masculina y femenina; longitud, diámetro, ancho de olote, número de hileras y granos por hilera en la mazorca; longitud de pedúnculo, parte central, parte ramificada, número de ramas primarias y longitud total de la espiga. También se cuantificó el peso y grano por mazorca para calcular la relación grano/mazorca en porcentaje; longitud, ancho y grosor de grano; y se obtuvo una estimación del rendimiento por parcela experimental.

### 3.2.3 Análisis estadístico

Con la información obtenida en dos ciclos de cultivo se hicieron análisis de varianzas combinados mediante el diseño de bloques al azar donde las principales fuentes de variación fueron; ciclos de cultivo, grupos poblacionales, poblaciones anidadas en grupos e interacciones ciclos-grupos y ciclos-poblaciones dentro de grupos. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). Los análisis estadísticos se hicieron con el paquete de computo SAS versión 9.0 (SAS Institute, 2002).

## 3.3 RESULTADOS Y DISCUSION

Durante la colecta de muestras de maíz se observó una alta variabilidad, de muestra a muestra, de formas y tamaños de mazorcas y granos. Los agricultores

también comentaron que los maíces cultivados en las planicies de los márgenes del río Usila o zonas bajas, no responden o no rinden en las parcelas de ladera o lomeríos. Con estos elementos locales y la evaluación en dos ambientes (primavera-verano 2013 y otoño-invierno 2013-2014), se determinó que efectivamente dentro de cada grupo de colores de grano (blanco, amarillo y azul), existen poblaciones y comportamientos diferentes.

En los análisis de varianza se detectaron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre ciclos de cultivo, entre grupos poblacionales y, entre poblaciones dentro de grupos, en todas las variables evaluadas, excepto en número de granos por hilera entre ciclos, longitud de mazorca y granos por hilera entre grupos poblacionales, y longitud y grosor de grano entre poblaciones dentro de grupos. En este trabajo, las interacciones ciclo-grupos y ciclos-poblaciones anidadas en grupos, no presentaron diferencias significativas en todas las variables morfológicas y fenológicas, pero si la hubo para rendimiento y sus componentes, hileras de granos por mazorca, ancho y grosor de granos para la primera interacción, y rendimiento para la segunda interacción, respectivamente (Cuadro 3.1). Esto último indica, en cierto sentido que, para las variables morfológicas y fenológicas se pueden asumir como efectos independientes, los efectos ambientales a través de ciclos de cultivo (no interaccionan) de las poblaciones de maíz evaluadas; similar a lo reportado por Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), Herrera *et al.* (2000); López-Romero *et al.* (2005), quienes mencionan que las diferencias entre poblaciones indican que existe gran variación morfológica entre los genotipos evaluados y esa variación permite clasificar a las poblaciones nativas en grupos distinguibles, en concordancia con lo expuesto por Goodman (1969); Sanchez *et al.* (1993) y Herrera *et al.* (2000). Estos resultados indican que los caracteres de planta y grano pueden ayudar a diferenciar las poblaciones cultivadas de maíz en la Chinantla oaxaqueña.

**Cuadro 3.1** Significancia de cuadrados medios del análisis de varianza combinado de variables agronómicas en la evaluación de 52 poblaciones de maíz, durante dos ciclos de cultivo en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Variables	Ciclos de cultivo (C)	Rep./ ciclo	Grupos poblac. (G) <sup>†</sup>	Poblaciones / grupos (Pob./G)	C×G	C×Pob/ G	C.V. (%)
Floración masculina (días)	60426.2**	60.5**	176.8**	41.6**	0.89 <sup>ns</sup>	6.96 <sup>ns</sup>	3.8
Floración femenina (días)	60844.4**	49.4**	211.9**	37.2**	10.83 <sup>ns</sup>	5.44 <sup>ns</sup>	3.2
Altura de planta (m)	66.06**	0.47**	0.11*	0.12**	0.03 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	8.8
Altura de mazorca (m)	45.38**	0.45**	0.09*	0.10**	0.01 <sup>ns</sup>	0.02 <sup>ns</sup>	12.3
Long. de mazorca (cm)	171.08**	9.07*	0.60 <sup>ns</sup>	4.64*	3.79 <sup>ns</sup>	3.42 <sup>ns</sup>	11.7
Diám. de mazorca (cm)	33.51**	0.15 <sup>ns</sup>	1.80**	0.34*	0.11 <sup>ns</sup>	0.14 <sup>ns</sup>	9.3
Granos por hilera	10.41 <sup>ns</sup>	14.09 <sup>ns</sup>	14.08 <sup>ns</sup>	24.08*	9.48 <sup>ns</sup>	21.79 <sup>ns</sup>	13.7
Diámetro de Olote (cm)	0.60*	0.05 <sup>ns</sup>	0.68**	0.13*	0.02 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>	10.3
Núm. hileras/ mazorca	3.97*	2.20*	14.83**	3.73**	2.96*	0.99 <sup>ns</sup>	8.7
Longitud de grano (mm)	124.5**	6.8*	13.76*	3.09 <sup>ns</sup>	4.69 <sup>ns</sup>	2.46 <sup>ns</sup>	16.3
Ancho de grano (mm)	72.9**	1.6*	7.33**	1.42*	23.48**	0.92 <sup>ns</sup>	9.3
Grosor de grano (mm)	13.0**	0.03 <sup>ns</sup>	15.45**	0.41 <sup>ns</sup>	12.36**	0.40 <sup>ns</sup>	16.2
Rendimiento (×10 <sup>6</sup> ) (ton/ha)	187.6**	11.7**	1.73*	0.98**	9.04**	0.83**	31.12

<sup>†</sup>agrupamientos de poblaciones por color de grano; no significativo (P > 0.05); \*significativo a P < 0.05; \*\*significativo a P < 0.01.

Entre ciclos de producción fueron evidentes las diferencias de hasta 28 días en alcanzar la floración masculina y femenina; el ciclo primavera-verano fue más precoz, de 65.4 a 69.1 días, y el de otoño-invierno (93.3 a 97.0 días). Esto muestra que el mayor promedio de temperaturas (21.5 a 32 °C) en primavera y verano (P-V) aceleró el desarrollo de plantas en comparación con las temperaturas más bajas en el ciclo de otoño-invierno (O-I). Hecho que también se reflejó en mayor altura de planta y mazorca en P-V que en O-I. No obstante, en longitud y diámetro de mazorca fue mayor en O-I y en tamaño de grano y rendimiento fue mayor en P-V (Cuadro 3.2).

Es conveniente señalar que por lo general el ciclo de cultivo de “tonamil” (otoño-invierno) es más productivo; sin embargo en el O-I del 2013-2014 hubo sequía en marzo y abril (en el periodo de llenado de grano) que no permitió la expresión del potencial de rendimiento.

Las diferencias entre grupos poblacionales reflejaron que, los maíces de grano azul alcanzaron más pronto la floración femenina y masculina (77 a 81 días). No obstante, la variación entre grupos para días a floración se mantiene en un intervalo de 77 a 85 días (Cuadro 3.2). Las diferencias no son tan pronunciadas como en las poblaciones de climas templados que en un estudio fue de 72 y 91 días (Antonio *et*

al., 2004) y en otros se ha observado un intervalo aún mayor 86 a 123 días (Hortelano *et al.*, 2008).

**Cuadro 3.2** Respuestas de poblaciones de maíz en promedio de dos ciclos de cultivo y diferencias entre grupos poblacionales por color de grano, en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Variables	Ciclos de cultivo		Grupos poblacionales (n)		
	Primavera-verano 2013	Otoño-invierno 2013/14	Blancos	Amarillos	Azules
Floración masculina (días)	65.4 b†	93.3 a	80.2 a†	79.1 b	77.3 c
Floración femenina (días)	69.1 b	97.0 a	84.1 ab	82.5 b	81.0 c
Altura de planta (m)	2.41 a	1.49 b	1.96 ab	1.91 b	1.98 a
Altura de mazorca (m)	1.55 a	1.16 b	1.18 ab	1.13 b	1.20 a
Longitud de mazorca (cm)	14.4 b	15.9 a	15.0 a	15.2 a	15.2 a
Diámetro de mazorca (cm)	3.8 b	4.5 a	4.2 a	4.0 b	4.0 b
Diámetro de olote (cm)	2.5 a	2.4 b	2.5 a	2.4 ab	2.3 b
Número de hileras por mazorca	11.3 a	11.2 b	11.5 a	10.9 b	10.8 b
Número de granos por hilera	29.7 a	30.3 a	30.2 a	29.5 a	29.8 a
Longitud de grano (mm)	10.8 a	9.6 b	10.0 b	10.1 b	10.8 a
Ancho de grano (mm)	95.9 a	85.7 b	8.9 b	9.3 a	9.4 a
Grosor de grano (mm)	38.8 a	34.4 b	3.4 b	4.1 a	3.9 a
Rendimiento (t/ha <sup>-1</sup> )	2.762 a	1.194 b	1.903 b	2.042 ab	2.197 a

†en renglón, entre ciclos y entre grupos, promedios con la misma letra no difieren significativamente (Tukey, P < 0.05).

El color de grano es un atributo muy apreciado por los agricultores, y lo incluyen en el manejo conjunto o independiente de las poblaciones cultivadas de maíz. En la región de San Felipe Usila, comúnmente se siembran por separado las poblaciones de diferente color de grano para que al momento de la cosecha no aparezcan mazorcas pintas o con combinaciones de color de grano.

Las diferencias significativas entre grupos de color de grano tanto para caracteres de planta, fenológicos de mazorca, grano y rendimiento, muestran que esa siembra, manejo, cosecha y selección independiente de cada población con color de grano diferente, ha generado diferencias en caracteres agronómicos entre los grupos poblacionales y divergencias tanto en caracteres de planta, grano y rendimiento de grano. Puede inferirse que junto con la selección de semilla para cada siembra, además de adaptabilidad y rendimiento, se seleccionan de manera indirecta otros caracteres agronómicos (Cuadro 3.2). El promedio de los ensayos indica que, fue mayor el rendimiento entre amarillos y azules que los blancos,

situación que resulta inversa entre poblaciones de maíz originarias de los climas templados.

De ciclo a ciclo, los grupos poblacionales presentaron enormes diferencias. Por ejemplo, en días a floración masculina o femenina la diferencia promedio fue de 28 días entre el ciclo primavera-verano (precoz) y el de otoño-invierno (tardío) y hubo un patrón homólogo en altura de planta y mazorca, con diferencias promedio de 84 cm entre las plantas más altas en primavera-verano comparadas con las de otoño-invierno. Este patrón también se observó en dimensiones de grano (longitud, ancho y grosor). No obstante, dicho patrón se invirtió en longitud y diámetro de mazorca, mayor tamaño en otoño-invierno y menor tamaño en primavera-verano. Aunque el rendimiento fue mayor en primavera-verano que en otoño-invierno (Cuadro 3.3; Cuadro 3.4).

Esto confirma que en esta región tropical, temperaturas altas y alta humedad de primavera-verano, aceleran el crecimiento vegetativo y reproductivo, lo que repercute en mayor rendimiento de grano y disminuciones en regímenes térmicos y humedad afectan sensiblemente el crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz y fue constante a través de los diferentes colores de grano. Es decir, las poblaciones de maíces tropicales con diferente color de grano responden con mayor productividad si tienen condiciones óptimas de acuerdo a su origen.

**Cuadro 3.3** Respuestas en caracteres agronómicos en cada ciclo de cultivo y grupos poblacionales de color de grano en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Variables	Grupos poblacionales (n)			DHS-Tukey
	Blancos	Amarillos	Azules	
<b>Primavera-verano 2013:</b>				
Floración masculina (días)	66.33	65.08	63.30	3.3
Floración femenina (días)	69.98	68.44	67.59	3.0
Altura de planta (m)	2.41	2.39	2.45	0.2
Altura de mazorca (m)	1.55	1.52	1.60	0.2
Longitud de mazorca (cm)	14.16	14.63	14.52	2.0
Diámetro de mazorca (cm)	3.92	3.64	3.65	0.4
Diámetro de olote (cm)	2.55	2.48	2.37	0.3
Número de hileras por mazorca	11.67	10.88	11.15	1.1
Número de granos por hilera	29.88	29.27	30.19	4.6
Longitud de grano (mm)	10.68	10.46	11.67	1.8
Ancho de grano (mm)	9.76	9.46	9.34	0.9
Grosor de grano (mm)	3.86	3.98	3.79	0.7
Rendimiento (t/ha <sup>-1</sup> )	2.46	2.98	3.30	0.7
<b>Otoño-invierno 2013/2014:</b>				
Floración masculina (días)	94.02	93.10	91.22	3.3
Floración femenina (días)	98.15	96.60	94.37	3.0
Altura de planta (m)	1.52	1.43	1.52	0.2
Altura de mazorca (m)	0.80	0.75	0.81	0.2
Longitud de mazorca (cm)	15.93	15.83	15.92	2.0
Diámetro de mazorca (cm)	4.52	4.44	4.30	0.4
Diámetro de olote (cm)	2.47	2.37	2.30	0.3
Número de hileras por mazorca	11.39	11.00	10.50	1.1
Número de granos por hilera	30.52	29.77	29.48	4.6
Longitud de grano (mm)	9.28	9.73	9.91	1.8
Ancho de grano (mm)	8.03	9.19	9.40	0.9
Grosor de grano (mm)	2.91	4.19	3.94	0.7
Rendimiento (t/ha <sup>-1</sup> )	1.34	1.06	0.99	0.7

**Cuadro 3.4** Comportamiento agronómico de poblaciones de maíz dentro de grupos de color de grano, en San Felipe Usila, Oaxaca.

Pob. <sup>1</sup>	<sup>2</sup> Rend. (t/ha <sup>-1</sup> )	Florac. Masc. (días)	Florac. Fem. (días)	Altura planta (m)	Altura mazorca (m)	Long. mazorca (cm)	Diám. mazorca (cm)	Diám. olote (cm)	Long. grano (mm)	Ancho grano (mm)	Grosor grano (mm)	Hileras/ mazorca	Granos/ hilera
AM-Z2	2.97	79	83	1.90	1.09	15.2	4.3	2.6	10.7	9.0	4.1	12	30
AM-B34	2.83	75	78	1.78	0.96	14.2	3.8	2.3	9.7	9.1	4.0	11	28
AM-E16	2.59	80	82	1.94	1.11	15.7	4.2	2.5	11.2	9.4	4.0	11	33
AM-E14	2.27	76	81	1.81	1.05	15.5	4.0	2.3	9.9	9.6	4.2	11	29
AM-P18	2.24	80	83	1.97	1.15	15.6	3.9	2.4	9.9	9.6	4.0	10	31
AM-P20	2.23	81	85	2.04	1.27	14.9	3.8	2.4	9.6	9.2	4.0	11	30
AM-T29	2.17	82	86	2.13	1.33	16.5	4.2	2.4	9.5	9.3	4.4	11	30
AM-P21	2.12	82	85	1.98	1.23	14.8	4.0	2.4	9.9	9.7	4.2	11	27
AM-T12	2.05	80	83	1.98	1.19	16.0	4.1	2.5	10.4	9.4	4.0	11	30
AM-U27	2.01	82	85	1.87	1.13	15.2	4.1	2.6	10.8	9.3	4.0	12	31
AM-A5	1.87	81	84	1.99	1.26	17.2	4.4	2.5	10.0	9.3	4.0	11	31
AM-B30	1.64	77	80	1.80	1.01	14.7	3.7	2.4	10.1	9.2	4.1	11	31
AM-C6	1.62	74	78	1.93	1.13	14.4	4.1	2.5	10.1	9.6	4.3	11	27
AM-A3	1.59	81	85	2.17	1.36	16.4	4.3	2.5	9.9	9.3	4.1	11	31
AM-B32	1.59	73	77	1.73	0.95	13.8	3.8	2.3	9.6	8.8	4.0	10	27
AM-U1	0.89	83	86	1.59	0.91	12.9	3.8	2.1	10.2	9.3	3.8	11	29
AZ-U17	2.55	78	81	1.97	1.18	15.4	3.9	2.3	10.6	8.8	3.7	11	33
AZ-B31	2.45	75	78	1.92	1.14	15.1	3.7	2.3	10.0	8.7	3.7	11	32
AZ-U7	2.38	78	82	2.03	1.17	15.6	4.2	2.2	10.7	9.6	3.8	11	32
AZ-A4	2.31	75	79	2.10	1.30	14.6	3.7	2.2	10.2	9.6	4.0	10	28
AZ-P24	2.26	78	82	2.02	1.21	15.3	3.7	2.3	10.5	9.5	3.8	11	29
AZ-U25	2.23	80	83	2.09	1.37	16.9	3.9	2.6	14.4	9.3	4.0	11	33
AZ-T4	2.06	80	83	1.98	1.23	14.3	4.2	2.5	10.8	9.8	3.7	12	30
AZ-A2	1.94	78	81	1.91	1.15	13.8	4.1	2.3	10.2	9.9	4.0	11	26
AZ-B35	1.59	76	79	1.85	1.05	15.4	4.1	2.3	9.7	9.1	4.2	11	27
BC-Z17	2.65	77	84	2.06	1.21	15.7	4.3	2.4	10.5	8.9	3.1	11	31
BC-Z3	2.48	77	82	2.07	1.31	16.4	4.3	2.6	10.0	8.9	3.1	12	32
BC-U26	2.45	80	84	2.09	1.28	15.2	4.3	2.6	9.5	8.2	2.9	12	30
BC-P22	2.41	83	86	2.09	1.29	15.2	4.2	2.6	10.1	9.0	3.7	11	30
BC-U16	2.23	81	86	2.10	1.32	14.2	4.3	2.7	10.2	8.5	3.2	13	28
BC-E15	2.20	80	84	1.86	1.16	15.3	4.0	2.4	9.3	8.9	3.2	11	32
BC-T13	2.14	84	88	2.12	1.30	15.2	4.9	2.9	9.6	8.2	3.0	14	30
BC-U14	2.14	83	87	2.10	1.23	15.4	4.6	2.7	10.2	9.0	3.5	13	30
BC-E11	2.06	79	83	1.97	1.18	14.8	4.0	2.3	10.4	8.7	3.4	11	32
BC-L37	2.03	81	86	2.04	1.26	16.1	4.2	2.4	10.5	9.4	3.5	11	35
BC-A1	1.97	84	87	2.26	1.42	16.0	3.8	2.5	9.0	8.6	3.5	10	27
BC-P23	1.93	83	87	2.06	1.29	16.3	3.9	2.5	10.2	10.4	4.0	11	32
BC-B33	1.91	76	79	1.86	1.06	14.3	4.1	2.3	9.5	8.8	3.0	11	31
BC-E10	1.90	80	84	1.87	1.12	14.1	4.4	2.7	10.5	8.8	3.6	12	29
BC-E9	1.88	81	84	1.96	1.19	15.3	4.4	2.4	10.6	8.9	3.3	12	32
BC-T5	1.81	78	82	1.89	1.12	14.4	4.4	2.5	9.9	9.5	3.6	11	29
BC-Z18	1.73	83	85	1.92	1.18	14.5	4.6	2.6	10.7	8.4	3.5	13	30
BC-C7	1.73	78	82	1.93	1.16	15.5	3.9	2.5	9.5	9.2	3.9	11	25
BC-P19	1.72	83	87	1.81	1.11	15.5	4.3	2.6	9.8	8.7	3.6	12	31
BC-E13	1.67	80	84	1.91	1.11	14.5	3.9	2.2	10.6	9.6	3.5	10	29
BC-B36	1.61	78	83	1.82	1.06	14.4	4.3	2.6	9.8	10.3	3.8	11	27
BC-E8	1.61	83	86	1.94	1.18	14.6	4.1	2.4	9.5	8.2	2.9	11	31
BC-E12	1.57	80	84	2.03	1.20	15.1	4.0	2.3	10.7	8.7	3.2	11	31
BC-U15	1.56	79	84	1.93	1.17	14.8	4.2	2.5	10.4	9.2	3.7	11	29
BC-P25	1.51	83	85	2.09	1.24	15.6	4.0	2.4	9.0	7.7	2.8	12	31
BC-U6	1.40	77	82	1.67	0.94	13.9	4.1	2.2	9.8	9.1	3.1	11	31
BC-U28	1.12	76	79	1.54	0.68	13.5	4.5	2.6	9.6	8.3	3.5	14	30
DHS	1.08	2.4	2.2	0.22	0.21	0.9	0.1	0.1	NS <sup>3</sup>	0.4	NS	0.5	1.2

<sup>1</sup>Prefijos; AM = grano amarillo; AZ = grano azul; y BC = grano blanco. <sup>2</sup> Rend= rendimiento. <sup>3</sup>NS = no significativo (Tukey, P > 0.05).

Respecto a la interacción de ciclos y grupos poblacionales de color de grano, sólo hubo significancia para rendimiento de grano, ancho y grosor de grano y número de hileras en la mazorca. Primero, se confirma que los grupos poblacionales presentaron mayor rendimiento en primavera-verano, y en el caso del grupo de grano azul presentó mayor rendimiento en primavera-verano pero fue el más bajo en otoño-invierno, denotando poca estabilidad. En contraposición, el grupo de maíces blancos se mostraron más estables ya que el rendimiento estimado en primavera-verano no difiere significativamente del de otoño-invierno.

En ancho y grosor de grano fue ligeramente mayor en primavera-verano que en otoño-invierno pero en número de hileras por mazorca fue constante. Es decir, el ligero decremento de las temperaturas y la reducida precipitación pluvial en otoño-invierno, además de afectar sensiblemente el rendimiento en cada grupo poblacional también afecta las dimensiones del grano.

En la interacción ciclos y poblaciones dentro de cada grupo de color de grano, solamente se determinaron diferencias significativas para rendimiento de grano. Esto es, aunque entre grupos difieren en dimensiones de grano y número de hileras en la mazorca, las diferencias o variabilidad dentro de cada grupo se expresan en rendimiento. En este sentido, se determinó que en el grupo de grano blanco las poblaciones de mayor rendimiento de grano (> 3 ton/ha) en primavera-verano también pertenecieron al grupo de mayores rendimientos de otoño-invierno, lo que infiere cierta estabilidad en productividad. No así para las poblaciones de mayor rendimiento dentro de los grupos de grano azul y amarillo porque presentaron rendimientos muy bajos en otoño-invierno (Cuadro 3.5).

**Cuadro 3.5** Promedios para cada ciclo agrícola de las poblaciones dentro de grupos, en San Felipe Usila, Oaxaca, P-V 2013 y O-I 2013-2014.

Población <sup>1</sup>	Ciclo primavera-verano 2013				Ciclo otoño-invierno 2013/0214			
	<sup>2</sup> Rend. (t/ha <sup>-1</sup> )	Floración femenina (días)	Long. mazorca (cm)	Long. grano (mm)	Rend. (t/ha <sup>-1</sup> )	Floración femenina. (días)	Long. mazorca (cm)	Long. grano (mm)
AM-Z2	4.85	69.3	14.9	11.0	1.08	96.0	15.6	10.3
AM-B34	4.52	62.7	14.0	9.8	1.13	92.7	14.4	9.5
AM-P20	3.37	70.0	14.5	10.5	1.09	99.7	15.3	8.7
AM-T29	3.35	72.7	15.7	9.7	0.99	98.3	17.3	9.3
AM-P21	3.32	70.7	15.4	10.6	0.91	99.7	14.1	9.3
AM-P18	3.20	69.7	14.2	10.6	1.29	97.0	17.1	9.3
AM-E14	3.13	66.0	15.6	10.2	1.40	95.0	15.5	9.5
AM-E16	3.13	67.3	14.6	11.3	1.77	97.0	17.3	11.0
AM-T12	2.98	70.3	14.7	10.8	1.12	96.0	17.4	10.1
AM-A5	2.93	70.0	15.8	10.5	0.27	98.0	19.3	9.3
AM-A3	2.79	71.3	15.9	10.2	0.40	98.7	16.9	9.6
AM-U27	2.79	70.3	15.8	11.1	1.24	99.7	14.5	10.6
AM-C6	2.17	64.0	12.5	10.0	1.08	91.3	16.4	10.2
AM-B30	2.08	67.3	14.4	10.5	1.21	93.3	14.9	9.7
AM-B32	1.85	61.7	13.0	9.5	1.32	92.7	14.5	9.8
AM-U1	1.15	71.7	13.0	10.9	0.62	100.7	12.7	9.5
AZ-B31	3.79	64.7	14.3	10.8	1.10	91.0	15.9	9.2
AZ-A4	3.73	64.7	14.7	10.3	0.89	92.7	14.6	10.1
AZ-U7	3.72	67.0	15.0	11.4	1.05	96.7	16.2	10.1
AZ-A2	3.59	69.3	14.3	10.6	0.30	93.3	13.4	9.8
AZ-P24	3.31	66.7	14.7	10.7	0.69	97.7	16.0	10.2
AZ-U25	3.27	69.0	16.1	10.6	1.19	97.0	17.8	10.2
AZ-U17	3.22	67.3	14.4	10.8	1.56	95.3	17.0	10.4
AZ-B35	2.80	68.3	14.1	11.0	0.37	90.3	16.7	8.4
AZ-T4	2.31	71.3	13.0	10.7	1.80	95.3	15.6	10.8
BC-Z3	3.65	67.7	16.9	11.3	1.31	96.0	16.0	8.6
BC-Z17	3.46	69.7	13.7	11.4	1.83	98.3	17.6	9.7
BC-P22	3.41	71.3	15.5	10.9	1.40	100.3	14.9	9.3
BC-T13	3.03	73.0	14.4	9.9	1.24	102.0	16.0	9.3
BC-U26	3.02	70.0	14.6	10.7	1.87	97.0	16.0	8.3
BC-U14	2.91	71.0	13.9	10.4	1.37	102.0	16.8	10.0
BC-E15	2.85	69.3	15.1	9.4	1.55	98.0	15.4	9.3
BC-A1	2.81	73.7	15.1	9.8	1.12	99.7	17.0	8.2
BC-E9	2.66	69.3	15.0	12.1	1.10	99.0	15.6	9.1
BC-P19	2.60	72.3	13.8	10.5	0.83	101.3	17.2	9.1
BC-B33	2.54	64.7	14.0	10.9	1.28	92.7	14.7	8.1
BC-P23	2.51	73.0	15.7	10.5	1.35	101.7	16.9	9.9
BC-E10	2.44	70.3	12.8	11.0	1.35	97.3	15.4	10.0
BC-T5	2.43	68.0	13.9	11.0	1.20	96.7	14.8	8.8
BC-E11	2.37	70.0	13.4	11.4	1.75	96.0	16.3	9.4
BC-L37	2.35	71.7	13.4	10.9	1.70	99.3	18.9	10.1
BC-E8	2.30	70.7	13.6	10.6	0.91	101.7	15.7	8.4
BC-U16	2.22	70.0	13.4	10.9	2.23	101.0	15.0	9.5
BC-Z18	2.20	70.3	14.1	11.5	1.01	99.3	15.0	9.4
BC-C7	2.12	69.0	14.4	9.8	1.35	94.3	16.5	9.2
BC-U15	2.09	69.3	14.6	10.8	1.04	98.7	15.0	10.1
BC-P25	1.99	71.3	14.9	10.3	1.02	99.0	16.2	7.8
BC-B36	1.90	70.3	12.6	9.7	1.32	95.0	16.2	9.8
BC-E12	1.85	70.0	14.3	11.2	1.29	98.7	15.9	10.2
BC-U6	1.75	67.7	12.4	10.5	1.05	95.3	15.5	9.0
BC-E13	1.57	70.3	12.9	10.7	1.77	97.7	16.2	10.6
BC-U28	1.24	65.3	14.1	10.2	1.01	92.0	13.0	9.0
<i>DSH-Tukey</i>	0.69	<i>NS</i> <sup>3</sup>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	0.69	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>

<sup>1</sup>AM = grano amarillo; AZ = grano azul; BC = grano blanco; <sup>2</sup>Rend= rendimiento, Long= longitud, <sup>3</sup>NS = no significativo (Tukey, P > 0.05).

Aragón *et al.* (2006) señalan que en la región de San Felipe Usila, se distribuyen regularmente las razas Tuxpeño, Tepecintle y Olotillo. En este trabajo, las mazorcas de las poblaciones de granos blancos, amarillos o azules, corresponden a una o a la combinación de esas razas. Aun cuando se pueden diferenciar ciertas poblaciones con formas y tamaños de grano y mazorcas cercanas a una raza, regularmente se encontraron combinaciones de dos o más razas, como también se reportó en otras regiones de Oaxaca (Chávez-Servia *et al.*, 2011). También, es de resaltar que los resultados apoyan la hipótesis de que los agricultores no manejan independientemente las poblaciones por las formas específicas de mazorcas y granos, sino que el manejo independiente lo hacen por el color de grano. Aquí se detectaron diferencias significativas entre grupos poblacionales de diferente color de grano en la mayoría de caracteres agronómicos evaluados.

A diferencia de los resultados reportados para Tehuantepec, Oaxaca, por López-Romero *et al.* (2005), región costera cercana al área de estudio de este trabajo, los grupos poblacionales se diferenciaron perfectamente por razas. En este trabajo, se detectó alta variabilidad en caracteres agronómicos dentro de cada grupo de color de grano y no racial.

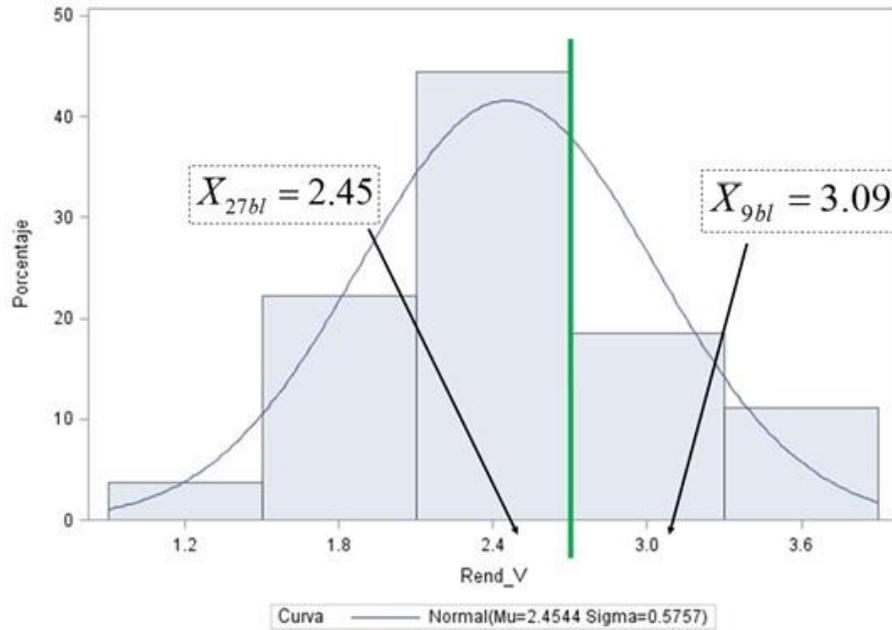
Los resultados conseguidos son similares a los reportados por Diego-Flores *et al.* (2012), en poblaciones de maíz nativo de las zonas bajas de la Mixteca, donde se determinaron diferencias entre poblaciones no solo en rendimiento sino en dimensiones de grano. Por su parte Cabrera *et al.* (2015), reportaron para maíz zapalote chico cuyo ambiente de producción es la región istmeña de Oaxaca, rendimiento de grano entre 1.73 a 2.97 t ha<sup>-1</sup> para las variedades en cuatro años de evaluación. Coutiño *et al.*, (2001) en la evaluación del desespigue en el rendimiento de grano de maíces nativos de Chiapas encontró que esta práctica incrementa la producción de grano en forma diferencial en los maíces Tuxpeño, Tehua, Olotón y Comiteco, desde 8 hasta 29%, lo que significa Incrementos desde 0.180 hasta 0.475 t ha<sup>-1</sup>. Similar a lo encontrado por Coutiño (1991). Por tanto, se propone integrar un programa de mejoramiento genético para la región partiendo de las poblaciones más sobresalientes dentro de cada grupo de color de grano y pueden incrementar del 5 al 20% los rendimientos promedios estatales (1.32 ton/ha; SAPI, 2014), bajo

condiciones de temporal y en este caso dos ciclos por año. Esto último, es relevante porque se potencializa el rendimiento anual desde 3 a 7 ton/ha.

En la región sureste tropical de México, es frecuente el sistema milpa de policultivos y en la región de San Felipe Usila es también muy común. Los maíces azules, amarillos o blancos frecuentemente están asociados con frijol y calabaza, y diferentes especies intercaladas desde chile, jitomate, quelites o verduras hasta raíces tuberosas consumibles, entre otras. Es decir, son espacios de policultivos y arvenses de recolección en dos estaciones del año. Por todo esto, puede pensarse que los rendimientos de maíz son bajos de 1.15 a 4.85 t/ha<sup>-1</sup> en la mejor estación o de 0.27 a 1.87 t/ha<sup>-1</sup> (Cuadro 2.5) en la peor estación; no obstante, esos productos se obtienen en menos de un año en las mismas o diferentes parcelas de cultivo. Por tanto, anualmente una familia con una hectárea de terreno potencialmente puede obtener desde 1.42 a 6.72 t/ha<sup>-1</sup> más la cosecha de especies asociadas o alternadas y arvenses comestibles. De ahí que se consideran, a los agrosistemas tropicales como los más productivos por unidad de área.

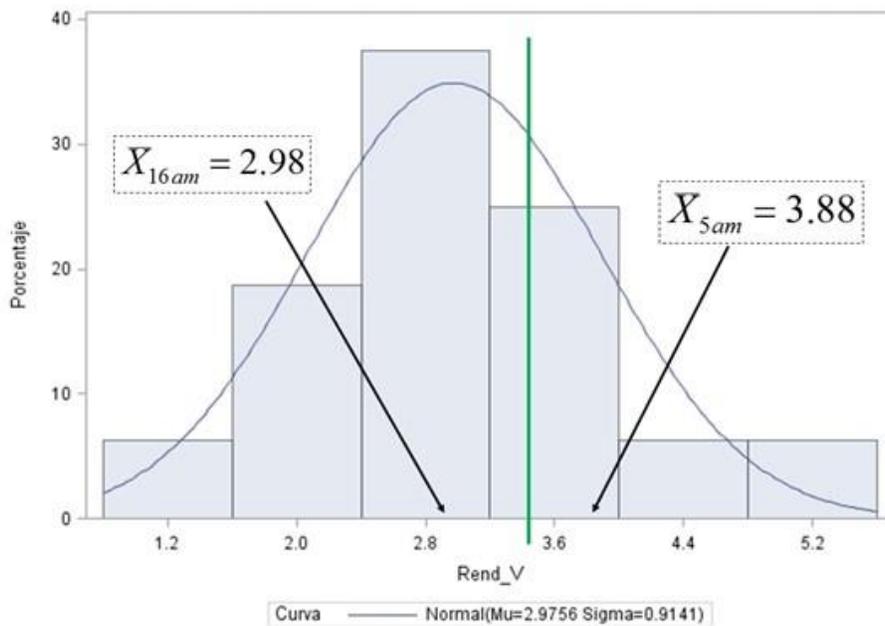
Si se estima que el experimento del ciclo primavera-verano 2013 se desarrolló en condiciones meteorológicas un tanto normales por la precipitación pluvial y que en el de otoño-invierno 2013-2014 se presentó sequía severa que es poco frecuente en esta región; se puede tomar el comportamiento de las poblaciones nativas de maíz del experimento de verano como una muestra del conjunto de poblaciones que se cultivan en el área explorada.

Tomando la clasificación por color de grano, en cada caso se presentó variación muy relevante para rendimiento y el resto de atributos entre poblaciones. Con la experimentación se puede señalar que poblaciones presentaron mejor rendimiento, en principio; si se toma al estrato superior en 30% del número de poblaciones, se puede aseverar que el promedio de ese estrato supera al promedio global de su grupo en 25.8% en el caso de poblaciones de grano blanco, 30.5% en el de los amarillos (Figura 3.1) y 13.4% en el caso de los de grano azul (Figura 3.2). Para el resto de atributos el comportamiento es semejante (Herrera *et al.*, 2013).



**Grano Blanco**

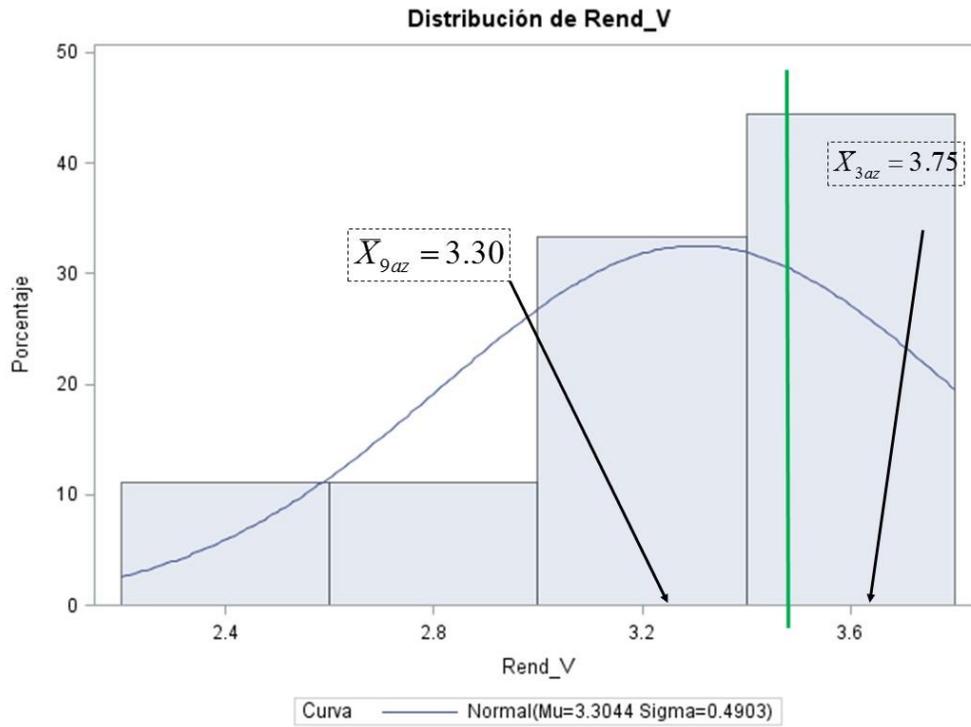
$$\frac{X_{9bl} - X_{27bl}}{X_{27bl}} (100) = 25.9\%$$



**Grano Amarillo**

$$\frac{X_{5am} - X_{16am}}{X_{16am}} (100) = 30.4\%$$

**Figura 3.1.** Producción t/ha<sup>-1</sup> de grupos de color de grano blanco y amarillo durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en San Felipe Usila, Oaxaca.



**Grano Azul**

$$\frac{\bar{X}_{3az} - \bar{X}_{9az}}{\bar{X}_{9az}} (100) = 13.6\%$$

**Figura 3.2.** Producción t/ha<sup>-1</sup> del grupo de color de grano azul durante el ciclo agrícola primavera-verano 2013 en San Felipe Usila, Oaxaca.

En principio estas poblaciones se pudieran promover para mayor aprovechamiento por otros productores; además, se puede aplicar otra fase de mejoramiento participativo en la elección de semilla con los productores. En perspectiva, el conjunto de poblaciones evaluadas puede ser una muestra representativa de el universo de poblaciones de maíz nativo en el área explorada. Con esto se puede esperar que en un esfuerzo mas exhaustivo se puedan detectar poblaciones con expresiones sobresalientes en cada comunidad que sirvan como posibles materiales elite, que permitan ofrecer con esta estrategia un incremento en el potencial de rendimiento de más del 20%.

### 3. 4 CONCLUSIONES

De la evaluación de poblaciones nativas de maíz con grano azul, amarillo y blanco, en dos estaciones de cultivo, se determinó que, entre ciclos de cultivo y entre grupos poblacionales por color de grano difieren significativamente ( $P < 0.05$ ) para el mayor número de variables agromorfológicas y se observó interacción significativa de grupos de poblaciones con ciclos de cultivo primavera-verano y otoño-invierno, en número de hileras en mazorca, ancho y grosor de grano, y rendimiento. Las poblaciones de maíz dentro de cada grupo de color de grano difieren significativamente en todos los caracteres fenológicos, de planta, mazorca y rendimiento, excepto en longitud y grosor de grano. No obstante, no interaccionan de manera significativa con ciclos de evaluación, excepto en rendimiento de grano.

En el ciclo primavera-verano, se presentaron lluvias en cantidad normal y se determinó la mayor expresión fenotípica del rendimiento y sus componentes que en otoño-invierno (en que hubo sequía severa) y se mantienen las diferencias entre poblaciones dentro de cada grupo y entre grupos a través de estaciones de cultivo. En términos de rendimiento promedio de ambas estaciones, las poblaciones más estables, con rendimientos iguales o superiores a  $2.5 \text{ t/ha}^{-1}$  fueron: AM-Z2, AM-B34 y AM-E16, entre las poblaciones de maíces amarillos; en azules AZ-U17 y AZ-B31; y en blancos BC-Z17, BC-Z3 y BC-U26. La longitud de mazorca, dimensiones de grano y alturas de planta y mazorca presentaron gran variabilidad intragrupo, la que puede ser útil para emprender un programa de mejoramiento genético dentro de cada grupo. Si se interpreta a las poblaciones como una muestra representativa del universo de poblaciones de maíz nativo del área de estudio, se puede escribir que la detección del 30% de las poblaciones con mayor potencial de rendimiento en experimentos sencillos, puede aumentar el potencial productivo de esa área en más del 20%.

Los menores regímenes de temperaturas de otoño-invierno en relación a los de primavera-verano, retrasaron la floraciones masculina y femenina hasta por 28 días entre el ciclo primavera-verano (precoz) y el de otoño-invierno (tardío). También se

presentó un patrón homólogo en altura de planta y mazorca, con diferencias promedio de 84 cm entre las plantas de primavera verano comparadas con las de otoño-invierno, y coincide en rendimiento promedio de grano, de 2.46 a 3.30 t/ha<sup>-1</sup> y de 0.99 a 1.34 t/ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

### 3.5 BIBLIOGRAFÍA

- Ángeles-Gaspar, E.; E. Ortiz-Torres, P. Antonio-López, G. López-Romero, (2010).** Caracterización y rendimiento de maíces nativos de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33(4):287-296.
- Antonio-Miguel, M., J.L. Arellano-Vázquez, G. García-de-los-Santos, S. Miranda C., J. A. Mejía-Contreras y F. V. González C. (2004).** Variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27(1):9-15.
- Aragón C., F., S. Taba, J.M. Hernández C., J.D. Figuieria C., V. Serrano A. y F.H. Castro G. (2006)** Catálogo de Maíces Criollos de Oaxaca. INIFAP-SGARPA. Libro Técnico No. 6. Oaxaca, México. 244 p.
- Boege S., E., G. Vidrales C. (2008)** El Patrimonio Biocultural de los Pueblos Indígenas de México. Hacia la Conservación *in situ* de la Biodiversidad y Agrodiversidad en los Territorios Indígenas. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. 344 p.
- Cabrera T., J. M., A. Carballo C. y F. Aragón C. (2015)** Evaluación agronómica de maíces raza Zapalote Chico en la región istmeña de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Pub. Esp. Núm. 11: 2075-2082.
- Castillo, F., E. Herrera, R. Ortega, M. Goodman, M.E. Smith. (2000)** Diversidad genética del maíz y su aprovechamiento *in situ* a nivel regional. In *Mejoramiento Participativo en América Latina y el Caribe*. CD-ROM. CIAT, Cali, Colombia.
- Castillo G., F., L. M. Arias, R. Ortega P. and F. Márquez S. (2000)** Participatory breeding, seed networks and grassroot strengthening. Mexico. In: *Conserving Agricultural Diversity in situ: A Scientific Basis for Sustainable Agriculture*. D. Jarvis, B. Sthapit and L. Sears (Eds.), IPGRI, Rome, Italy. Proceedings of a workshop. Pockara, Nepal. 1-12 July, 1999.
- Cázares S., E. y J. Duch G. (2004)** La diversidad genética de variedades locales de maíz, frijol calabaza y chile, y su relación con características culinarias. In: Chávez-Servia, J.L., J. Tuxill y D.I. Jarvis (eds). *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales*. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Cali Colombia. pp: 250-255.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2005)** Región prioritaria para la conservación de la Chinantla, Oaxaca. CONANP-SEMARNAT, México, D.F. 55 p

<http://www.manufactura.mx/industria/2014/01/17/maiz-y-frijol-lo-que-mas-se-consume-en-mexico>.

- Coutiño E., B. (1991)** Validación del rendimiento y desespigue en variedades e híbridos nuevos de Maíz. En Informe de Investigación, Mejoramiento Genético de Maíz. Campo Experimental Centro de Chiapas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Ocozacoautla, Chiapas, México. pp: 34-37.
- Coutiño E., B., B. Torres M., J. F. Velázquez A. (2001)** Evaluación del desespigue en el rendimiento de grano de maíces (*Zea mays* L.) criollos de Chiapas. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(3):26-31
- Chávez-Servia, J. L., P. Diego-Flores y J.C. Carrillo-Rodríguez (2011)** Complejos raciales de poblaciones de maíz evaluadas en San Martín Huamelulpan, Oaxaca. *Ra Ximhai* (1): 107-115.
- Chávez-Servia, J. L., P. Diego-Flores y J.C. Carrillo-Rodríguez (2012)** Variación fenotípica de una muestra de maíces de la región de Chalcatongo de Hidalgo, Oaxaca. *Ciencia Ergo Sum* 18(3):251-257.
- de Teresa, A. P. (1999)** Población y recursos en la región chinanteca de Oaxaca Desacatos [en línea], (primavera): [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2014] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13900110>> ISSN 1405-9274.
- Diego-Flores, P., J. C. Carrillo-Rodríguez., J. L. Chávez-Servia y F. Castillo-González. (2012)** Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista FCA UNCUYO*. 2012. 44(1): 157-171.
- García, E. (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. pp 120-137.
- Goodman, M. M. and E. Paterniani (1969)** The races of maize. III. Choices of appropriate characters for racial classification. *Economic Botany* 23: 265-273
- Herrera C., B. E., F. Castillo G, J. J. Sánchez, R. Ortega y M. M. Goodman (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., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., J. M. Hernández C., R. Ortega P., M. M. Goodman (2004)** Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- Herrera-Cabrera, B. E., F. Castillo-González, R. Ortega-Pazkca y A. Delgado-Alvarado (2013)** Poblaciones superiores de la diversidad de maíz en la región

oriental del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36 (1): 33 – 43. 2013

**Hortelano S., R. R., A. Gil M., A. Santacruz V., S. Miranda C. y L. Córdova T. (2008)** Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34(2): 189-200

**Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2008)** Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.

**López P., J. and G. Urbán (1992).** Ordenamiento eco-geográfico de una zona cálido-húmeda: la Región de Tuxtepec, Oaxaca. *In: Ecología y Manejo Integral de los Recursos Naturales en la Región de la Chinantla*. S. Anta-Fonseca S. (ed.). Friedrich Ebert Stiftung-Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. pp:17-64.

**López-Romero, G., A. Santacruz-Varela, A. Muñoz-Orozco, F. Castillo-González, L. Córdova-Téllez, y H. Vaquera-Huerta (2005).** Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290.

**Salinas M., Y., F. Aragón C., C. Ybarra M., J. Aguilar V., B. Altunar L. y E. Sosa M. (2013)** Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:23-31.

**Sánchez, J. J. and M. M. Goodman (1992)** Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany* 46:72-85.

**Sánchez, J. J., M. M. Goodman and J. O. Rawlings (1993)** Appropriate characters for racial classification in maize. *Economic Botany* 47(1): 44-59

**Sánchez, J., M. M. Goodman and C. W. Stuber (2000)** Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54 (1):43-59.

**SAS, (Statistical Analysis System). 2000.** Statistics Analysis system. Software Release 8.1. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.

**SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2012)** Cierre de la producción agrícola por cultivo. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

**SIAP, SAGARPA (2014)** Situación actual y perspectiva del maíz en México. [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integración/Estadistic](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integración/Estadistic)

## **CAPITULO IV**

### **MANEJO DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA MILPA DE SAN FELIPE USILA, OAXACA**

#### **RESUMEN**

En la región tropical de San Felipe Usila, Oaxaca, se describió y clasificó la agrobiodiversidad en función de la percepción de diversidad fenotípica y usos de la variabilidad en cultivos y biodiversidad recolectada por los agricultores, en tres agrosistemas de producción: laderas abruptas pedregosas ( $> 18^\circ$  de pendiente), lomeríos abruptos irregulares y pedregosos con pendientes entre  $6$  y  $18^\circ$ , y terrenos planos o planicies ( $< 6^\circ$  de pendiente) de zonas ribereñas. Con el objetivo de captar la percepción de diversidad y usos de la agrobiodiversidad, se hizo una entrevista a 200 agricultores de once comunidades Chinantecas de San Felipe Usila, mediante un cuestionario semiestructurado. En el análisis de ji-cuadrada se determinaron relaciones significativas ( $P < 0.05$ ) entre agrosistemas y variantes fenotípicas distintivas de frijol y maíz, cultivos intercalados, regímenes (lluvia o riego) de humedad para la siembra, superficie sembrada y meses de siembra, floración y cosecha de maíz. En el análisis de correspondencia múltiple, se distinguen patrones de diversidad, uso y manejo en relación a regiones geográfico-culturales de localización de los agrosistemas y parcelas. En las parcelas de producción se siembran, cultivan y recolectan hasta 26 especies y presentan como principales: maíz (cinco variantes fenotípicas), frijol (21 variedades y poblaciones nativas), calabaza (cuatro variantes) y yuca (dos a tres variantes). También fue notorio el alto uso de pesticidas y fertilizantes químicos, hasta 22 productos diferentes.

**Palabras clave:** Biodiversidad recolectada, diversidad fenotípica, comunidades Chinantecas, cultivos intercalados múltiples, regiones bioculturales.

## **MANAGEMENT OF THE AGROBIODIVERSITY IN MILPA SYSTEM OF SAN FELIPE USILA, OAXACA**

### **SUMMARY**

In the tropical region of San Felipe Usila, Oaxaca, the agrobiodiversity was described and classified considering farmers' perception of biodiversity, crop diversity and the way variability within crops is managed considering different agrosystems. Three production agrosystems: steep and stony slope ( $> 18^\circ$  slope gradient); moderate-strongly sloping and stony ( $6$  to  $18^\circ$ ); and lands of alluvial plains ( $< 6^\circ$ ). The objective was to capture the farmers' perception of diversity and ways the agrobiodiversity is managed, through 200 farmers surveyed from twelve Chinantec farmers' communities in San Felipe Usila, by a semistructured questionnaire. By chi-square were detected significant relations ( $P < 0.05$ ) between agrosystems and well recognized phenotypic variants of common beans and maize, intercropped crops, moisture supply regimens for planting (rainfed versus irrigation conditions), amount of cropped land and months of sowing, time to flowering and harvest in maize. As result of the multiple correspondence analysis patterns of crop diversity management were detected, directly related to geographic-cultural regions. Currently in the production plots are cultivated and/or recollected up to 26 plant species; the main crops are: maize (five phenotypic variants), common beans (21 commercial varieties and native populations), squash (four variants) and cassava (three variants). In addition, it was evident a high use of pesticides and chemical fertilizers,† up to 22 different products.

**Keywords:** Collected biodiversity, phenotypic diversity, Chinantec communities, multiple crops, intercropped, biocultural regions.

## 4.1 INTRODUCCIÓN

El conocimiento sobre la diversidad y maneras de mejor aprovechamiento de los recursos naturales ha permitido a los pueblos alimentarse, curarse, intercambiar productos entre y dentro de sus comunidades, así como intercambiarlos por bienes y servicios en los mercados externos para sobrevivir a presiones económicas, sociales y culturales externas (Toledo *et al.*, 2003). En este contexto, el sistema de milpa tradicional Mesoamericano, donde se cultivan esencialmente maíz, frijol y calabaza, además de proveer de alimento y cultura a los pueblos, es un área de preservación *in situ* de la agrobiodiversidad *inter* e *intra*-específica, no solo de las especies cultivadas sino de un alto número de especies silvestres toleradas y recolectadas para uso alimentario, medicinal y ritual; en algunos casos se llegan a encontrar hasta 50 especies cultivadas, auspiciadas o toleradas (Thrupp, 2000; Aguilar *et al.*, 2007; Aguilar-Jiménez *et al.*, 2011).

El maíz y frijol son las principales especies cultivadas en México, con 7.4 y 1.8 millones de hectáreas sembradas en 2013, respectivamente. Del total de la superficie sembrada por especie, se cultiva de temporal el 82.2% del maíz y el 93.5% del frijol, y regularmente con poblaciones nativas o variedades autóctonas (Guillén-Pérez *et al.*, 2002; Trueba, 2012; SIAP, 2014). La siembra de temporal regularmente la practican pequeños agricultores con bajo o nulo uso de insumos externos, preponderantemente localizados en el centro-sur de México y en agroecosistemas marginales o restrictivos para la agricultura moderna pero con altas interacciones con los ecosistemas naturales (de Frece y Poole, 2008; Aguilar-Jiménez *et al.*, 2011; Bermeo *et al.*, 2014).

Jackson *et al.* (2007), Moonen y Barberi (2008) y Jackson *et al.* (2010) argumentan que no es posible separar los agrosistemas de los ecosistemas naturales; estos últimos regularmente intervenidos por el hombre. Los resultados sugieren que las comunidades agrícolas que dependen de pequeñas áreas cultivadas son afectadas por efectos ecosistémicos de interacciones de los organismos prevalecientes en el entorno, ecológico y de nichos o micronichos porque se favorecen la biodiversidad, las interacciones agro y ecosistémicas, y se basan en

el aprovechamiento de recursos naturales. En este sentido los agroecosistemas tropicales y subtropicales interactúan con su entorno natural, y en los lustros recientes se ha observado un incremento de insumos externos en las parcelas de cultivo (herbicidas, fertilizantes y fungicidas), como consecuencia de precipitaciones abundantes y altas temperaturas que promueven el crecimiento de malezas, mayor número y ciclos de fitopatógenos y lixiviación de nutrientes, entre otras limitantes; por lo que, se promueve una sincronización de los agroecosistemas con los ecosistemas naturales (Altieri y Nicholls, 2004; Perfecto y Vandermeer, 2008).

El manejo local de los agroecosistemas tropicales y subtropicales difiere significativamente de los agroecosistemas de clima templado. En este último, regularmente se tiene un período definido de crecimiento de plantas y no así en los de clima cálido o subcálido y son más complejos; esto hace que se requiera documentar con más estudios de caso, con el objetivo de entender su funcionamiento e interacción con los sistemas de producción de alimentos (de France y Poole, 2008; Vigouroux *et al.*, 2011; Nadal y García, 2011; Rogé *et al.*, 2014; Bermeo *et al.*, 2014). Fahrig *et al.* (2015) argumentan que en los ecosistemas tropicales están asociadas diferentes especies o grupos de especies, que interaccionan con las diferentes coberturas vegetales; señalaron que también está relacionada una alta biodiversidad en los espacios cultivados cuando el entorno presenta alta heterogeneidad. En particular los agroecosistemas tropicales Mesoamericanos requieren mayor atención debido a fuertes presiones por deforestación, uso irracional de agroquímicos y alta demanda de productos alimenticios en los mercados regionales y nacionales, y en conjunto requieren acciones colectivas tanto de las comunidades rurales como de organizaciones independientes (Kruijssen *et al.*, 2009; Sunderland, 2011).

En México, se han planteado diferentes trabajos para describir y clasificar la agrobiodiversidad en relación a su entorno, en los agroecosistemas mesoamericanos. Por ejemplo, la documentación de la diversidad fenotípica de maíz en la Costa Chica de Guerrero (Navarro-Garza *et al.*, 2012); los trabajos etnográficos sobre el sistema milpa maya en relación con identidades sociales y el entorno ambiental (de Frece y Poole, 2008); los cambios de uso de suelo, cartografía y

capacidad resiliente de milpa con los entornos sociales, económicos y culturales actuales en Puebla (Bermeo *et al.*, 2014); sobre los espacios de producción multicultivo y cambios socio-económicos y agrobiodiversidad en Veracruz (Nadal y García, 2011; Ortiz-Timoteo *et al.*, 2014); y las modificaciones campesinas al sistema de roza-tumba-quema en Chiapas (Aguilar-Jiménez *et al.*, 2011), entre otros. Esto es, las exigencias económicas, sociales, culturales, modificaciones a la tenencia y uso de suelo, explotación forestal creciente y demandas del mercado, hacen más dinámicos a los agroecosistemas tradicionales donde se producen los alimentos para las comunidades rurales.

En el contexto de agroecosistemas tropicales Mesoamericanos, se planteó el objetivo de documentar la agrobiodiversidad y su manejo local en la región de San Felipe Usila, Oaxaca, con base en una entrevista a agricultores que poseen parcelas de cultivo con agroecosistemas de ladera, lomerío y planicie.

## 4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.2.1 Región de estudio

La zona de estudio comprendió once comunidades de los municipios de San Felipe Usila, San Andrés Teotilalpam y San Juan Bautista Tlacuatzintepec, Oaxaca, dentro de la región Chinanteca media y cuenca del río Papaloapan (de Teresa, 1999). Las comunidades se ubican geográficamente entre 17° 38' a 18° 02' LN y 96° 29' a 96° 43' LO (INEGI, 2008). En esta región más del 80% de la población son hablantes de Chinanteco y sus principales actividades productivas son la explotación forestal comunitaria; los cultivos de maíz, frijol, yuca, chile y café, entre otros; ganado bovino y equino; y áreas de selvas y bosques bajo sistemas comunitarios de conservación (INEGI, 2008; Velasco *et al.*, 2014). La zona presenta regiones de planicies aluviales, lomeríos y de pendientes pronunciadas donde se realizan las actividades agrícolas en suelos del tipo luvisol, acrisol, cambisol y regosol, en altitudes de 26 a 496 m, climas desde semicálido húmedo a cálido húmedo con

temperaturas medias de 20 a 26 °C con oscilaciones de 12.3 a 38.1 °C y precipitaciones pluviales en todo el año de 1500 a 5000 mm anuales (García, 1988; INEGI, 2008).

#### 4.2.2 Descripción de parcelas y agroecosistemas de producción

En este trabajo se utiliza el término agroecosistema para definir las formas o modalidades de producción en función de los espacios ecogeográficos conocidos localmente como planicies aluviales o zonas aledañas a ríos, lomeríos de orografía irregular y laderas con pendientes mayores a 18°, con base en las definiciones y enfoques de estudio propuestas por Vandermeer *et al.* (1998), Gliessman (2007) y Moonen y Barberi (2008), las que no solo incluyen al sitio de producción sino las interrelaciones con sus componentes y con el ecosistema, pero que están fuertemente influenciadas por las decisiones de los agricultores en función de sus percepciones de oportunidades y limitaciones. Así, se determinaron tres tipos de agroecosistemas donde se localizaron las parcelas de producción: laderas abruptas regularmente pedregosas (> 18° de pendiente), lomeríos abruptos irregulares y pedregosos con pendientes entre 6 y 18°, terrenos planos (< 6°) donde se incluyen zonas de riberas y de acumulación de suelo de erosión pluvial (Ortiz-Pérez *et al.*, 2004).

Con base en la percepción de valor de la agrobiodiversidad y plantas de recolección en las comunidades indígenas y agroecosistemas objetivo, y desde el enfoque de utilización y conservación propuesto por Jackson *et al.* (2007), se hizo una entrevista a 200 agricultores de once comunidades Chinantecas, mediante un cuestionario semiestructurado. Se visitaron las comunidades de Arroyo Aguacate, Arroyo Tambor, Lázaro Cárdenas, Paso Escalera, Peña Blanca, cabecera municipal San Felipe Usila, San Antonio Analco, Santa Flora y Piedra de Azúcar del municipio de San Felipe Usila, cabecera municipal de San Juan Bautista Tlacuatzintepec y Flor Batavia, San Andrés Teotilalpam.

La información recopilada por agricultor acerca de la utilización, conservación y manejo de la agrobiodiversidad en las parcelas de producción dentro de cada

agroecosistema, se agrupó en cinco secciones: agrobiodiversidad cultivada en los agrosistemas de ladera, lomeríos y planicies, incluyendo superficies sembradas y épocas de siembra, floración y cosecha de maíz; sistemas locales de semillas basado en intercambios, almacenamiento y problemas fitosanitarios; biodiversidad tolerada y recolectada en los agroecosistemas; apoyos económicos y técnicos recibidos a través de los programas gubernamentales de subsidios al campo; y una sección sobre percepción campesina de los principales problemas en la producción y propuestas de solución.

#### *4.2.3 Análisis estadístico*

Se integraron dos bases de datos: la primera, consistente en la descripción de la agrobiodiversidad, prácticas agronómicas y biodiversidad recolectada por parcela en cada agroecosistema de producción (ladera, lomerío y planicie), y la otra relacionada con las prácticas de manejo de la parcela y percepciones del agricultor. En ambos casos se realizó un análisis de ji-cuadrada para probar hipótesis de independencia entre agroecosistemas y variables evaluadas ( $p < 0.05$ ). Posteriormente se realizó un análisis de correspondencia múltiple con el objetivo de determinar las variables de mayor valor descriptivo de la utilización, conservación y manejo de la agrobiodiversidad en la región de estudio. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2000).

### **4.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Con base en recorridos por las parcelas de cultivo, visitas a comunidades y entrevistas a agricultores, es posible señalar que la economía y producción de alimentos en los municipios de San Andrés Teotilápam, San Juan Bautista Tlacuatzintepec y San Felipe Usila, Oaxaca, están sustentados en las actividades agropecuarias: huertos de traspatio o solares y aprovechamiento de algunos recursos forestales maderables y no maderables o plantas de recolección. Estas

observaciones coinciden con la información recopilada por de Teresa (1999) sobre las dinámicas de las poblaciones y recursos naturales en la región Chinanteca oaxaqueña, dentro de la que se incluyen los municipios visitados.

Los agricultores de la región usualmente siembran en sistemas de asociación todas sus parcelas de cultivo, independientemente de la variante del agroecosistema (planicie, lomerío o ladera); aunque también se utilizan las siembras de monocultivo con maíz (Cuadro 4.1). Consecuentemente, en este sistema tradicional de multicultivo de milpa (verano) y de 'tonalmil' (invierno) es donde se recombina o recrea la agrobiodiversidad preservada *in situ*. Así, cuando se preguntó qué variedades mejoradas, autóctonas o poblaciones de maíz siembran, respondieron, en orden jerárquico, que se siembran principalmente maíces de granos blancos, amarillos, negros o azules, pintos (dos o más colores) y rojos. En este sentido fue notorio que, los agricultores utilizan el color de grano para distinguir sus maíces como carácter principal; posteriormente, los reconocen por la duración del ciclo siembra-elote (precocidad), características de mazorca y grano, y siembran de manera preponderante semillas de maíces nativos, 98.7% del total de parcelas. Este hecho no es exclusivo de esta zona ya que un patrón semejante fue reportado por Herrera *et al.* (2004) y Perales *et al.* (2003) para la meseta central de México, y por Louette y Smale (2000) en Cuzalapa, Jalisco, en la zona de amortiguamiento de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán; en ambos casos, la jerarquización de importancia local fue; primero los de grano blanco, después azules o negros y por último amarillos; similar a lo que se observó en este trabajo, sólo que presentó mayor importancia el amarillo que el azul (Cuadro 4.1).

**Cuadro 4.1** Relación entre agrobiodiversidad y tres agrosistemas de producción usados por los agricultores de San F. Usila, San J. Bautista Tlacuatzintepec y San A. Teotilalpam, Oaxaca.

Pregunta y clasificación de respuesta	Agrosistemas (Frec. obs.)			Frec. obs. (% del total)
	Laderas	Lomeríos	Planicies	
<i>Sistemas de cultivo (<math>\chi^2 = 1.79^{ns}</math>, <math>n = 387</math> lotes de producción)</i>				
Monocultivo (=unicultivo)	95	5	34	134 (34.6)
Asociado (dos o más)	173	18	62	253 (65.4)
<i>Lotes de semilla de maíz con nombres asignados por los agricultores (<math>\chi^2 = 33.9^{**}</math>, <math>n = 380</math> lotes sembrados)</i>				
Blanco	169	6	74	249 (65.5)
Amarillo	63	13	16	92 (24.2)
Negro	26	1	3	30 (7.9)
Pinto	3	2	1	6 (1.6)
Rojo	2	0	1	3 (0.8)
<i>Tipo de acervo genético de maíz sembrado (<math>\chi^2 = 7.0^{ns}</math>, <math>n = 380</math> lotes de producción)</i>				
Nativa	261	22	92	375 (98.7)
Híbrido	1	0	3	4 (1.0)
Variedad mejorada	1	0	0	1 (0.3)
<i>Lotes de semilla de frijol con nombres asignados por los agricultores (<math>\chi^2 = 38.8^{ns}</math>, <math>n = 341</math> lotes sembrados)</i>				
Negro	8	22	2	32 (9.4)
Negro de guía	3	16	0	23 (6.7)
Palito	2	14	0	21 (6.2)
Criollo (=nativo)	10	11	0	21 (6.2)
Negro con blanco	14	6	1	21 (6.2)
Noche buena	5	7	0	20 (5.9)
Frijol de bejuco	15	5	0	20 (5.9)
Nescafé ( <i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.)	1	2	0	19 (5.6)
Mayeso	4	5	0	19 (5.6)
Nenarii	7	3	0	18 (5.3)
Cuarenteno	6	2	2	17 (5.0)
Flor de mayo	11	2	0	16 (4.7)
Nayarit	12	2	0	14 (4.1)
Tabaquero	21	2	0	13 (3.8)
Blanco	9	1	0	13 (3.8)
Ojo de burro	13	0	0	12 (3.5)
Frijol rojo	16	1	0	10 (2.9)
Tripa de borrego	17	1	0	10 (2.9)
Míchigan	18	1	0	10 (2.9)
Jamapa	19	1	0	9 (2.6)
Amarillo	20	1	0	3 (0.9)
<i>Tipo de acervo genético de frijol (<math>\chi^2 = 6.14^*</math>, <math>n = 154</math> lotes sembrados)</i>				
Nativo	102	5	44	151 (98.1)
Variedad mejorada	3	0	0	3 (1.9)
<i>Tipo de hábito de crecimiento de frijol (<math>\chi^2 = 5.9^{ns}</math>, <math>n = 154</math> lotes sembrados)</i>				
Guía	55	2	22	79 (51.3)
Mata	44	2	18	64 (41.6)
Semiguía	6	1	4	11 (7.1)
<i>Lotes de semilla de calabaza nativa con nombres asignados por los agricultores (<math>\chi^2 = 11.8^{ns}</math>, <math>n = 97</math> lotes)</i>				
Nativa	62	1	28	91 (93.8)
Cáscara dura	1	0	0	1 (1.0)
Cáscara blanda	2	1	0	3 (3.1)
Calabaza redonda	2	0	0	2 (2.1)

<sup>ns</sup>no significativa ( $P > 0.05$ ); <sup>\*\*</sup>significativas a  $P < 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ); Frec. obs.= frecuencia observada.

En este trabajo, la diversidad de maíz estuvo relacionada con los sistemas de producción ya que fue mayor en los agrosistemas de ladera que en lomeríos y planicies (Cuadro 4.1). También se documentó que, la diversidad del maíz en la región de estudio es aprovechada en una gran variedad de usos tradicionales. El maíz blanco en San Felipe Usila es preferido para la elaboración de tortillas (aseguran que la masa y tortillas son más blandas), atole, guisado de masa, tamales y pozole. El amarillo además de ser la principal fuente de alimentación para el ganado, lo prefieren por presentar un sabor dulce en elote y tortillas, la masa es más rendidora y resiste más el calor sin ser refrigerada, también se utiliza para la elaboración del 'popo' en las fiestas decembrinas. En la comunidad de Peña Blanca, el maíz amarillo es muy apreciado para la elaboración de pozol, mole amarillo y el maíz negro algunas familias lo prefieren para hacer pozol, tortillas, pinole, tamales y champurrado.

Respecto a frijol, se observó que los agricultores distinguen hasta 21 variantes por nombre, color de grano, tipo de crecimiento (negro de guía, frijol de bejuco, etc.) y nombre de variedades mejoradas (Jamapa, Michigan, Flor de mayo, Nayarit, etc.), diversidad que supera a la documentada por Ortiz-Timoteo *et al.* (2014) en Jesús Carranza, Veracruz con siete variantes nativas y mejoradas de frijol. En el presente estudio, no hubo relación significativa entre diversidad de frijol y agrosistemas de producción, pero sí fue significativa entre acervos genéticos y agrosistemas, las variantes nativas se prefieren en las laderas y planicies. Aun cuando no es posible afirmar que corresponden a genotipos disímiles por nombrarse de manera distinta o que exactamente corresponden a la variedad mejorada, pero cuando se refieren a un carácter descriptivo del grano o de la planta se tiene mayor seguridad en que la población tenga el carácter indicado. Este hecho hace pensar que por efecto de la selección continua del agricultor hizo que se fijara el carácter, tal como se reportó por Pressoir y Berthaud (2004) en maíz para los Valle Centrales de Oaxaca, donde había evidencias de divergencias genéticas entre poblaciones por efecto del manejo de los agricultores. En frijol la autogamia y selección del agricultor favorecen las divergencias genéticas entre poblaciones. Las siembras de frijol se hacen principalmente en terrenos de laderas y lomeríos con alta pedregosidad, donde se evita la acumulación

de agua e incidencia de posibles enfermedades, y utilizan esencialmente semillas de variantes nativas de frijol (98.1%); aunque fue notoria la presencia de variedades mejoradas pero predominan los de crecimiento indeterminado y determinado (Cuadro 4.1).

De acuerdo con las notas de campo se registró que, los diferentes tipos de frijol son consumidos tiernos como ejotes con huevo y con carne de res o secos hervidos y a veces hervidos y molidos. Las señoras entrevistadas remarcaron que tienen más preferencia por el frijol criollo porque es más rápido en tiempo de cocción y su caldo es más espeso. Uno de los platillos nativos y populares en la Chinantla, es la tortilla de yuca con frijol y por ello los frijoles locales son muy demandados. El frijol llamado nescafé, terciopelo o picapica (*Mucuna pruriens* (L.) DC.), se cultiva para integrarlo como abono verde, pero algunas veces lo consumen. Otro platillo popular es el consumo del frijol con plátano macho verde, hoja de aguacate, sal y chile.

Calabaza es el otro cultivo eje de la milpa y tonalmil, la diversidad encontrada fue diferente entre agricultores por tres o cuatro variantes donde la dureza de cáscara y forma de fruto fueron determinantes, y la siembran preponderantemente en ladera y en terrenos planos de origen aluvial (Cuadro 4.1).

Por otro lado, la agrobiodiversidad asociada a la milpa y tonalmil es de gran relevancia para las familias, puesto que en pequeños espacios de sus terrenos de laderas y zonas de planicies siembran cilantro (*Coriandrum* sp. L.), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.), yuca nativa (*Manihot esculenta* Crantz), etc., hasta 15 especies diferentes (Cuadro 4.2). Por ello, no solo el solar sino las parcelas de producción son también fuentes de granos, verduras y frutas. Adicionalmente, se preguntó acerca de las plantas silvestres recolectadas dentro o en zonas aledañas a las parcelas de cultivo; en este sentido, las especies conocidas localmente como hierbamora (*Solanum nigrum* L.), quelites (*Amaranthus* sp. L.), y huele de noche (*Cestrum nocturnum* L.), fueron las más frecuentes. También se observó que la mayor agrobiodiversidad se desarrolla en los agrosistemas de laderas (Cuadro 4.2). Todo esto crea un escenario favorable sobre facilidad de acceso a alimentos de gran variedad y en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades familiares porque

además son dos ciclos de cultivo por año, situación que en los agrosistemas templados y fríos es imposible pero en el trópico y subtropical es algo común.

**Cuadro 4.2** Plantas recolectadas por los agricultores en tres agrosistemas de producción en San Felipe Usila, Oax.

Planta intercaladas/recolectadas	Agrosistemas (Frec. obs.)			Frec. obs. (% del total)
	Ladera	Lomerío	Plano	
<i>Cultivos intercalados en los agrosistemas (<math>\chi^2 = 22.0^{**}</math>, <math>n = 169</math> lotes de producción)</i>				
Cilantro ( <i>Coriandrum sativum</i> L.)	45	2	12	59 (34.9)
Chayote ( <i>Sechium sp</i> Jacq)	4	0	1	5 (3.0)
Cebollín blanco ( <i>Allium schoenoprasum</i> L.)	13	0	1	14 (8.3)
Yuca ( <i>Manihot esculenta</i> Crantz.)	16	0	6	22 (13.0)
Pápalo ( <i>Porophyllum ruderale</i> Jacq)	0	0	1	1 (0.6)
Orégano ( <i>Origanum vulgare</i> L.)	1	0	0	1 (0.6)
Jitomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.)	24	0	6	30 (17.8)
Chile ( <i>Capsicum annuum</i> L.)	10	0	5	15 (8.9)
Chícharo ( <i>Pisum sativum</i> L.)	2	0	0	2 (1.2)
Achiote ( <i>Bixa orellana</i> L.)	4	0	0	4 (2.4)
Camote ( <i>Ipomoea batatas</i> L.)	1	0	1	2 (1.2)
Mostaza ( <i>Brassica campestris</i> L.)	3	0	0	3 (1.8)
Col de hoja ( <i>Brassica oleracea</i> L.)	3	0	0	3 (1.8)
Tepejilote ( <i>Chamaedorea oblongata</i> Mart)	6	0	2	8 (4.7)
<i>Plantas recolectadas por el agricultor (<math>X^2 = 28.3^{ns}</math> <math>n = 290</math> lotes de producción)</i>				
Hierbamora ( <i>Solanum nigrum</i> L.)	117	2	34	153 (52.8)
Quelites ( <i>Amaranthus sp</i> L.)	42	2	12	56 (19.3)
Huele de noche ( <i>Cestrum nocturnum</i> L.)	18	1	15	34 (11.7)
Verdolaga ( <i>Portulaca oleracea</i> L.)	4	1	9	14 (4.8)
Quiebra plato ( <i>Ipomoea clavata</i> G.)	9	1	6	16 (5.5)
Hoja de venado ( <i>Peperomia donaguiana</i> C. DC.)	5	0	0	5 (1.7)
Hoja santa ( <i>Piper sanctum</i> Kunth)	1	0	1	2 (0.7)
Hierba buena ( <i>Mentha spicata</i> L.)	1	0	0	1 (0.3)
Quintonil ( <i>Amaranthus crassipes</i> L.)	3	0	0	3 (1.0)
Hierba de conejo ( <i>Tridax coronopifolia</i> Kunth)	4	0	1	5 (1.7)
Guías de calabaza ( <i>Cucurbita sp</i> L.)	1	0	0	1 (0.3)

<sup>ns</sup>no significativo ( $P > 0.05$ ); <sup>\*\*</sup>significativo a  $P < 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ); Frec. obs.= frecuencia observada

En la región Chinanteca comprendida por los municipios de San Felipe Usila, San Juan Bautista Tlacuatzintepec y San Andrés Teotilalpam, los agricultores siembran dos ciclos de maíz por año; uno de temporal (primavera-verano) y otro llamado de 'tonalmil' (otoño-invierno) que utiliza las últimas lluvias del temporal y lluvias invernales y hay una relación entre la estación de siembra y el agrosistema; el ciclo de temporal se establece regularmente en ladera y la de humedad residual es

una proporción semejante tanto en ladera como en las planicies. El tamaño de los lotes de producción van de 0.5 a 1.5 ha donde el ciclo de temporal se cultiva de mayo-junio a noviembre y el de tonalmil de noviembre-diciembre a abril. Consecuentemente las floraciones o aparición de espigas son de agosto a septiembre y de febrero a marzo, con cosecha de septiembre a octubre y de abril a mayo, respectivamente; en todos los casos, hay una relación significativa entre estaciones de siembra, floración y cosecha con los agrosistemas evaluados (Cuadro 4.3). Es decir, son muy marcados los ciclos de cultivo (siembra-cosecha) de mayo a octubre en el de temporal y de diciembre a mayo el de 'tonalmil', y en términos prácticos son siembras y cosechas continuas e implican una alta dinámica poblacional en maíz, debido a que los factores de clima ejercen una fuerte presión ya que la pérdida de una cosecha implica pérdida de una población o bien conseguir entre vecinos semillas para la siembra entre los que fue menor el siniestro en cuestión; regularmente, lluvias en abundancia, escasas o irregulares.

**Cuadro 4.3** Descripción del sistema de producción de maíz con base en las respuestas de agricultores entrevistados en la Chinantla oaxaqueña.

Variables evaluadas	Agosistemas (Frec. Obs.)			Frec. obs. (% del total)
	Laderas	Lomeríos	Planicies	
<i>Condiciones de humedad para cultivar (<math>\chi^2 = 63.5^{**}</math> n = 387 lotes de producción)</i>				
Temporal	179	9	22	210 (54.3)
Humedad residual o 'tonalmil'	89	14	74	177 (45.7)
<i>Superficie sembrada en hectáreas (<math>\chi^2 = 290.6^{**}</math>, n = 276 lotes de producción)</i>				
0.25	2	0	0	2 (0.7)
0.5	71	0	2	73 (26.4)
0.7	0	0	1	1 (0.4)
1.0	89	0	5	94 (34.1)
1.5	59	0	6	65 (23.6)
2.0	26	0	1	27 (9.8)
2.5	3	0	1	4 (1.4)
3.0	10	0	0	10 (3.6)
<i>Mes de siembra (<math>\chi^2 = 80.9^{**}</math> n = 389 lotes de producción)</i>				
Mayo	54	8	2	64 (16.5)
Junio	106	2	16	124 (31.9)
Julio	20	0	1	21 (5.4)
Octubre	1	0	0	1 (0.2)
Noviembre	20	2	18	40 (10.3)
Diciembre	66	11	60	137 (35.2)
Enero	2	0	0	2 (0.5)
<i>Mes de floración (<math>\chi^2 = 90.4^{**}</math> n = 389 lotes de producción)</i>				
Enero	4	0	0	4 (1.0)
Febrero	12	1	12	25 (6.4)
Marzo	68	12	63	143 (36.8)
Abril	5	0	2	7 (1.8)
Julio	19	6	1	26 (6.7)
Agosto	108	3	17	128 (33.0)
Septiembre	44	1	2	47 (12.0)
Octubre	9	0	0	9 (2.3)
<i>Mes de cosecha (<math>\chi^2 = 104.1^{**}</math> n = 389 lotes de producción)</i>				
Febrero	2	0	0	2 (0.5)
Marzo	1	0	0	1 (0.3)
Abril	34	5	12	51 (13.1)
Mayo	48	8	62	118 (30.4)
Junio	4	0	3	7 (1.8)
Agosto	8	4	0	12 (3.0)
Septiembre	63	3	11	77 (19.8)
Octubre	74	2	7	83 (21.5)
Noviembre	21	1	2	24 (6.2)
Diciembre	14	0	0	14 (3.6)

\*\*significativo a  $P < 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ); Frec. obs.= frecuencia observada

El acceso, intercambio y almacenamiento de semilla, es otro cuello de botella, tanto para la producción como para la preservación de los recursos genéticos. En el caso de maíz en la Chinantla, los agricultores tienen serios problemas de almacenamiento por efecto de alta humedad relativa, plagas de granos y roedores, entre otros. Por lo que prefieren retrasar la cosecha y cosechar las mazorcas con totomoxtle y después hacer un almacén rústico en la milpa (53 casos), y en otros casos lo cosechan con totomoxtle (87 casos) y almacenan o bien lo deshojan, desgranar y almacenan en la casa (54 casos). Esto indica que, gran número de productores (70% de total entrevistados) prefieren almacenar su cosecha en la milpa o en su casa pero en mazorca con totomoxtle para disminuir pérdidas. Entre las principales plagas, los agricultores mencionaron al tejón (*Nasua narica* L.), mapache (*Procyon lotor* L.), tuza (*Cratogeomys* sp. R.), gorgojos (*Sitophilus zeamais* M.), palomillas (*Sitotroga cerealella* O.) y roedores de campo (*Apodemus* sp L.). No obstante, recientemente se ha incrementado el uso de silos metálicos (16.7% del total de caso) y recipientes de plástico; aun cuando prevalece el almacén rústico de amontonamiento de mazorcas con totomoxtle en casa o en la milpa. Se determinó una relación significativa ( $P < 0.05$ ) entre lugar de almacenamiento, tipos y formas de almacenamiento (Cuadro 4.4). Es decir, existen reducidas o escasas innovaciones tecnológicas adoptadas para el almacenamiento del maíz entre comunidades Chinantecas.

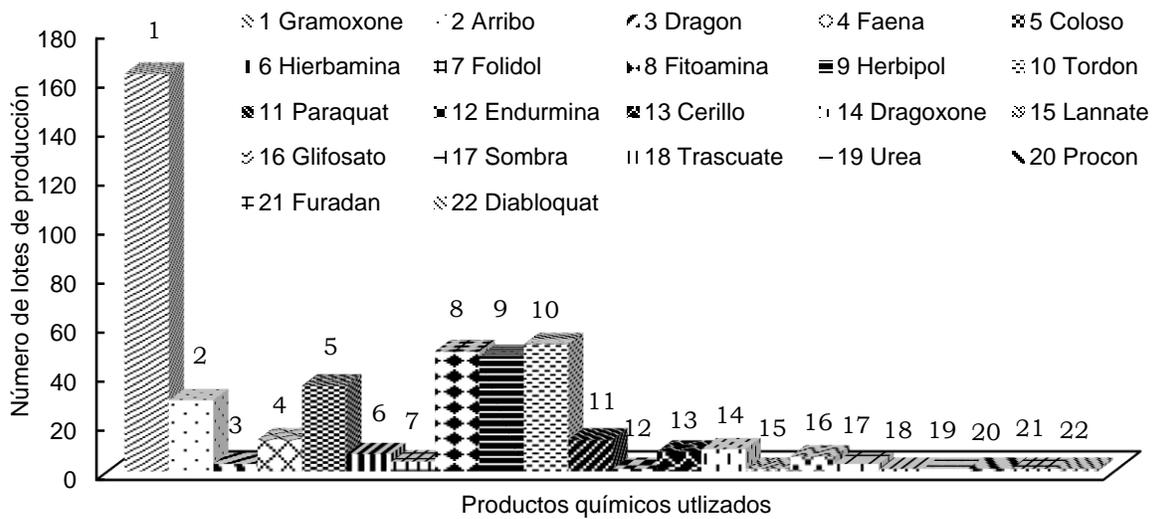
**Cuadro 4.4** Características de formas de almacenamiento del maíz después de la cosecha en tres municipios de la Chinanteca oaxaqueña.

Descripción de tipos y formas de almacenamiento	Lugar del almacén		Frec. obs. (% del total)
	Casa	Campo/milpa	
<i>Tipos de almacenamiento preferido por el agricultor (<math>\chi^2 = 15.7^{**}</math> <math>n = 200</math> lotes de semillas de maíz)</i>			
Maíz desgranado	54	6	60 (30.0)
En mazorca con totomoxtle	87	53	140 (70.0)
<i>Formas de almacenamiento (<math>\chi^2 = 20.3^{**}</math> <math>n = 198</math> lotes de semillas de maíz)</i>			
Mazorcas con hoja amontonadas o colgadas	85	52	137 (69.2)
Grano en silos metálicos	30	3	33 (16.7)
Grano almacenado en envases de plástico	10	1	11 (5.6)
Mazorcas con hoja en recipientes de plástico	2	1	3 (1.5)
Mazorcas con hoja y en costales	7	2	9 (4.5)
Mazorca sin hojas y en costales	5	0	5 (2.5)

\*\*significativo a  $P < 0.01$  (prueba de  $\chi^2$ ); Frec. obs.= frecuencia observada

Respecto al origen de la semilla empleada en la milpa, las procedencias más comunes fueron la cosecha previa y se asume como autogenerada (93 % de 200 entrevistados). En los casos en que se consiguió por donaciones, ésta provenía de la misma comunidad o en su defecto de una comunidad cercana y sólo en siete casos se comentó que habían comprado semilla pero dentro de la misma comunidad. Al preguntar sobre el tiempo que tenían en posesión y siembra continua de semilla, los agricultores respondieron que podía variar de 1 a 80 años, esto último cuando venía preservándose por dos o más generaciones de agricultores de la misma familia. En términos de poblaciones de maíces, frijol o calabaza preservados *in situ*, se puede decir que en esta región tropical se imprime una alta dinámica intergeneracional de poblaciones a través del tiempo y rápidamente pueden fijarse o perderse caracteres. Por lo que se requiere realizar estudios genéticos de mayor precisión para entender la dinámica de las poblaciones cultivadas.

Como parte del crecimiento acelerado de las poblaciones de malezas, sobreposición de generaciones de plagas y condiciones para la incidencia de enfermedades fitopatológicas, en la Chinantla los agricultores recurren al uso de agroquímicos. Así, cuando se le preguntó cuáles agroquímicos utilizan, se enumeraron 22 productos y entre los más utilizados son: Gramoxone®, Fitoamina®, Herbipol®, Tordon®, Coloso® y Arribo® (Figura 4.1). Indudablemente esto hace pensar en las serias dificultades del control de malezas porque la mayoría de productos cumple ese fin, y que no ha habido introducción de otras innovaciones tecnológicas o no han sido eficientes o económicas otras formas de control o manejo (p. ej. control manual); en las siembras de temporal son mayores los problemas por el crecimiento acelerado de malezas porque en una o dos semanas sin limpieza o descuido ya se notan las pérdidas. Aun cuando se incrementan los costos de producción para el agricultor.



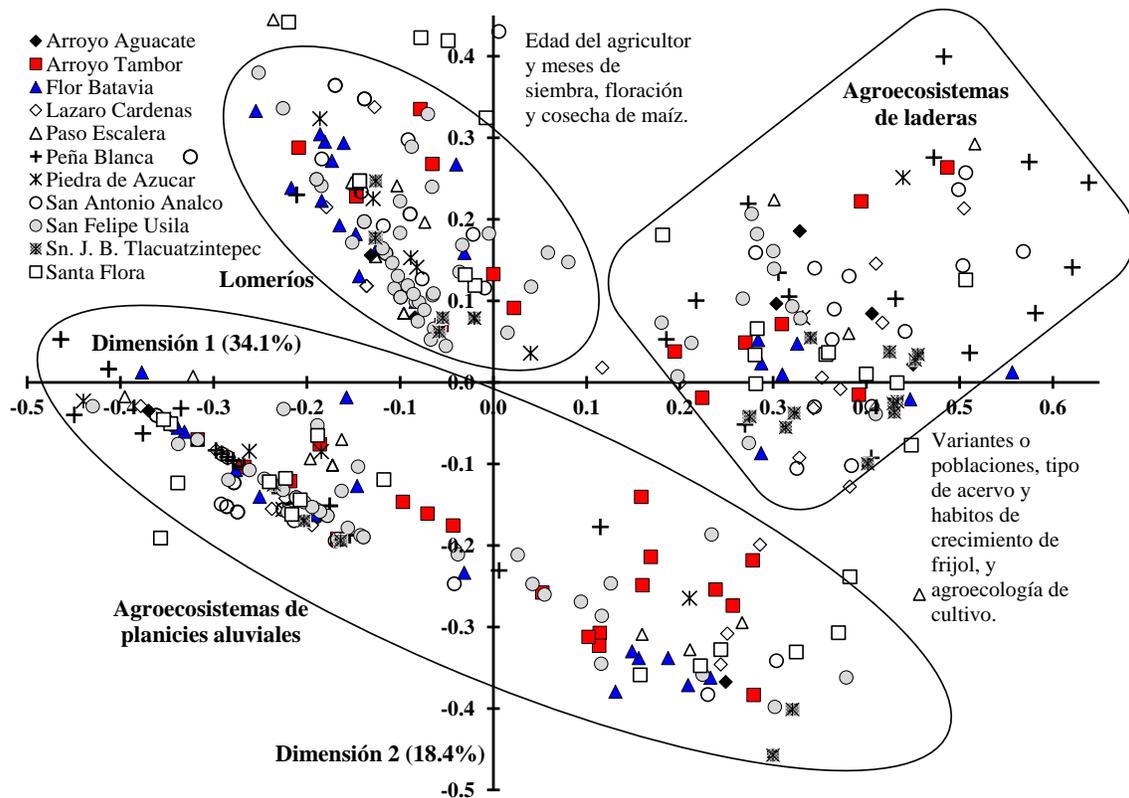
**Figura 4.1** Productos químicos de uso común entre agricultores de la Chinantla oaxaqueña.

Aunado a lo anterior, las políticas agrícolas de manejo de germoplasma, promoción de la producción o subsidios a las familias de agricultores, incidieron directa o indirectamente en el manejo de recursos genéticos de la milpa Chinanteca. Por ejemplo, a juicio de los encuestados, los problemas más comunes que impiden el mejoramiento de la producción, son: falta de programas de apoyo al campo (a pesar de que 145 de los encuestados recibieron algún tipo de apoyo federal), falta de recursos de inversión, baja fertilidad del suelo, elevado costo de los insumos, cambio de uso de suelo de agrícola a ganadero o viceversa, escasa o nula asesoría técnica e incluso la alta incidencia de teosintle entre las milpa (comunidad de Santa Flora). En forma opuesta, mencionaron que les interesa y esperan recibir apoyos hacia la mejora de la producción aunque todos quieren recibir apoyos económicos sin que necesariamente se refleje o se comprometan a incrementar la producción.

En el análisis de correspondencia múltiple se determinó que a la quinta dimensión principal, se explicó 80.1% de la variación total, en relación a la descripción de los agrosistemas de producción de la región Chinanteca comprendida entre los municipios de San Felipe Usila, San Juna Bautista Tlacuatzintepec y San Andrés Teotilálpam, Oaxaca. La primer dimensión principal (DP1) explicó 34.1% de la

variación y las variables de mayor valor descriptivo fueron el número de variedades, variantes o poblaciones (0.49 de valor propio), tipos de acervos (0.08), hábitos de crecimiento (0.14) de frijol, y condiciones agroecológicas (0.05) de la parcela de cultivo. En cambio en la segunda dimensión principal (DP2), la edad del agricultor (0.11), meses de siembra (0.20), floración (0.29) y cosecha (0.22), fueron las variables de mayor valor discriminatorio. Así, al graficar la distribución de parcelas descritas a través del cuestionario aplicado a los agricultores, se determinó que siguen patrones definidos en relación a sus cultivos, fechas de siembra, agrobiodiversidad presente, características de manejo del agricultor, e indica que corresponden tanto a la orografía del sitio como al manejo, esto es: terrenos de planicies aluviales, laderas de pronunciadas pendientes y lomeríos escarpados con abundante pedregosidad (Figura 4.2).

En los agrosistemas de laderas fueron determinantes la ubicación de las comunidades que se encuentran a mayor altitud (hasta 496 msnm) y en zonas más accidentadas como Peña Blanca, San Juan Bautista Tlacuatzintepec, San Antonio Analco y Flor Batavia. En los agrosistemas de lomeríos se ubicaron las comunidades de Piedra de Azúcar y Lázaro Cárdenas, principalmente; y los agrosistemas de planicies de los terrenos de las riberas del río Usila; San Felipe Usila, Arrollo Tambor, Paso Escalera, Santa Flora y Arroyo Aguacate. En estos agrosistemas de producción converge una alta biodiversidad y no solo en número de especies cultivadas; son los sitios de conservación local de agrobiodiversidad, la que es imprescindible para la obtención de alimentos.



**Figura 4.2** Dispersión de las parcelas de producción en el plano formado por las dos dimensiones principales del análisis de correspondencia múltiple, de acuerdo con las características descriptivas señaladas por agricultores Chinantecos (n = 389).

En el sistema milpa en sus variantes de terrenos de planicie, lomeríos y laderas, se siembran 30 variedades distinguidas por los agricultores a través de nombres o rasgos distintivos, 12 cultivos sembrados o tolerados y 13 especies de recolección. Esto hace que, en estos espacios se recombinen y cree la agrobiodiversidad local. Mediante este balance documentado a través de entrevistas a 200 agricultores de la región Chinanteca, es posible señalar que son los espacios a donde deben orientarse las estrategias de conservación *in situ* de la agrobiodiversidad. Es decir, un agricultor de estas regiones maneja dos, tres, cuatro y hasta cinco veces más la agrobiodiversidad que maneja un agricultor del centro norte de México y en una superficie no mayor a 3 hectáreas. La lista de cultivos del presente estudio se comparó con los reportados por Atran *et al.* (2004), en la que se contabilizaron 47 especies diferentes en la milpa.

Resalta el hecho de que en todas las comunidades queda representado un grupo de cuatro cultivos esenciales para la alimentación: una gramínea (el maíz), una leguminosa (el frijol), una cucurbitácea (las calabazas) y un cultivo de raíz (yuca), los cuales corresponden con el concepto de milpa. Este tipo de cultivos múltiples puede adoptar variantes diferentes en función del agrosistema, y reportará también múltiples beneficios tanto para la producción rápida de alimentos como para la biodiversidad del entorno en el que se ubican las parcela de producción (Frison *et al.*, 2011).

#### 4.4 CONCLUSIONES

En la región Chinanteca comprendida en los municipios San Felipe Usila, San Juan Bautista Tlacuatzintepec y San Andrés Teotilápam, Oaxaca, se diferenciaron tres agrosistemas de producción denominados como lomeríos, laderas y planicies de origen aluvial. La edad de los agricultores promedio es de 52 años con una edad máxima de 89 años, sus agrosistemas de laderas, presentaron una relación significativa ( $P < 0.05$ , prueba de  $\chi^2$ ), con los tipos de acervos genéticos (p. ej. variantes nativas versus mejoradas), los cultivos intercalados, los meses de siembra, floración, cosecha del maíz, y formas de almacenamiento del grano y mazorcas.

En las parcelas de producción se siembran, cultivan y recolectan hasta 58 especies y las milpas presentan como ejes de producción; maíz (cinco variantes), frijol (21 variedades y poblaciones nativas), calabaza (cuatro variantes) y yuca (dos a tres variantes). Se realizan dos ciclos de cultivo por año; milpa de temporal con siembras de mayo a junio y milpa de humedad residual o tonalmil con siembras en diciembre. En el análisis de correspondencia se determinaron tres patrones de cultivo y corresponden a los terrenos localizados en zonas de planicies, lomeríos y laderas, aquí denominados agrosistemas de producción. El almacenamiento de maíz se realiza en mazorcas con totomoxtle ya sea en la casa o en el propio terreno de cultivo debajo de un techo de lámina o palma. Uno de los cuellos de botella de la producción es el control de malezas para lo que utilizan hasta 20 herbicidas diferentes.

#### 4.5 BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, J., C. Illsley y C. Marielle (2007)** Los sistemas agrícolas de maíz y sus procesos técnicos. *In: Sin Maíz no hay País*. G. Esteva y C. Marielle (Coords.), Dirección General de Culturas Populares e indígenas del Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F. pp:83-122.
- Aguilar-Jiménez, C.E., A. Tolón-Becerra and X. B. Lastra-Bravo (2011)** Agri-environmental evaluation of traditional and alternative corn production systems in Chiapas, México. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 112:71-86.
- Altieri M.A. and C.I. Nicholls (2004)** An agroecological basis for designing diversified cropping systems in the tropics. *Journal of Crop Improvement* 11:81-103.
- Atran, S., X. Lois, and E. Ucan E. (2004)** Plants of the Petén Itzá Maya. *Memoirs of the Museum of Anthropology, U. of Michigan.*, Number 38, Ann Arbor, Michigan.
- Bermeo A., S. Couturier and M.G. Pizaña (2014)** Conservation of traditional smallholder cultivation systems in indigenous territories: Mapping land availability for milpa cultivation in the Huasteca Poblana, Mexico. *Applied Geography* 53:299–310.
- de Frence A. and N. Poole (2008)** Constructing livelihoods in rural Mexico: *Milpa* in Mayan culture. *The Journal of Peasant Studies* 35:335-352.
- de Teresa A. P. (1999)** Población y recursos en la región chinanteca de Oaxaca Desacatos [en línea], (primavera): [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2014] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13900110>>
- Fahrig L., J. Girard, D. Duro, J. Pasher, A. Smith, S. Javorek, D. King, K.F. Lindsay, S. Mitchell and L. Tischendorf (2015)** Farmland with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 200:219-234.
- Frison A. E., Ch. Jeremy, and T. Hodgkin (2011)** Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability*, 3(1): 238-253.
- García, E. (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 p.

- Guillén-Pérez L.A., C. Sánchez-Quintanar, S. Mercado-Domenech y H. Navarro-Garza (2002)** Análisis de atribución causal en el uso de semilla criolla y semilla mejorada de maíz. *Agrociencia* 36:377-387.
- Gliessman S.R. (2007)** Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. 384 p.
- Herrera C., B. E., F. Castillo G., J. J. Sánchez G., J. M. Hernández C., R. Ortega P., M. M. Goodman (2004)** Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- INEGI (2008)**. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Jackson L.E., U. Pascual and T. Hodgkin (2007)** Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 121:196-210.
- Jackson L., M. van Noordwijk, J. Bengtsson, W. Foster, L. Lipper, M. Pulleman, M. Said, J. Snaddon, and R. Vodouhe (2010)** Biodiversity and agricultural sustainability: from assessment to adaptive management. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2:80-87.
- Kruijssen F., M. Keizer and A. Giuliani (2009)** Collective action for small-scale producer of agricultural biodiversity products. *Food Policy* 34:46-52.
- Louette D. and M. Smale. (2000)** Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113:25-41.
- Moonen A. C. and P. Bárberi (2008)** Functional biodiversity: An agroecosystem approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127:7-21.
- Nadal A. and H. Garcia R. (2011)** Environmental impact of change in production strategies in tropical Mexico. *Journal of Sustainable Agriculture* 35:180-207.
- Navarro-Garza, H., M. Hernández-Flores, F. Castillo-González y M.A. Pérez-Olvera (2012)** Diversidad y caracterización de maíces criollos. Estudio de caso en sistemas de cultivo de la Costa Chica de Guerrero, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 9:149-165.
- Ortiz Pérez, M. A., J. R. Hernández Santana y J. M. Figueroa Mah-Eng. (2004)**. Reconocimiento fisiográfico y geomorfológico. *In: Biodiversidad de Oaxaca*. A. J. García-Mendoza, M. J. Ordoñez y M. A. Briones Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund. México. 43-54 pp.

- Ortiz-Timoteo J., O.M. Sánchez-Sánchez y J.M. Ramos-Prado (2014)** Actividades productivas y manejo de la milpa en tres comunidades campesinas del municipio de Jesús Carranza, Veracruz, México. *Polibotánica* 38:173-191.
- Perales, R.H., S.B. Brush and C.O. Qualset. (2003)** Landraces of maize in central Mexico: An altitudinal transect. *Economy Botany* 57:7-20.
- Perfecto I and J. Vandermeer (2008)** Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: A new conservation paradigm. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134:173-200.
- Pressoir, G. and J. Berthaud (2004)** Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92:91-101.
- Rogé P., A.R. Friedman, M. Astier and M.A. Altieri (2014)** Farmer strategies for dealing with climatic variability: A case study from the Mixtec Alta region of Oaxaca, Mexico. *Agroecology and Sustainable Food Systems* 38:786-811.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2014)** Anuario estadístico de la producción agrícola 2013. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, México, D.F. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consultado el 16 de enero de 2015).
- Statistical Analysis System (SAS) (2000)** Statistics Analysis system. Software Release 8.1. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Sunderland, T.C.H. (2011)** Food security: why is biodiversity important? *International Forestry Review* 13:265-274.
- Thrupp, L.A. (2000)** Linking agricultural biodiversity and food security: The valuable role of agrobiodiversity for sustainable agriculture. *International Affairs* 2:265-281.
- Toledo V.M., B. Ortiz-Espejel, L. Cortés, M. Moguel and M.J. Ordoñez (2003)** The multiple use of tropical forest by indigenous peoples in Mexico: A case of adaptive management. *Conservation Ecology* 7(3):9, en: [URL:http://www.consecol.gov/vol7/iss3/art9](http://www.consecol.gov/vol7/iss3/art9).
- Trueba, A.J. (2012)** Semillas mexicanas mejoradas de maíz: su potencial productivo. Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. 132 p.
- Vandermeer J., M. van Noordwijk, J. Anderson, C. Ong and I. Perfecto (1998)** Global change and multi-species agroecosystems: Concepts and issues. *Agriculture Ecosystems and Environment* 67:1-22.

**Velasco A., E. Durán, R. Rivera y D.B. Bray (2014)** Cambios en la cobertura arbolada de comunidades indígenas con y sin iniciativas de conservación, en Oaxaca, México. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía-UNAM* 83:56-74.

**Vigouroux, Y., A. Barnaud, N. Scarcelli, and A.C. Thuillet (2011)** Biodiversity, evolution and adaptation of cultivated crops. *Comptes Rendus Biologies* 334:450–457.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES GENERALES**

Con los resultados de esta investigación se concluye que existe importante diversidad genética en poblaciones de maíces nativos con grano de color blanco, amarillo y azul colectadas en La Chinantla Baja, y evaluados en el municipio de San Felipe Usila, Oaxaca. Mediante el análisis de conglomerados, se determinaron seis grupos fenotípicos de diversidad en función del origen geográfico comunitario de las poblaciones, caracteres de espiga, grano, planta y mazorca, y se determinaron patrones diferenciales entre poblaciones de grano blanco y las pigmentadas lo que nos indica que estas poblaciones pueden agruparse en primera instancia en variantes de las razas; Tepecintle y Tuxpeño, con influencia de complejos raciales asociados a la ubicación regional geográfica.

La colección de poblaciones nativas de maíz caracterizadas y evaluadas, presentaron diferencias significativas entre grupos de color de grano y entre poblaciones dentro de grupos en caracteres fisiológicos, de planta, mazorca, grano, espiga y rendimientos de grano. Se determinaron diferencias de respuestas entre ciclos de cultivo; en primavera-verano se registraron mayores valores promedio, incluyendo rendimiento, que en otoño-invierno, en este último se presentaron con menores precipitaciones pluviales. En el análisis de componentes principales, se determinó que los caracteres altura de planta y mazorca, longitud y número de hileras en mazorca, longitud total y de la parte ramificada de la espiga, tamaño de grano y relación altura de planta/altura de mazorca, fueron las variables de mayor valor descriptivo de la varianza fenotípica total.

La frecuencia de complejos raciales encontrados en este estudio sugiere que actualmente las poblaciones cultivadas de maíz no son puras en términos de pertenecer a una sola raza; por el contrario, muestran combinaciones de características morfológicas de dos o más razas. Probablemente, son el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre poblaciones vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores, mediante

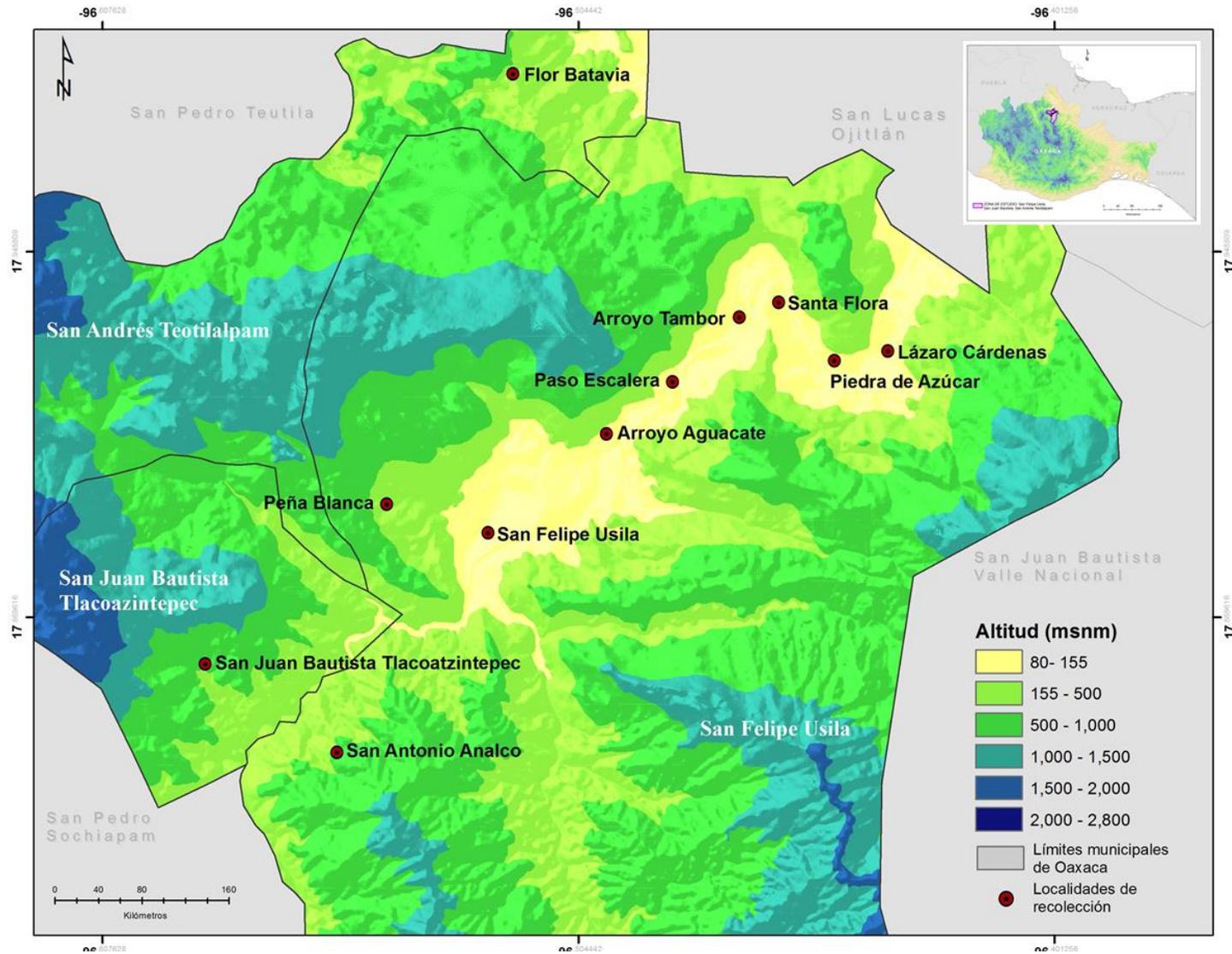
el intercambio de semillas ya sea entre vecinos o con agricultores de regiones muy apartadas.

De la evaluación de poblaciones nativas de maíz con grano azul, amarillo y blanco, en dos estaciones de cultivo, se determinó que, entre grupos poblacionales de color de grano difieren significativamente ( $P < 0.05$ ) para las variables agromorfológicas; hubo interacción significativa de grupos de poblaciones con ciclos de primavera-verano y otoño invierno, para número de hileras en mazorca, ancho y grosor de grano, y rendimiento. En términos de rendimiento promedio en ambas estaciones de cultivo, las poblaciones más estables, con rendimientos iguales o superiores a  $2.5 \text{ t/ha}^{-1}$ : AM-Z2, AM-B34 y AM-E16, entre las poblaciones de maíces amarillos; en azules AZ-U17 y AZ-B31; y en blancos BC-Z17, BC-Z3 y BC-U26. Si se interpreta a las poblaciones como una muestra representativa del universo de poblaciones de maíz nativo del área de estudio, se puede escribir que la detección del 30% de las poblaciones con mayor potencial de rendimiento en experimentos sencillos, puede aumentar el potencial productivo de esa área en más del 20%.

Los agricultores de San Felipe Usila conservan sus variedades criollas de maíz realizando un manejo tradicional que les permite una gran diversidad morfológica, influenciada principalmente por la selección de semilla, al mismo tiempo cada productor, preserva *in situ* una compleja agrobiodiversidad de acuerdo al tiempo y necesidades familiares. Se diferenciaron tres agrosistemas de producción denominados como de lomeríos, laderas y planicies de origen aluvial, los agrosistemas de laderas, principalmente, presentaron una relación significativa ( $P < 0.05$ , prueba de  $\chi^2$ ), con los tipos de acervos genéticos, los cultivos intercalados, los meses de siembra, floración y cosecha del maíz, y formas de almacenamiento del grano y mazorcas. En el análisis de correspondencia se determinaron tres patrones de cultivo y corresponden a los terrenos localizados en zonas de planicies, lomeríos y laderas, aquí denominados agrosistemas de producción.

ANEXOS

ANEXO I. Identificación del área de estudio.



**ANEXO II.** Identificación de poblaciones de maíces nativos colectados en la región de La Chinantla, Oaxaca, 2013

Pobn	Identif.	Raza primaria	Municipio	Localidad	Color de grano	Donante	Altitud (msnm)
1	A1	Tepecintle	San Felipe Usila	San Antonio Analco	Blanco	Vicenta Juan Albino	489
2	A2	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Antonio Analco	Azul	-	489
3	A3	Tepecintle	San Felipe Usila	San Antonio Analco	Amarillo	Juana Lorenzo Carbajal	489
4	A4	Tepecintle	San Felipe Usila	San Antonio Analco	Azul	Alberto Velasco Juan	493
5	A5	Tepecintle	San Felipe Usila	San Antonio Analco	Amarillo	Alberto Velasco Juan	493
6	C6	Tepecintle	San Juan Bautista Tlacoatzintepec	San Juan Bautista Tlacoatzintepec	Amarillo	Domingo Régules Avendaño	475
7	C7	Tepecintle	San Juan Bautista Tlacoatzintepec	San Juan Bautista Tlacoatzintepec	Blanco	Antonia Pablo Régules	469
8	E8	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Carmen Roque Martínez	82
9	E9	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Manuel Isidro Feliciano	92
10	E10	Tuxpeño	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Wenceslao Bejarano Flores	85
11	E11	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Felicitas Manuel Sabina	114
12	E12	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Wilfrido Flores Juan	26
13	E13	Tuxpeño	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Gonzalo Antonio Margarito	113
14	E14	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Amarillo	Adolfo Hipólito Antonio	107
15	E15	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Blanco	Adolfo Hipólito Antonio	107
16	E16	Tepecintle	San Felipe Usila	Paso Escalera	Amarillo	Darío Margarito Miguel	112
17	Z17	Tepecintle	San Felipe Usila	Congregación Piedra de Azúcar	Blanco	Anselmo Santiago Medinilla	88
18	Z18	Tuxpeño	San Felipe Usila	Congregación Piedra de Azúcar	Blanco	Salvador Manuel Santiago	166
19	T12	Tepecintle	San Felipe Usila	Arroyo Tambor	Amarillo	Gertrudis Andrés Medinilla	78
20	T13	Tuxpeño	San Felipe Usila	Arroyo Tambor	Blanco	Gertrudis Andrés Medinilla	78
21	U14	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Blanco	Faustino Lorenzo Isidro	118
22	U15	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Blanco	Rachel Ojeda de Dios	113
23	U16	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Blanco	Marino Alejandro Pedro	108
24	U17	Tepecintle	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Azul	Edmundo Lucas García	114
25	P18	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Amarillo	José Cruz Dionisio	381
26	P19	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Blanco	José Cruz Dionisio	381

*Anexos*

Pobn	Identif.	Raza primaria	Municipio	Localidad	Color de grano	Donante	Altitud (msnm)
27	P20	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Amarillo	Emilio Lorenzo Cristóbal	419
28	P21	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Amarillo	Céfora Félix Martínez	429
29	P22	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Blanco	Juana López	425
30	P23	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Blanco	Pedro Hilario Martínez	401
31	P24	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Azul	Raymunda Mendoza	485
32	P25	Tepecintle	San Felipe Usila	Peña Blanca	Blanco	Raymunda Mendoza	485
33	U25	Tepecintle	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Azul	Joel Isidro Inocente	119
34	U26	Tepecintle	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Blanco	Joel Isidro Inocente	114
35	U27	Tepecintle	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Amarillo	Domingo Pedro Antonio	121
36	U28	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Blanco	Andrés Lucas Pantoja	127
37	T29	Tepecintle	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Amarillo	Silvano Martínez Martínez	94
38	B30	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Amarillo	Alejandro Martínez Lozano	473
39	B31	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Azul	Liborio Olivera Eugenio	496
40	B32	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Amarillo	Liborio Olivera Eugenio	496
41	B33	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Blanco	Liborio Olivera Eugenio	496
42	B34	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Amarillo	Damián Ortiz Velaza	474
43	B35	Tepecintle	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Azul	Damián Ortiz Velaza	474
44	B36	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Blanco	Damián Ortiz Velaza	474
45	Z-2	Tepecintle	San Felipe Usila	Piedra de Azúcar	Amarillo	Miguel Santiago Acosta	102
46	Z-3	Tuxpeño	San Felipe Usila	Piedra de Azúcar	Blanco	Miguel Santiago Acosta	102
47	T4	Tuxpeño	San Felipe Usila	Arroyo Tambor	Azul	Palmira Martínez Mariscal	94
48	T5	Tuxpeño	San Felipe Usila	Arroyo Tambor	Blanco	Silvano Martínez Martínez	94
49	U1	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Amarillo	Eutimio Palacios Martínez	100
50	U6	Tuxpeño	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Blanco	Ángel Sánchez Ruiz	100
51	U7	Tepecintle	San Felipe Usila	San Felipe Usila	Azul	Ángel Sánchez Ruiz	100
52	L37	Tuxpeño	San Andrés Teotilápam	Flor Batavia	Blanco	-	490

### ANEXO III. Plantilla de encuestas

Núm. identificación: \_\_\_\_\_  
 Nombre del agricultor: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_  
 Dirección del agricultor: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_  
 Localidad: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_  
 Latitud: \_\_\_\_\_ Longitud: \_\_\_\_\_ Altitud: \_\_\_\_\_ msnm

1. Tipo de agroecosistema:

Ladera \_\_\_\_\_

Lomerío \_\_\_\_\_

Plano \_\_\_\_\_

2. Cultivo:

Único \_\_\_\_\_

Asociado \_\_\_\_\_ Cuales: \_\_\_\_\_

3. Diversidad genética de la milpa:

MAÍZ: Que tipos (señalar con: N=nativo, H=híbrido, VM=variedad mejorada):

A. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

B. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

C. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

E. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

F. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

G. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

Forma de consumo: \_\_\_\_\_

FRIJOLE: Que especies (señalar con: N=nativo, VM=variedad mejorada):

A. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

a. Guía: \_\_\_\_\_ Semiguía: \_\_\_\_\_

Mata: \_\_\_\_\_

B. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

a. Guía: \_\_\_\_\_ Semiguía: \_\_\_\_\_

Mata: \_\_\_\_\_

C. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

a. Guía: \_\_\_\_\_ Semiguía: \_\_\_\_\_

Mata: \_\_\_\_\_

D. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

a. Guía: \_\_\_\_\_ Semiguía: \_\_\_\_\_

Mata: \_\_\_\_\_

Forma de consumo: \_\_\_\_\_

CALABAZAS: Que tipos (señalar con: N=nativo, H=híbrido, VM=variedad mejorada):

A. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

- B. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_  
 C. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_  
 D. \_\_\_\_\_ donde lo siembra: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

Forma de consumo: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

OTROS CULTIVOS:

Aprovechamiento de plantas silvestres o toleradas:

- A. \_\_\_\_\_ donde colecta: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_  
 B. \_\_\_\_\_ donde colecta: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_  
 C. \_\_\_\_\_ donde colecta: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_  
 D. \_\_\_\_\_ donde colecta: Ladera: \_\_\_\_\_ Lomerío: \_\_\_\_\_ Plan: \_\_\_\_\_

Forma de consumo: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

4. Condiciones predominantes de cultivo:

Temporal: \_\_\_\_\_ Riego: \_\_\_\_\_ Humedad residual: \_\_\_\_\_

5. Superficie aproximada de cultivo (ha):

Ladera: \_\_\_\_\_

Mes de siembra: \_\_\_\_\_ Mes de floración: \_\_\_\_\_ Mes de cosecha: \_\_\_\_\_

Plano: \_\_\_\_\_

Mes de siembra: \_\_\_\_\_ Mes de floración: \_\_\_\_\_ Mes de cosecha: \_\_\_\_\_

Lomerío: \_\_\_\_\_ :

Mes de siembra: \_\_\_\_\_ Mes de floración: \_\_\_\_\_ Mes de cosecha: \_\_\_\_\_

6. Manejo de semillas: Maíz

Donde almacena: Campo: \_\_\_\_\_ Casa: \_\_\_\_\_ No almacena: \_\_\_\_\_

Como almacena:

Grano: \_\_\_\_\_ Con hoja: \_\_\_\_\_ Sin hoja: \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_

Envases de plástico/otro: \_\_\_\_\_ Silos metálicos: \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

Criterio de selección de semilla: Campo: \_\_\_\_\_ Almacén: \_\_\_\_\_

Principales problemas de almacenamiento: \_\_\_\_\_

Tipos que resisten más a plagas: \_\_\_\_\_ Sequía: \_\_\_\_\_

Origen de la semilla: Propia: \_\_\_\_\_ Regalada: \_\_\_\_\_ Comprada: \_\_\_\_\_ Intercambio: \_\_\_\_\_

Misma comunidad: \_\_\_\_\_ mercado regional: \_\_\_\_\_  
 Precio: \_\_\_\_\_

Cuántos años lleva sembrando la misma semilla:

\_\_\_\_\_

Programas de apoyo recibido: Federal: \_\_\_\_\_ Estatal: \_\_\_\_\_ Municipal: \_\_\_\_\_

Reciben asesoría técnica: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Les gustaría recibirla: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

La consideran necesaria: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_

Utiliza herbicidas: Si: \_\_\_\_\_ No: \_\_\_\_\_ Cuales: \_\_\_\_\_

Con que frecuencia: \_\_\_\_\_

Tres problemas principales de la producción de maíz:

1: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Sugerencias que podrían mejorar su situación

1: \_\_\_\_\_

2: \_\_\_\_\_

3: \_\_\_\_\_