



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS

CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA
REGIONAL

**LOS MAICES NATIVOS PIGMENTADOS DEL ORIENTE
DE MORELOS PARA EL DESARROLLO LOCAL:
CARACTERÍSTICAS SOCIOTECNOLÓGICAS,
FÍSICOQUÍMICAS Y COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO**

ELIZABETH BROA ROJAS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

PUEBLA, PUEBLA

2018



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO- VERACRUZ

CAMPUE- 43-2-03

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

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, la que suscribe **Elizabeth Broa Rojas**, alumna de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Néstor Gabriel Estrella Chulim**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis: **Los maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos para el desarrollo local: características sociotecnológicas, fisicoquímicas y comportamiento agronómico** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registradas a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y la que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, México, 10 de diciembre de 2018.

Elizabeth Broa Rojas

Vo.Bo. Dr. Néstor G. Estrella Chulim
Profesor Consejero

La presente tesis, titulada: **Los maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos para el desarrollo local: características sociotecnológicas, fisicoquímicas y comportamiento agronómico**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS

ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:



DR. NÉSTOR G. ESTRELLA CHULIM

ASESOR:



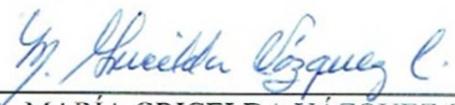
DR. BENITO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR:



DR. JOSÉ HILARIO HERNÁNDEZ SALGADO

ASESORA:



DRA. MARÍA GRICELDA VÁZQUEZ CARRILLO

ASESOR:



DR. GREGORIO BAHENA DELGADO

Puebla, Puebla, México, 10 de diciembre del 2018

LOS MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS DEL ORIENTE DE MORELOS PARA EL
DESARROLLO LOCAL: CARACTERÍSTICAS SOCIOTECNOLÓGICAS,
FISICOQUÍMICAS Y COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO

Elizabeth Broa Rojas, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

En México el maíz es un cultivo de valor económico, social y cultural; a pesar de lo anterior su producción es deficiente y para aumentarla, se ha sembrado germoplasma mejorado con la consiguiente pérdida de las semillas nativas. El objetivo de la presente investigación fue describir las características sociotécnicas, y descubrir las fisicoquímicas y el comportamiento agronómico de maíces nativos pigmentados (MNP) colectados en los municipios de Temoac y Ayala, Morelos, como elementos para la promoción del desarrollo local. El trabajo de investigación se desarrolló en dos fases: campo y laboratorio. En la primera, se realizó una colecta, un seguimiento de parcelas, aplicación de cuestionarios y entrevistas a profundidad a productores para conocer la situación sociotécnica del cultivo, así como una evaluación del rendimiento de grano y sus componentes en dos ambientes. En la segunda fase, se realizaron análisis de laboratorio para conocer sus características fisicoquímicas; en ambas fases para seleccionar los materiales más sobresalientes. Los resultados evidencian la importancia del cultivo para las familias campesinas; los productores son minifundistas, de edad avanzada y baja escolaridad, la producción se realiza para satisfacer necesidades alimenticias. Se encontraron poblaciones con rendimiento superiores a las 3 t ha⁻¹, divididas en diferentes estratos de precocidad. También existen poblaciones promisorias en cuanto a calidad de la proteína, antocianinas y valor nutracéutico. Las características sociotécnicas, el potencial productivo y las cualidades fisicoquímicas pueden dar valor agregado a los MNP.

Palabra clave: Maíces nativos pigmentados, calidad de la proteína, potencial productivo.

THE NATIVE PIGMENTED MAIZE FROM THE EAST OF MORELOS TO THE LOCAL
DEVELOPMENT: SOCIOTECHNOLOGICAL, PHYSICOCHEMICAL CHARACTERISTICS
AND AGRONOMIC BEHAVIOR

Elizabeth Broa Rojas, D.C.

Colegio de Postgraduados, 2018

In Mexico, corn is a crop of economic, social and cultural value; In spite of the above, its production is deficient and to increase it, improve germplasm has been planted with the consequent loss of native seeds. The objective of the present investigation was to describe the sociotechnical characteristics, and discover the physicochemical characteristics and agronomic behavior of pigmented native maizes (NPM) collected in the municipalities of Temoac and Ayala, Morelos, as elements for the promotion of local development. The research work was carried out in two phases: field and laboratory. In the first one, a collection was carried out, parcels were monitored, questionnaires were applied and in-depth interviews were carried out with producers to know the sociotechnical situation of the crop, as well as an evaluation of the performance of grain and its components in two environments. In the second phase, laboratory analyzes were performed to know their physicochemical characteristics; in both phases, the most outstanding ones were selected. The results show the importance of the crop for the peasant families; the producers are smallholders, of advanced age and low schooling, production is carried out to satisfy nutritional needs. Populations with grain yield higher than 3 t ha^{-1} were found, divided into different precocity strata. Also, there are promising populations in terms of protein quality, anthocyanins and nutraceutical value. The sociotechnical characteristics, the productive potential and physicochemical qualities can give added value to the NPM.

Key words: Pigmented native maize, protein quality, productive potential.

A **Dios** nuestro señor, por cada una de las pruebas que ha puesto en mi camino y por todo el amor que siempre me ha brindado el cual me ha dado la fortaleza necesaria para afrontarlas aún en los momentos de mayor desánimo y dolor.

A la **Virgen** de Guadalupe, por ser una madre protectora y consoladora, por guiar cada uno de mis pasos y darme la fortaleza para levantarme de cada una de mis caídas.

A mis **queridos padres** por todo el apoyo y el amor que me dan. Te amo mamá, eres un ser hermoso, una gran luchadora y ejemplo a seguir. Doy gracia a dios por tenerte a mi lado.

A ti **mi sol** por tu gran corazón y todo lo que has hecho para ayudarme, por tus consejos, tus palabras de aliento, por tus regaños. Por iluminar mi vida con tu presencia. Sin duda alguna, eres un hombre maravilloso.

A mis **queridos ángeles** que están en el cielo guiándome, su recuerdo estará por siempre en mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme proporcionado los recursos económicos para realizar mis estudios de Doctorado en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados, Campus Puebla por ser una vez más la institución que me brindó todos los medios para continuar con mi formación académica.

A todos los académicos del Campus Puebla que me impartieron clase, muchas gracias por todas sus enseñanzas, por su amistad, paciencia y todo el apoyo en resolución de dudas para lograr la acreditación satisfactoria de sus materias.

Y a los académicos que no me dieron clase pero siempre me brindaron su apoyo también les agradezco que se hayan tomado el tiempo para preguntarme sobre mi trabajo y orientarme sobre las dudas que me surgían.

A la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, por las facilidades prestadas para la realización de mi proyecto de investigación.

A los catedráticos que integraron mi consejo particular:

Dr. Néstor Gabriel Estrella Chulim, mi consejero, una gran persona a quien tuve la oportunidad de conocer durante mis estudios de maestría. Primero por haber aceptado ser mi consejero y capitán del barco. Sé que desde un principio para los dos fue un gran reto el trabajar en este proyecto de investigación, pero gracias a su experiencia y compromiso supo formar un grupo de trabajo excelente e idóneo para obtener el resultado final que es la obtención del grado. De todo corazón le agradezco su disposición para compartir conmigo un poco de su gran experiencia, su orientación y por qué no hasta sus regaños. Estoy consciente que en estos años

de trabajar juntos hemos tenido momentos muy críticos pero gracias a su sencillez como persona, su compromiso y a que teníamos un objetivo en común logramos superar las etapas difíciles. Quizá no fui la alumna adecuada para trabajar con usted pero toda mi vida le estaré agradecida por no haber declinado a trabajar conmigo; por los momentos de enojo, de presión y llamados de atención que tuvo hacia mi persona porque gracias a todo eso he logrado terminar mis estudios y obtener el grado académico.

Dra. María Gricelda Vázquez Carrillo, asesora, una gran dama y un gran ejemplo a seguir, la prueba misma de que la sencillez no está peleada con los logros profesionales. Agradezco infinitamente que haya aceptado trabajar conmigo sin ni siquiera conocerme. Así mismo, por todo el apoyo económico, físico e intelectual que durante la etapa de laboratorio siempre me brindó. Y por todo su apoyo moral a lo largo de mí programa de doctorado y después del mismo, por sus consejos tan sabios y sus palabras de ánimo en momentos tan difíciles que como persona he experimentado, los cuales sin duda contribuyeron para no declinar y llegar a esta etapa de culminación y obtención del grado. Toda mi vida estaré agradecida con Dios de haberle conocido.

Dr. Gregorio Bahena Delgado asesor y un gran amigo, al que una vez más embarqué en este viaje el cual aceptó sin dudar. Sin duda alguna ha sido la brújula en esta etapa de mi vida, agradezco todas las enseñanzas, los regaños, las palabras de aliento, su paciencia, el apoyo económico, físico, intelectual y moral que siempre me ha brindado. Por ayudarme a levantarme de mis caídas, aliviar el dolor de mi corazón cuando ha estado lastimado y animarme a seguir adelante. Por todo esto y muchas cosas más, siempre estaré agradecida con Dios por haberle puesto en mi camino.

Dr. Benito Ramírez Valverde asesor y una muy excelente persona. Agradezco infinitamente su disposición a formar parte de mi consejo académico, así como todo el apoyo que me brindó en la elaboración de cuestionarios, y en el análisis e interpretación de los resultados. La cual ha sido la etapa que quizá me ha costado mayor trabajo elaborar pero gracias a su gran apoyo y sencillez se pudo realizar. Le agradezco también las horas dedicadas a la revisión de los documentos, su paciencia y sus palabras de aliento en momentos difíciles para poder lograr la obtención del grado.

Dr. José Hilario Hernández Salgado asesor, amigo y una gran persona a quien tuve la oportunidad de conocer durante mis estudios de maestría en donde se inició un lazo de amistad. Por su sencillez y todo el apoyo que me brindó desde la etapa de elaboración del protocolo de tesis para ingresar al Campus. Por todos sus consejos y enseñanzas, el tiempo dedicado a la revisión del documento final y las palabras de aliento que siempre me brindó en momentos difíciles para poder culminar esta etapa de mi vida.

Dr. Enrique Ortiz Torres sinodal, agradezco infinitamente en primer lugar el haber aceptado formar parte del consejo particular en la fase final para la obtención del grado académico. Así mismo, por todo el apoyo que me brindó en la revisión de mi documento, por su gran sencillez y disposición de tiempo para compartir conmigo un poco de su gran experiencia en el análisis e interpretación de resultados del experimento de evaluación de ambientes. Siempre le estaré muy agradecida.

Dr. Alfonso Macías Laylle sinodal, agradezco su amabilidad para aceptar formar parte de mi Consejo Particular en la fase final para la obtención del grado académico. También, por todo el

apoyo que me brindó en la revisión de mi documento, y sus acertados comentarios encaminados a la mejora del documento final.

Ing. María de la Luz Marrufo colaboradora del Laboratorio de Maíz del INIFAP-CEVAMEX, una excelente persona y gran mujer a la cual agradezco a Dios haber puesto en mi camino. Gracias a todos sus consejos y enseñanzas se pudo realizar la etapa de laboratorio satisfactoriamente. Mi más sincero reconocimiento por la gran amabilidad con la que siempre me trató, su disposición para aclarar mis dudas y capacitarme en el manejo de los instrumentos y equipo de laboratorio. Y por su gran compromiso para el trabajo de investigación y para mi persona. Agradezco ser merecedora de su amistad, la cual es recíproca.

Lic. Jorge Rugeiro Alvarado profesor del área de idiomas Campus Puebla. Una gran persona al cual le agradezco infinitamente la disposición a trabajar con nosotros en la preparación para el examen de TOEFL. Gracias a todas las horas de trabajo, de presión, a sus palabras de ánimo, y de regaño mis compañeros y yo logramos obtener el puntaje para poder iniciar los trámites de titulación.

A los trabajadores administrativos del Campus Puebla: Alma, Javier, Lulú, Karina, Abigail, Contadora Karina y Mago, por todo el apoyo que durante mi estancia en el colegio me brindaron, en la realización de trámites y búsqueda de información.

A mis compañeros Anita Pérez, Dolores Castañeda, Ciro Aquino, Araceli, Lina, Nila Marcial, Anita Fragoso, les agradezco su amistad sincera y sus palabras de aliento en momentos difíciles.

Muy especial agradecimiento a mi querida amiga **Dra. Adriana Vázquez García**, por su valiosísima ayuda al revisar y aportar grandes ideas a mi artículo científico. Quizá fue hasta el

final de nuestra formación cuando nuestra amistad maduró y se convirtió en un lazo muy fuerte gracias a que compartimos miedos, angustias y alegrías. Agradezco a Dios que nos haya cruzado en el camino (desde la maestría) y también porque al final las dos logramos cumplir nuestro objetivo de ser doctoras en ciencias.

A los Sres. Inés y Celestino Barreto, Amancio Sánchez, Francisco Valderrama, José Nieves, Anastacio Vázquez, Eufemio Hernández, Nabor Pinzón, Noé Martínez, Sixto Rivera, Virginio Vidal, Refugio Romero, Alejandro Morán, Gerardo y Javier España, Francisco Ramírez del municipio de Temoac y los Sres. Pascual Jiménez, Juan Broa, Jacobo santos, Víctor Montes, Dalio Galindo, Juan Moreno, Jesús Aragón, Mauricio Reyes, Natalio Campos, Arturo Moreno y Brígido Javier del municipio de Ayala, así como a sus esposas e hijos. Los cuales fueron un elemento clave para que esta investigación se pudiera realizar, específicamente en la etapa de seguimiento de parcelas y aplicación de cuestionarios. Agradezco profundamente el apoyo y disposición que tuvieron para conmigo y mi trabajo de investigación, que a pesar de no conocerme, confiaron en mí, me abrieron las puertas de su casa y en muchas ocasiones me invitaron a compartir sus sagrados alimentos. Y con los cuales tuve la dicha de establecer lazos de amistad que han perdurado a través del tiempo.

De manera muy especial al señor **Esteban Velázquez** y toda su familia, pues desde el inicio creyeron en el proyecto y me brindaron su apoyo incondicional y el cual me prestó su tierra para el establecimiento del experimento de evaluación de poblaciones nativas en el municipio de Temoac. Además, es un ejemplo vivo de sencillez, amistad sincera y amabilidad.

Al Ing. Jesús Reyes Broa, C. David Reyes Broa y C. Guillermo Bahena, por su amistad y su gran apoyo en la realización del trabajo de campo.

A mis hermanos Aarón David y Salvador Broa Rojas, primos, tíos, sobrinos y abuelitos, por creer en mí, darme todo su apoyo y compartir conmigo momentos alegres y difíciles.

A la M.C. Elizabeth Ibarra Sánchez, colega, amiga y cuñada, agradezco su amistad y su apoyo. Por estar a mi lado en momentos de mucha alegría y de mucha tristeza, ayudarme a levantarme de las caídas y brindarme consejos en momentos de confusión y desesperanza. Una vez más agradezco a Dios que seas la hermana que tanto quise tener.

A las señoras **Rosa María Tejeda Hernández y Luz Tejeda Hernández,** por todo su apoyo y palabra de ánimo. Especialmente a la **Sra. Belén Tejeda Hernández** por ser una segunda madre para mí y estar conmigo en momentos importantes de mi vida y darme palabras de aliento en momentos de angustia.

De manera general agradezco a todas las personas que han creído en mí y me han demostrado afecto, apoyo y me han brindado su amistad sincera, agradezco a dios y a la vida el haberlos puesto en mi camino. Así mismo, agradezco a todas las personas que me han lastimado y que no han creído en mí porque gracias a eso he adquirido madurez y fortaleza, mis bendiciones para todos ellos.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Marco de referencia general	5
Investigaciones realizadas sobre MNP	5
Desarrollo y Desarrollo Local.....	15
Diseño de la investigación: problema, objetivos e hipótesis, metodología general	21
Problema de investigación.....	21
Objetivos.....	23
Hipótesis	24
Metodología general.....	25
Área de estudio	25
Descripción de los municipios de estudio	27
Proceso metodológico	27
Literatura citada	31
CAPÍTULO 1. CAMPESINOS Y TECNOLOGÍA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ NATIVO PIGMENTADO EN TEMOAC Y AYALA, MORELOS, MÉXICO	43
1.1 Resumen	43
1.2. Abstract.....	44
1.3. Introducción	44

1.4. Materiales y métodos.....	46
1.4.1. Descripción del área de estudio.....	46
1.4.2. Técnicas de investigación.....	47
1.4.3. Variables evaluadas y análisis estadístico.....	48
1.5. Resultados y discusión.....	48
1.5.1. Características de los productores de maíz nativo pigmentado.....	48
1.5.2. Producción de Maíz Nativo Pigmentado.....	50
1.5.3. Tecnología aplicada al cultivo de MNP.....	54
1.5.4. Futuro del cultivo de MNP en Temoac y Ayala, Morelos.....	63
1.6. Conclusiones.....	63
1.7. Literatura citada.....	64
CAPITULO 2. PRECOCIDAD Y RENDIMIENTO DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS (<i>Zea mays</i> L.) DE LA REGIÓN ORIENTE DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO.....	71
2.1. Resumen.....	71
2.2. Abstract.....	72
2.3. Introducción.....	73
2.4. Materiales y métodos.....	74
2.4.1. Material genético.....	74
2.4.2. Localidades de evaluación.....	75

2.4.3. Diseño experimental	76
2.4.4. Manejo agronómico	76
2.4.5. Variables registradas.....	77
2.4.6. Análisis estadístico	78
2.5. Resultados y discusión	78
2.5.1. Análisis de varianza combinado.....	78
2.5.2. Comparación de medias con base en el análisis combinado.....	85
2.5.3. Variabilidad de maíces nativos pigmentados en función de su precocidad.....	87
2.5.4. Análisis de correlación.....	100
2.6. Conclusiones	100
2.7. Literatura citada	101
CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y CALIDAD DE LA PROTEÍNA DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS DEL ORIENTE DE MORELOS EN DOS AÑOS DE CULTIVO	104
3.1. Resumen	104
3.2. Abstract.....	105
3.3. Introducción	106
3.4. Materiales y métodos.....	109
3.4.1. Germoplasma estudiado.....	109
3.4.2. Características físicas y químicas del grano	109

3.4.3. Análisis estadístico	111
3.5. Resultados y discusión	111
3.5.1. Características físicas y químicas de los granos.....	113
3.5.2. Calidad de la Proteína.....	119
3.6. Conclusiones	123
3.7. Literatura citada	124
PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE DESARROLLO LOCAL PARA PRODUCTORES DE MAÍCES NATIVOS PGMENTADOS EN EL ORIENTE DE MORELOS.....	131
Componente 1: Problema y objetivo.....	131
Componente 2: Plan de acciones - actividades.....	132
Etapa 1. Selección de materiales sobresalientes, incremento de semilla y mejoramiento genético.....	132
Etapa 2. Producción y distribución de semilla para su siembra con productores clave ..	134
Etapa 3. Formación de dos microempresas comunitarias para la venta y distribución de MNP y procesamiento	135
Componente 3: Recursos.....	137
Recursos humanos.....	137
Recursos financieros	139
Recursos tecnológicos	139
Recursos de Tierra.....	140

Componente 4: Incertidumbre y riesgo	140
Literatura citada	141
DISCUSIÓN GENERAL	142
CONCLUSIONES GENERALES	148
ANEXOS	150

LISTA DE CUADROS

INTRODUCCIÓN GENERAL

Cuadro 1. Ubicación de las siete comunidades de estudio..... 26

CAPÍTULO 2

Cuadro 1. Sitio y año de colecta de poblaciones de MNP evaluadas en Temoac y Ayala, Morelos, ciclo PV 2016..... 75

Cuadro 2. Descripción agro-climatológica de los municipios de evaluación de MNP en el oriente de Morelos. 76

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia para variables evaluadas en MNP del oriente de Morelos..... 79

Cuadro 4. Análisis de varianza individual del ambiente Temoac en variables evaluadas en MNP del oriente de Morelos..... 80

Cuadro 5. Análisis de varianza individual del ambiente Ayala en variables evaluadas en MNP del oriente de Morelos..... 81

Cuadro 6. Comparación de medias de 86 poblaciones de MNP evaluadas en dos ambientes del oriente de Morelos. 86

Cuadro 7. Valores promedio de algunas variables evaluadas en poblaciones ultraprecoces de un grupo de MNP evaluados en dos localidades del oriente de Morelos. 89

Cuadro 8. Valores promedio de algunas variables evaluadas en poblaciones precoces de un grupo de MNP evaluados en dos localidades del oriente de Morelos.	91
Cuadro 9. Valores promedio de variables evaluadas en poblaciones semiprecoces de un grupo de maíces Nativos Pigmentados evaluados en dos localidades del Oriente de Morelos.	93
Cuadro 10. Valores promedio de variables evaluadas en poblaciones intermedias de un grupo de maíces Nativos Pigmentados evaluados en dos localidades del Oriente de Morelos.	95
Cuadro 11. Valores promedio de variables evaluadas en poblaciones tardías y ultratardía de un grupo de maíces Nativos Pigmentados evaluados en dos localidades del Oriente de Morelos.	97

CAPÍTULO 3

Cuadro 1. Raza y localidades de colecta de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos, México.....	110
Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia para características físicas, químicas y calidad de la proteína de maíces nativos pigmentados del Oriente de Morelos.....	114
Cuadro 3. Efecto del ciclo de cultivo en características físicas, químicas y calidad de la proteína en MNP del oriente de Morelos, México, PV- 2014 y PV-2015.....	116
Cuadro 4. Calidad nutricional y características fisicoquímicas de poblaciones sobresalientes de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos.	123

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN GENERAL

Figura 1. Ubicación del área de estudio. 25

CAPÍTULO 1

Figura 1. Superficie de cultivos agrícolas en los municipios de Temoac y Ayala, Morelos. ... 51

Figura 2. Prácticas agrícolas realizadas en el cultivo de MNP en Temoac y Ayala, Morelos. . 59

CAPÍTULO 2

Figura 1. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo ultraprecoz evaluadas en dos localidades del oriente de Morelos. 90

Figura 2. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo precoz evaluadas en dos localidades del oriente de Morelos. 91

Figura 3. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo semiprecoz evaluadas en dos municipios del oriente de Morelos. 94

Figura 4. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo intermedio evaluadas en dos municipios del oriente de Morelos. 96

Figura 5. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo tardío y ultratardío evaluadas en dos municipios del oriente de Morelos. 99

CAPÍTULO 3

Figura 1. Aspecto del pericarpio, germen y endospermo de una población roja (A) y azul (B) de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos.	112
Figura 2. Interacción ciclo de cultivo por población en el índice de flotación de poblaciones rojas (A) y Azules (B) de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos, México.....	115
Figura 3. Temperatura (A) y precipitación (B) en Temoac y Ayala, Morelos en los años 2014 y 2015. Fuente: CONAGUA, 2016.	117
Figura 4. Contenido de aceite y proporción de germen en maíces nativos pigmentados del oriente del estado de Morelos, México.....	118
Figura 5. Antocianinas totales en poblaciones de maíces rojos (A) y azules (B) de la región oriente del estado de Morelos en los ciclos 2014 y 2015.....	121
Figura 6. Triptófano e índice de Calidad de la proteína en poblaciones de maíces nativos pigmentados del oriente del estado de Morelos, México.	122

INTRODUCCIÓN GENERAL

México es considerado el centro de domesticación del maíz y uno de los principales centros de diversidad (Wellhausen *et al.*, 1951; Sánchez *et al.*, 2000; CONABIO, 2010) al identificarse más de 60 razas de las 250 que existen en toda América (Centurión *et al.*, 2016); entre las cuales se pueden encontrar maíces de color blanco, azul, negro, rojo, morado, rosa, crema o cremoso, así como razas específicas como el maíz Cacahuacintle, maíz pozolero (o ancho) y maíz Palomero (López *et al.*, 2016).

A este cultivo se le atribuye importancia desde el punto de vista alimenticio, económico, social e industrial, pues contribuye al sostenimiento alimenticio de la población mexicana con el 69 % de consumo programado de la producción del país (Vázquez, 2010). Su cultivo se realiza en dos ciclos productivos: primavera-verano y otoño-invierno, bajo las más diversas condiciones agroclimáticas de humedad (temporal y riego) (Rincón *et al.*, 2010).

Los pequeños agricultores del país, en su mayoría indígenas y campesinos, son quienes continúan manteniendo la diversidad del maíz en sus campos, en sus solares y en sus huertos; hay consenso respecto a que la diversidad del maíz está disminuyendo y que dicha tendencia continúa. La conservación *in situ* del maíz no está dictada solamente por el aspecto económico, sino por todo un complejo entramado de costumbres, conocimientos, gustos y necesidades subjetivas (Cortés, 2010).

Durante el proceso de selección se ha venido enfatizando el mantenimiento de los caracteres deseables presentes en las variedades nativas, incluyendo la adaptación a condiciones adversas, buena cobertura de la mazorca, el tamaño y color del grano, y la calidad culinaria para la elaboración de tortillas y otros alimentos, entre otras. Muchas de las características deseables de

las variedades nativas, son el resultado del mejoramiento realizado por los agricultores desde la antigüedad; estos atributos son los que determinan la enorme preferencia de estas variedades por la gran mayoría de los productores de la región de Mesoamérica (Rosas *et al.*, 2006).

El maíz sigue siendo parte fundamental en la dieta de las familias rurales en donde se continúan sembrando principalmente maíces nativos, los cuales, como resultado de la domesticación, se encuentran adaptados a condiciones ambientales específicas y adecuadas a una amplia diversidad de usos (Warburton *et al.*, 2008). Su cultivo y producción utiliza casi la tercera parte de la superficie total cultivable en el país y es de suma importancia para más de 3 millones de campesinos (Turrent *et al.*, 2012). Así mismo, se calcula un consumo promedio *per cápita* de 276.9 kg/anales del cereal (SIAP, 2016), el cual es consumido en diferentes formas, pero principalmente en tortilla, la cual aporta el 70% del total de calorías, cerca de 50% de las proteínas y 49% del calcio (González, 2016).

A pesar de que el maíz es el grano más importante para la población mexicana, desde el punto de vista alimenticio, México ha dejado de ser autosuficiente en la producción del mismo, a tal grado que se ha convertido en un importador. El país ocupa el primer lugar como importador de maíz en el mundo y ha incrementado la dependencia alimentaria con Estados Unidos, al pasar de 9.8 millones de toneladas en el ciclo 2011-2012 a 14.7 millones en 2017, hasta alcanzar 16 millones 500 mil toneladas en el ciclo 17/18 (Álvarez, 2012; Ramírez, 2017). El aumento del déficit obedece a la inadecuada estrategia gubernamental que prefiere importar grano en lugar de producirlo, bajo el argumento de que el precio internacional en términos relativos es menor al costo nacional (Espinosa *et al.*, 2008).

Los maíces nativos pigmentados son empleados en la elaboración de platillos específicos que no pueden hacerse con los maíces mejorados, pues poseen cualidades especiales. Al respecto, Keleman y Hellin (2013) señalan que los maíces para especialidades son aquellos maíces nativos que son utilizados para elaborar alimentos considerando las características físicas y químicas que poseen. Así mismo, dichos maíces tienen mayor valor por su tradicional modo de producción, sus características culinarias, por su color, textura y sabor.

En este sentido, la evaluación de características físicoquímicas y del potencial productivo que poseen los maíces nativos pigmentados es algo fundamental para la identificación de genotipos potenciales que puedan ser utilizados para el diseño de estrategias de producción encaminadas al aprovechamiento de las cualidades específicas que dichos materiales poseen y con ello sentar las bases para su revalorización y contribuir al desarrollo económico.

La presente tesis está estructurada en seis apartados: en el primero de ellos, presentado como introducción general incluye una revisión documental acerca de los referentes bibliográficos sobre los diferentes tipos de estudios realizados en maíces nativos pigmentados en México y, en la parte final se enlistan de manera general los referentes teóricos conceptuales para esta investigación. Así mismo, se aborda el problema de investigación, los objetivos e hipótesis generales, a partir del inicio del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y el desplazamiento de cultivo y de semilla que este originó al querer revolucionar la agricultura tradicional a una del tipo empresarial en el agro mexicano, lo que en el medio rural esto no fue adoptado. En la parte final, se señala de manera general la metodología empleada en la realización del trabajo de investigación, describiendo en primer lugar, el área de estudio así como los métodos y técnicas empleados durante el desarrollo del mismo. El enfoque de la investigación fue mixto durante las dos fases en las que se dividió: campo y laboratorio. La fase

de campo se realizó en dos etapas, realizando una exploración etnobotánica y una posterior evaluación agronómica de los materiales colectados. En la fase de laboratorio, se realizaron análisis sobre las características físicas y composición química de los materiales colectados.

El segundo apartado incluye la parte referente a los resultados generales de la investigación y se presenta en forma de capítulos: en el primer capítulo se muestra lo relacionado a la descripción de la unidad de producción y tecnología empleada en el cultivo de MNP en los municipios de estudio. El segundo capítulo expone los resultados de la evaluación del rendimiento de grano y sus componentes en un grupo de poblaciones de MNP en dos ambientes. Mientras que en el capítulo tres se presenta la evaluación del efecto del ciclo de cultivo en características físicoquímicas y calidad de la proteína de MNP colectados en dos años de cultivo en los municipios de Temoac y Ayala, Morelos.

El tercer apartado incluye una propuesta de estrategia encaminada al rescate y producción de maíces nativos pigmentados en el Oriente de Morelos. Mientras que el apartado cuatro aborda la discusión general en la cual se verifican las hipótesis planteadas; el quinto apartado presenta las conclusiones generales tomando como referencia los resultados obtenidos en las dos fases de la investigación. Por último, el apartado seis incluye algunos anexos como tablas, cuestionarios empleados para la obtención de información.

Marco de referencia general

Investigaciones realizadas sobre MNP

Importancia y uso del cultivo

México es centro de diversidad del maíz, pues se han descrito poco más de 59 razas de maíz nativo (Wellhausen *et al.*, 1951; Sánchez *et al.*, 2000; CONABIO, 2010). Estas razas de maíz muestran variantes de grano pigmentado las cuales deben su color a pigmentos como carotenoides (amarillos), así como los que tienen pigmentos del tipo antociano (rosa pálido, rojos, morados, azul, hasta llegar al negro), compuestos presentes en el pericarpio y en la capa de aleurona o en ambas estructuras del grano (Salinas, 2010).

Cuando los maíces nativos son utilizados para elaborar algún producto en específico por sus características físicas y químicas son llamados también maíces para especialidades (Keleman y Hellin, 2013); incluyen los maíces de colores (azul, negro, rojo, morado, etc.), el “pozolero”, Cacahuacintle, Ancho, Palomero, entre otros (López *et al.*, 2016). Mismos que son apreciados por las características culinarias que presentan las cuales están en función del color, la textura y el sabor que presentan así como de su uso en la preparación de una gran variedad de platillos típicos (Hellin *et al.*, 2013).

Aunado a lo anterior, actualmente a nivel mundial se ha presentado un fenómeno de uso de maíces para la extracción del pigmento, el cual tiene un sinnúmero de usos en la industria farmacéutica, cosmética y de alimentos, ya que al ser naturales proveen múltiples beneficios a las personas que los consumen (Delgado, 2016).

Por otra parte, no hay estadísticas oficiales actuales acerca de la producción mundial y nacional de los maíces pigmentados, debido principalmente a que este tipo de maíces son producidos por agricultores de subsistencia, en pequeñas superficies, y la mayor parte de su producción es para autoconsumo (Bello *et al.*, 2016). Aunado a lo anterior, la siembra del maíz nativo está disminuyendo, debido, entre otros factores, a que no encuentran un nicho de mercado apropiado, por lo que el precio que se paga es castigado (Trujillo, 2003).

Gaytán *et al.* (2013) señalan que de continuar dicha tendencia, en poco tiempo los maíces nativos podrían perder el carácter de maíces especializados y no tendrían características propias que los distingan de los demás maíces, lo que causaría una importante pérdida de diversidad genética. Motivo por el cual recomienda que además de evaluar los aspectos botánicos, genéticos, agronómicos, citológicos o descriptores fenotípicos de la mazorca o grano, se estudien las características físicas, químicas, térmicas y de calidad nixtamalera, así como su relación con el uso final (Narváez *et al.*, 2007).

Hay que mencionar, además que existe un mercado potencial para la comercialización de maíces nativos de México, desarrollando productos de especialidades con valor agregado y calidad para incursionar en el mercado nacional e internacional (López *et al.*, 2016).

Por todo lo antes expuesto, en los últimos años, a nivel mundial se ha despertado un interés en diversos estudios sobre maíces nativos pigmentados. A continuación se detallan algunas investigaciones realizadas en México, las cuales han cimentado las bases para generar información sobre este recurso genético tanpreciado.

Exploraciones de germoplasma nativo

A través del tiempo, las poblaciones nativas de maíz han servido de base para el desarrollo de las variedades modernas de polinización libre y de híbridos alrededor del mundo. A pesar de ello, existen otras más que no han sido usadas para este fin y podrían contener alelos útiles aún sin explotar (Castro *et al.*, 2013). Es por ello, que en algunos estados de México, se han realizado investigaciones encaminadas a coleccionar y evaluar poblaciones de maíz nativo, algunas de éstas se detallan a continuación:

Castro *et al.* (2013) realizaron una colecta de poblaciones nativas de maíz en las regiones centro y sur de Tamaulipas, para su conservación, su futura caracterización y aprovechamiento en diferentes programas de mejoramiento genético. En total coleccionaron 215 poblaciones nativas en 17 municipios, en las cuales se observó una amplia variabilidad fenotípica en características de mazorca y grano.

Acosta *et al.* (2014) realizaron una colecta de maíz nativo en el estado de Nuevo León, para su conservación *ex situ* y futuro aprovechamiento en diferentes programas de investigación. Obteniendo una muestra de 135 poblaciones de maíz nativo en el sistema de producción de temporal en tres regiones fisiográficas del estado.

Reveles *et al.* (2014) realizaron una colecta de maíces nativos de secano en Zacatecas con la finalidad de conservar y evaluar el grado de diversidad genética actual de los mismos. En total coleccionaron 166 muestras e identificaron que pertenecían a ocho razas.

Estudios sobre caracterización morfológica y diversidad genética

Otro tipo de estudios que se han realizado en poblaciones nativas de maíz, son los encaminados a la caracterización morfológica, diversidad genética y el comportamiento agronómico, empleando para ello en algunos casos técnicas modernas como marcadores moleculares. En relación a esto, Núñez y Escobedo (2015), señalan que los trabajos de caracterización permiten, precisar y cuantificar qué tan variable es un recurso genético, lo cual es un aspecto clave para la gestión de programas de mejoramiento o de conservación *in situ* y *ex situ* de dicho recurso. A continuación se presentan algunos estudios realizados en México:

Rodríguez *et al.* (2012) identificaron la variabilidad fenotípica y molecular de poblaciones de maíz pinto Amarillo y Liebre en Nuevo León. Los resultados evidenciaron la diversidad genética de las poblaciones de la zona norte del estado considerando características agronómicas, las cuales se pueden considerar como un criterio para realizar un programa de mejoramiento a futuro.

González *et al.* (2013) caracterizaron la diversidad genética interpoblacional e interracial de 196 accesiones de maíz tropical originarios de 21 estados mexicanos, que representan 20 razas, con el uso de 30 SSRs, para ampliar el conocimiento sobre la diversidad presente y con ello, contribuir al planteamiento de estrategias de conservación, caracterización y uso de las mismas en mejoramiento genético.

Guillén *et al.* (2014) caracterizaron la diversidad morfológica del maíz nativo que se siembra en Tabasco, México, encontrando diversidad en las colectas la cual a recomendación de los autores, debe conservarse y aprovecharse en programas de mejoramiento genético.

González *et al.* (2018) realizaron una exploración y analizaron la diversidad genética del altiplano Tamaulipeco, con la finalidad de conocer la distribución y variación morfológica de las variantes nativas de maíz. Obtuvieron en total 91 muestras de las cuales registraron los datos pasaporte, realizaron una caracterización morfológica, identificando 11 razas de maíz, siendo la predominante la raza ratón. Señalan que la diversidad encontrada puede estar asociada al intercambio de semilla que realizan los productores y a la diversidad ecológica regional así como preferencias.

Vaquera *et al.* (2005) colectaron y caracterizaron morfológicamente 132 poblaciones nativas de la región del Istmo de Tehuantepec correspondientes a la raza Zapalote Chico (120) y a otras razas descritas (12). Revelaron la presencia de variación genética a nivel raza y entre poblaciones de la raza Zapalote Chico.

Rocandio *et al.* (2014) analizaron la diversidad morfológica y agronómica de siete razas de maíz nativo cultivadas en los Valles Altos Centrales de México y registraron las características que describen la variación encontrada.

Contreras *et al.* (2016) Determinaron el grado de diferenciación morfológica entre poblaciones nativas de maíz cultivadas en la región sur de la Sierra Nororiental y precisaron las posibles relaciones con las razas reportadas para la región. Reportaron una amplia variabilidad morfológica entre los maíces de la región de estudio e identificaron poblaciones nativas afines a las razas Chalqueño y Cónico.

Estudios sobre el potencial agronómico y rendimiento de grano

Pérez *et al.* (2007) evaluaron el vigor inicial y su relación con el rendimiento de grano y sus componentes en 28 poblaciones de maíz de la raza Chalqueño encontrando una correlación positiva entre las mismas. Así mismo, las poblaciones del Valle de Chalco fueron las que obtuvieron un mejor rendimiento de grano.

Martín *et al.* (2008) evaluaron el rendimiento de grano y otras características de importancia agronómica en 86 maíces nativos colectados en el noroccidente de México. Otro de los objetivos fue conocer la interrelación de 127 maíces nativos mediante características morfológicas y conocer la relación de este grupo de maíces con maíces mejorados y los representativos de la raza Tabloncillo misma que predomina en la región. Identificaron tres poblaciones que presentaron rendimientos de grano comparables con los mejorados, así como materiales precoces en la localidad más restrictiva en cuanto a humedad. También evidenciaron que los maíces empleados para usos especiales tuvieron mayores rendimientos pero fueron tardíos, con alturas de planta superiores y bajo porcentaje de mazorca.

Nájera *et al.* (2010) evaluaron agronómicamente y determinaron el potencial de rendimiento de grano de 90 poblaciones de maíces criollos recolectados en el Estado de Coahuila. Los resultados mostraron diferencias entre grupos y en la interacción grupos x ambientes, para floración masculina y rendimiento de grano; también encontraron diferencias entre poblaciones dentro de grupos y en poblaciones dentro de grupo x ambientes. Identificaron tres grupos según su adaptación a las localidades y seis poblaciones que mostraron estabilidad a través de ambientes. Los grupos raciales con mayor potencial de rendimiento fueron Tuxpeño, Tuxpeño Norteño y Ratón.

Pecina *et al.* (2011) evaluaron los cambios en el rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones nativas de Tamaulipas en ambientes contrastantes en altitud y temperatura, para seleccionar poblaciones sobresalientes para ser utilizadas como fuente de genes para aumentar la diversidad genética en Valles Centrales de México y en Tamaulipas.

Arellano *et al.* (2014) evaluaron el rendimiento de grano y características agronómicas, analizaron el comportamiento de las variedades en función de múltiples caracteres, determinaron la estabilidad del rendimiento de grano y seleccionaron las variedades sobresalientes en función de múltiples caracteres y estabilidad del rendimiento de grano en una muestra de 24 variedades de maíz criollo azul de la raza Chalqueño.

Sánchez *et al.* (2015) evaluaron los rendimientos de forraje y grano e identificaron tomando como base algunas características fenotípicas el tipo de raza al que pertenecían ocho variedades nativas colectadas en Tabasco e identificaron las potencialidades productivas de las mismas.

Tadeo *et al.* (2015) evaluaron la capacidad productiva de dos maíces criollos en comparación con dos híbridos, bajo dos fechas de siembra y dos diferentes fechas de cosecha y definieron las unidades calor que se acumulan en las diferentes fechas de cosecha y la madurez fisiológica de este tipo de maíces.

Palemón *et al.* (2017) realizaron una colecta de maíces en la región de Tierra Caliente, Guerrero encontrando diversos tipos de maíces cultivados, entre ellos nativos, los cuales presentan un buen potencial genético en cuanto a rendimiento de granos y sus componentes.

Santiago *et al.* (2017) evaluaron el rendimiento de grano y el comportamiento agronómico de cuatro poblaciones de maíz Tuxpeño seleccionado para adaptación a Valles Altos y de cuatro cruces de una población con variedades de la raza local Chalqueño.

Estudios relacionados con las características físicas, composición química y calidad proteínica

Vidal *et al.* (2008) determinaron la calidad proteínica con base en contenidos de proteína, lisina y triptófano de 45 colectas de maíces nativos colectados en la región serrana de Nayarit de 2003 a 2006. Como resultado, identificaron 24 colectas que pueden aportar más de 50 % de los requerimientos diarios de lisina, cinco accesiones contribuyeron con más de 50 % de las exigencias de triptofano, entre las que destacan las colectas de grano azul. Concluyen que en general, la calidad proteínica de los maíces evaluados es nutricionalmente aceptable.

Vázquez *et al.* (2010) definieron la calidad del grano y tortilla de 26 maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, Hidalgo, México, e identificaron las razas sobresalientes para la industria de la masa y la tortilla. Dichas accesiones incluían las razas Elotes Cónicos, Chalqueño, Cónico, Tuxpeño, Arrocillo, Celaya, Tabloncillo, Ratón, Pepitilla, Cacahuacintle, Palomero Toluqueño, Olotillo, Elotes Occidentales, Cónico Norteño y Bolita. Los cuales se caracterizaron por presentar una variedad de colores (desde negros hasta blancos), tamaños (de grandes a pequeños) y dureza (muy suave hasta duros), así como altos porcentajes de pedicelo y pericarpio, y baja proporción de germen. Los autores señalan que algunas de estas variables limitan su procesamiento en la industria de la masa y la tortilla.

Agama *et al.* (2011) señalaron las propiedades físicas y químicas del grano maíz azul proveniente de las razas Tabloncillo del estado de Sinaloa y Chalqueño de Tlaxcala y Estado de

México, además caracterizaron morfológicamente los gránulos del almidón de su endospermo. Los autores encontraron que las diferencias principales entre las dos razas fueron su tamaño de grano, índice de flotación y contenido de antocianinas, destacando la raza Chalqueño.

Salinas *et al.* (2012b) determinaron las características físicas del grano, el contenido de antocianinas (CAT) y el valor nutracéutico, en términos de la actividad antioxidante (AA), en poblaciones de maíces pigmentados del Estado de Chiapas, México pertenecientes a las razas Olotillo, Olotón, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño y Zapalote Grande. Como resultado obtuvieron que la raza Olotillo tiene ventajas para ser aprovechada en la elaboración de productos alimenticios en los que se requiera alta concentración de antocianinas y textura de grano dura.

Vera *et al.* (2012) evaluaron el contenido de proteína, lisina y triptófano en una colecta de 70 muestras de maíz nativo de la Mixteca Oaxaqueña. Derivado de las cuantificaciones, encontraron diferencias en el contenido de proteína, lisina y triptófano del grano, entre y dentro de grupos de colectas de diferente color de grano (amarillo, azul, blanco, rojo y pinto). Así mismo, detectaron una colecta como promisorio debido a que fue estadísticamente igual al testigo en triptófano y lisina y lo superó en contenido de proteína.

Salinas *et al.* (2013b) caracterizaron física y químicamente el grano de 61 colectas de maíz (*Zea mays* L.) azul/morado asociadas a 10 razas procedentes de regiones tropicales y subtropicales del Estado de Oaxaca, México, como resultado encontraron que en el trópico predominaron las razas de grano duro (Elotes Occidentales, Olotillo y Tepecintle) e intermedio (Conejo y Tuxpeño), en tanto que en el subtrópico fueron las de dureza intermedia. La mayor variabilidad en CAT se presentó entre las razas del trópico, en aceite y proteína no hubo diferencia entre

razas, excepto en Bolita cuyas colectas de grano duro tuvieron más proteína que las de grano suave. Concluyen que la caracterización física y química del grano de las diferentes razas permite identificar aquellas con la calidad requerida para su aprovechamiento industrial.

Estudios sobre el contenido, variabilidad y actividad antioxidante de antocianinas

Otro tipo de estudios relevantes sobre maíces pigmentados han sido sobre el contenido, ubicación y estabilidad de las antocianinas que presentan, algunos estudios más específicos señalan la actividad antioxidante:

Espinosa *et al.* (2009) evaluaron la capacidad de acumulación de antocianinas en granos F1 de las cruzas posibles de seis poblaciones criollas con color de grano purpura, azul, morado, rojo, amarillo y blanco. Encontraron que el contenido total de antocianinas estuvo relacionado con el color de grano, de forma tal que los más oscuros tuvieron la mayor concentración, con base en el número y el peso de los granos. El tamaño de la aleurona y su contenido de antocianinas en la semilla de la generación F1 varió entre cruzas por efecto de la aptitud combinatoria general (ACG) y de los efectos maternos (EM), principalmente.

Salinas *et al.* (2012a) analizaron 18 muestras de grano de maíz azul/morado (*Zea mays* L.) de las razas Chalqueño, Elotes Cónicos y Bolita para determinar su contenido de antocianinas, fenoles solubles totales, actividad antioxidante, color y tamaño de grano. También determinaron el perfil cromatográfico de sus antocianinas y agliconas. Como resultado indicaron que debido al contenido alto de antocianinas y un perfil cromatográfico dominado por derivados de cianidina, estos maíces son una materia prima atractiva para elaborar productos alimenticios altos en antioxidantes.

Salinas *et al.* (2013a) revisaron y discutieron la información disponible sobre el contenido y caracterización de antocianinas en el grano de maíz (*Zea mays* L.), con énfasis en 20 razas de maíces mexicanos. Indican que el contenido y tipo de antocianinas en el grano de maíz varían de acuerdo con el color del grano y la concentración del pigmento en las distintas estructuras, siendo los rojos magenta los que concentran las antocianinas en el pericarpio y la capa de aleurona y poseen hasta 10 veces más antocianinas que los de grano azul/morado, cuyas antocianinas se concentran en la capa de aleurona.

Además, señalan que la mayor parte de la información publicada sobre la caracterización de antocianinas en el grano de este cereal se ha realizado con granos púrpura o magenta de origen Andino, que se destina para la preparación de extractos de antocianinas y que los trabajos sobre contenido de antocianinas en maíces mexicanos de grano azul o azul/morado son reducidos, y aún más los orientados a la caracterización de sus antocianinas. Así mismo, concluyen que debido a que en México este tipo de maíces se destinan a la elaboración de diversos alimentos tradicionales, conviene impulsar su investigación para determinar con mayor profundidad la variabilidad existente.

Desarrollo y Desarrollo Local

Concepto de desarrollo

El concepto de “desarrollo” toma importancia en la década de los años cincuenta, refiriéndose básicamente a la idea de “progreso”, de “bienestar social”, de mejoramiento de las “condiciones de vida”, de la noción de “progreso económico”. A lo largo del tiempo han existido diversas investigaciones y modelos de desarrollo económico en la búsqueda de mejorar el bienestar económico de las poblaciones. Al respecto Sanchis y Joan (2000) mencionan que el concepto

de desarrollo económico, “está directamente relacionado con otros términos como son: bienestar, progreso y crecimiento económico, con los cuales –con frecuencia- se tiende a igualar o utilizar como sinónimos.

El desarrollo económico, consiste en crear -dentro de una economía local o regional- la capacidad necesaria para hacer frente a los retos y oportunidades que pueden presentarse en una situación de rápido cambio económico, tecnológico y social. No se trata solo de un simple incremento de la actividad y productividad económica, sino que viene acompañado de transformaciones estructurales (García Docampo, 2007; citado por Montaña, 2014).

Para Carvajal (2010), el desarrollo ha sido considerado como un proceso de tipo histórico, donde se utiliza el discurso, se emplea la palabra promesa, se plantea la salvación de los seres humanos de salir de la pobreza, el desarrollo como una propuesta de ser civilizado, conquistar la técnica para mejorar la vida, la naturaleza y la cultura, es decir el desarrollo para normalizar el mundo y principalmente a los países del tercer mundo.

Vázquez Barquero, (2005) lo define como “Un proceso de crecimiento económico y de cambio estructural que conduce a una mejora en el nivel de vida de la población local, en las que se pueden identificar tres dimensiones: una económica, en la que los empresarios locales usan su capacidad para organizar los factores productivos locales con niveles de productividad suficientes para ser competitivos en los mercados; otra, sociocultural, en la que los valores y las instituciones sirven de base al proceso de desarrollo; y, una dimensión político-administrativa, en que las políticas territoriales permiten crear un entorno económico local favorable, protegerlo de interferencias externas e impulsar el desarrollo local”.

El Desarrollo Local

Desarrollo local es entendido como un modelo alternativo de desarrollo ya que en la actualidad las localidades, organizaciones e instituciones “están enfrentadas al reto del desarrollo local como una de las opciones estratégicas de nuestro tiempo” y “el desarrollo local aparece como una nueva forma de mirar y de actuar desde el territorio en este nuevo contexto de globalización. El desafío para las sociedades locales está planteado en términos de insertarse en forma competitiva en lo global, capitalizando al máximo sus capacidades locales y regionales a través de las estrategias de los diferentes actores en juego” (CLAEH, 2002).

El desarrollo local supone la circunscripción del desarrollo a un espacio “local” determinado. Coraggio (2004), considera que lo “local” no nos referimos a algo minúsculo, parroquial, localista, sino a la condición común de una población que comparte una historia de asentamiento (que muchas veces desconoce) y la vida cotidiana cara a cara - aunque sea de manera más o menos desigual, más o menos conflictiva o solidaria -, en un territorio variable, cuyos problemas están inmediatamente interconectados, y desde donde se vincula a otras localidades o microrregiones y a su más amplio entorno regional o nacional. Además, el carácter “local” del desarrollo requiere que su concepción y materialización sea protagonizada por los propios “actores locales”.

“El enfoque territorial permite, pues, dar a cada situación concreta un tratamiento adecuado según sus recursos, circunstancias y capacidades potenciales de desarrollo. Desde esta perspectiva, la política de desarrollo local es, por consiguiente, un planteamiento más flexible en la gestión pública ante los problemas derivados de la reestructuración productiva y la necesidad de adaptarse a las nuevas exigencias en los distintos territorios. Supone, también, una

forma de encarar los problemas del desempleo, abandonando la anterior visión que hacía depender la generación de empleo de las políticas de crecimiento económico sin tener en cuenta los efectos destructores netos de empleo de la incorporación de tecnologías intensivas en capital” (Alburquerque, 2003).

El desarrollo local tuvo sus inicios en México por los años ochenta debido a la inserción de los mercados al nuevo modelo de liberación de la economía a nivel internacional. Al respecto Montaña (2014) menciona que la aplicación de las políticas de desarrollo local respondió básicamente al “cambio en la formación e integración de los mercados a nivel nacional e internacional”. Considera que en general, el desarrollo local constituye un nuevo enfoque basado y fundamentado en el aprovechamiento de los recursos con que se cuenta en una zona o región.

Por su parte Arocena (2002) señala que referirse a lo local no está exento de ambigüedad, de impresiones, de dificultades de definición. Frecuentemente la pregunta que surge y que no logra respuestas convincentes es: ¿Qué es lo local? Para definir la noción de local no hay otro camino que referirla a su noción correlativa de global. Cuando algo se define como local es porque pertenece a lo global.

“El desarrollo local es un proceso de desarrollo integral, que conjuga la dimensión territorial, las identidades o dimensión cultural, la dimensión política y la dimensión económica. Es una apuesta a la democratización de las localidades, al desarrollo sustentable y equitativo repensando las potencialidades del territorio y la sociedad local” (Carvajal, 2009).

En cierta medida el desarrollo local es mirado como otra “moda del desarrollo”. Pero, como lo expresa Gallicchio (2004), “no son ni una moda, ni un paradigma, ni una panacea. Su gran

potencialidad radica en que representan una estrategia diferente para el desarrollo”. El desarrollo local surge como un modelo que involucra a un conjunto de actores políticos, económicos y sociales que están en un determinado territorio y que participan activamente en el proceso de desarrollo (Klein, 2006).

Por su parte Coraggio (2004), habla de otro desarrollo desde lo local. Por “otro desarrollo” nos referimos aquí a la puesta en marcha de un proceso dinámico de ampliación de las capacidades locales para lograr la mejoría intergeneracional sostenida de la calidad de la vida de todos los integrantes de una población. Ello incluye, entre otros: -componentes económicos (trabajo productivo, ingreso, satisfacción racional de necesidades legítimas, suficiencia y calidad de los bienes públicos...); -componentes sociales (integración en condiciones de creciente igualdad, efectiva igualdad de oportunidades, convivencia, justicia social...); -componentes culturales (autoestima, pertenencia e identidad histórica, integración a comunidades con contención, valores de solidaridad y tolerancia...), y -componentes políticos (transparencia, legitimidad y responsabilidad de las representaciones, participación directa responsable e informada de la ciudadanía en las grandes decisiones colectivas y en la gestión de lo público...).

Carrizo y Gallicchio (2006) expresan que el desarrollo local está de moda en América Latina. “Diversas personas, instituciones y gobiernos con muy diferentes características lo nombran como uno de los principales temas de sus agendas. Sin embargo, parece que el desarrollo local y la descentralización son usados por los actores con diferentes objetivos y contenidos”. Su gran potencialidad radica en que representan una estrategia diferente para el desarrollo.

Corvalán y Ferreira (2003), consideran que el desarrollo local en el espacio particular permite crear nuevas dinámicas, relacionar diversos sectores, coordinar instituciones, articular varios

actores. Por lo tanto, este abordaje inicial le permite definir las unidades de intervención pertinentes, ubicar las localidades e identificar comunidades.

Valarezo y Torres (2004) señalan que “en la actualidad en varios foros se debate intensamente acerca del desarrollo local; en la mayoría de discursos sobre el desarrollo la dimensión local está presente...el tema se ha vuelto en el sino de la época, sea como resistencia a la globalización neoliberal, o como nicho de mercado para integrarse a la deseada era global”.

El éxito de los modelos de desarrollo local se basa en la enorme creatividad y capacidad que existe en los hombres y mujeres que habitan sus espacios concretos, atravesados por distintas historias, diferentes concepciones de la vida y de la sociedad y con específicas formas de producción (Egüez, 2005).

Finalmente en el desarrollo local se señalan los puntos siguientes como sus características centrales (Gómez, 2008):

- (1) La acción en el territorio donde se ubica la población local.
- (2) Las acciones colectivas surgen de necesidades y problemas locales.
- (3) La comparación o representación es un requisito a todos los niveles.
- (4) El punto de partida son las iniciativas locales con alta participación de los actores locales.
- (5) El énfasis del Desarrollo Local es la creación del entramado de relaciones sociales (redes).
- (6) En el Desarrollo Local se parte y se tiende de y hacia una sociedad con identidad colectiva para la creación de bienes y servicios localmente gestionados.
- (7) En el Desarrollo Local el objetivo es el crecimiento endógeno para generar excedentes que se controlan para mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

Diseño de la investigación: problema, objetivos e hipótesis, metodología general

Problema de investigación

Con la puesta en marcha del TLCAN, en 1994, las importaciones de maíz de E.U. se han triplicado, el precio del grano tuvo una disminución de casi un 50 %, entre 2.5 y 3 millones de campesinos mexicanos tuvieron que enfrentar una creciente presión económica (Nadal y Wise, 2004). El pronóstico inmediato era el abandono de los campos por parte de los pequeños productores; a pesar de ello, la producción agrícola y en especial la del maíz se ha mantenido principalmente con fines de autoconsumo, con venta de excedentes (cuando existen), bajo un esquema de agricultura de subsistencia.

En México, el maíz enfrentó diversos problemas como la disminución de la viabilidad de los maiceros tradicionales. Los bajos precios del maíz y de otros cultivos, la débil demanda para los productos campesinos en los mercados regionales, los recortes en los programas de asistencia para la agricultura, el fracaso del modelo neoliberal en generar empleos dignos, y la migración – tanto interna como hacia Estados Unidos– propiciaron una profunda crisis en el campo mexicano (Wise, 2007).

A pesar de lo anterior, el maíz nativo y su amplia diversidad genética sigue siendo un sistema de producción, consumo y comercialización para la mayoría de pequeños productores rurales dedicados a su cultivo, pues forma parte de su economía, de sus relaciones sociales y de su cultura.

La superficie cultivada y cosechada es de aproximadamente 7 millones de hectáreas, con rendimiento promedio de 3.2 t ha⁻¹ (SIAP- SAGARPA, 2017). Cerca de un 80 % de la superficie

cultivable es destinada a su producción bajo condiciones de temporal, obteniéndose una producción media de 2.3 t ha⁻¹; en condiciones de riego se reportan 7.9 t ha⁻¹. Estas diferencias en rendimiento se atribuyen a la disponibilidad y distribución del agua durante el periodo de lluvias. El sistema de cultivo bajo condiciones de temporal o secano, se encuentra a cargo de más de tres millones de productores a pequeña escala, quienes lo siembran sobre todo para autoconsumo (Turrent *et al.*, 2012).

El estado de Morelos es considerado como centro de diversidad del maíz. En el año 2016 se dedicaron a la siembra de maíz de temporal 28, 208 ha (91.3 % de la superficie total) con un rendimiento promedio de 2.83 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2018). Los bajos rendimientos pueden parcialmente ser explicados por el uso de germoplasma nativo, que representa el 65 % de la superficie sembrada con maíz en México (Guadarrama *et al.*, 2014).

A pesar de ello, en los últimos años, en los municipios de Temoac y Ayala se ha presentado un fenómeno de reconversión de cultivo; situación que ha generado que en la actualidad existan pocos productores que aún lo producen y conservan como una manera de asegurar su alimentación para periodos cortos o todo el año, ello en función de la superficie cultivada y la producción obtenida. En general el cultivo de maíz está disminuyendo en la región, pero se presenta en mayor magnitud en los maíces nativos pigmentados (de aquí en adelante MNP), pues existen factores que le brindan tanto aceptación como rechazo por parte de los productores y consumidores. “Es por ello que este trabajo se centra en este tipo de maíces; que en los municipios de estudio, se tiene un desconocimiento parcial de las características sociales y técnicas, del comportamiento agronómico, composición físicoquímica que para el uso potencial que, de acuerdo a las mismas, los productores de los municipios de estudio pueden hacer”.

Con base en lo antes expuesto se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la importancia que tienen los maíces pigmentados para las familias campesinas del oriente de Morelos?
- ¿Qué manejos y uso que de los MNP tienen los productores de Temoac y Ayala, Morelos?
- ¿Cuáles son las características agronómicas que expresan estos MNP al evaluarlos en los ambientes de colecta?
- ¿Cuáles son las características físicoquímicas y calidad de la proteína que poseen los MNP de dichos lugares?

Objetivos

Objetivo general

Descubrir la importancia de las características de productores, las técnicas agrícolas, aspectos agronómicos y las propiedades físicoquímicas de los MNP del oriente de Morelos para su consideración en el desarrollo local.

Objetivos específicos

- Describir las características sociales de los productores, la importancia de los maíces nativos pigmentados. Así como identificar las técnicas de cultivo y uso actual.
- Describir la diversidad de caracteres morfológicos de MNP.
- Descubrir el potencial de rendimiento de grano de MNP en los ambientes de colecta.

- Determinar las características fisicoquímicas, calidad de la proteína de MNP colectados en los municipios de estudio.

- Diseñar una estrategia de Desarrollo Local a partir de los resultados encontrados en el trabajo de tesis.

Hipótesis

Hipótesis general

Las características sociotécnicas, la amplia diversidad morfoagronómica y las propiedades fisicoquímicas asociadas con los MNP del oriente de Morelos tienen potencialidades para emplearse en el desarrollo de productos con alto valor agregado en la promoción del Desarrollo Local.

Hipótesis específicas

-Los MNP de la región oriente de Morelos tienen importancia social, económica y cultural para los productores que los cultivan y sus familias.

-El cultivo de MNP en la región oriente de Morelos se realiza empleando técnicas de cultivo tradicionales para satisfacer necesidades de autoconsumo de las familias campesinas.

-Los MNP presentan caracteres agronómicos sobresalientes que pueden ser aprovechados en la mejora de la producción de este grano o en programas de mejoramiento genético.

-Los MNP poseen propiedades fisicoquímicas que pueden ser aprovechadas para el desarrollo de productos con alto valor agregado y calidad.

Metodología general

Este capítulo tiene la finalidad de plantear los métodos y los procedimientos empleados para lograr los objetivos y verificar las hipótesis planteadas en el presente trabajo de investigación.

Área de estudio

La investigación se realizó en los municipios de Temoac y Ayala, ubicados al oriente del estado de Morelos (Figura 1). Se trabajó en siete comunidades: Temoac, Popotlán, Amilcingo y Huazulco que pertenecen al municipio de Temoac y en Tlayecac, Xalostoc y Huitzililla en el municipio de Ayala (Cuadro 1).

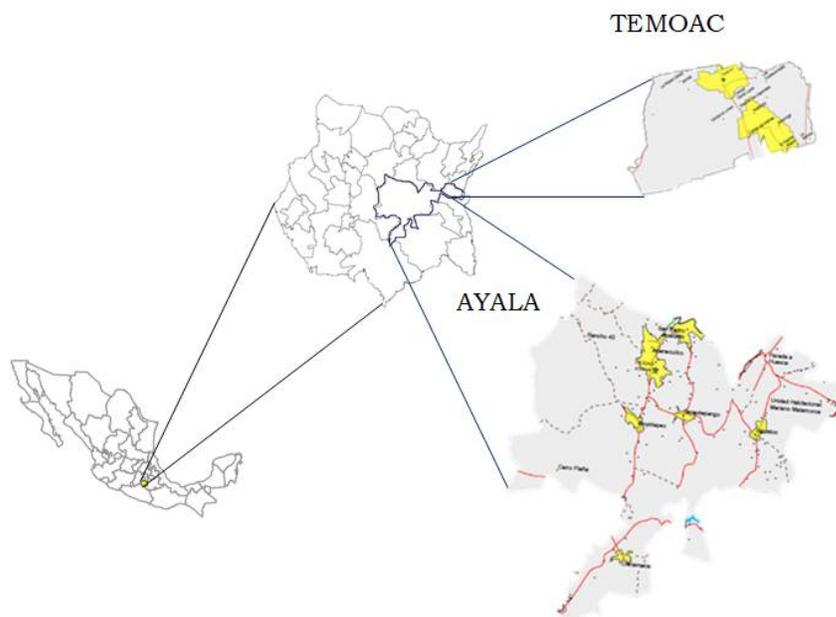


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Se realizó una selección previa de municipios, tomando como base la lista de beneficiarios de PROAGRO para el cultivo de maíz en la región oriente. Dicho análisis arrojó cuatro municipios en los cuales la superficie de maíz sembrado es relevante (Ocuituco, Yecapixtla, Tepalcingo y

Temoac). Sin embargo, las estadísticas y la producción correspondían a maíz blanco y amarillo (en el caso de nativos no existe información oficial reportada). Como se buscaban Maíces Nativos Pigmentados (MNP) para realizar el estudio, se procedió a realizar recorridos de campo por los municipios antes señalados encontrándose que en los municipios de Ocuilco y Yecapixtla predomina la siembra de las razas Ancho y Cacahuacintle de color blanco; los casos de pigmentados se registraron en muy poca frecuencia. En Tepalcingo sucedió algo similar, solo que en este caso predomina la siembra de maíz amarillo, en Temoac se registró evidencia que aunque en poca escala la siembra de maíces nativos pigmentados se sigue realizando.

Cuadro 1. Ubicación de las siete comunidades de estudio.

Comunidad	Posición		Altitud (msnm)
	Latitud Norte	Longitud Oeste	
Temoac	18° 46´ 20´´	98° 46´ 30´´	1583
Popotlán	18° 45´ 56´´	98° 45´ 56´´	1570
Amilcingo	18° 44´ 33´´	98° 46´ 10´´	1500
Huazulco	18° 45´ 11´´	98° 46´ 31´´	1534
Tlayecac	18° 45´ 22´´	98° 52´ 52´´	1360
Xalostoc	18° 43´ 08´´	98° 54´ 04´´	1250
Huitzililla	18° 41´ 44´´	98° 53´ 47´´	1210

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en <http://www.nuestro-mexico.com/Morelos/> y convertidos a coordenadas.

Debido a lo anterior se procedió a seleccionar las cuatro comunidades que integran el municipio de Temoac y tres del municipio de Ayala, en las cuales se tenía evidencia previa de la siembra de estos tipos de materiales. Otro criterio de selección fue la cercanía entre localidades, lo cual facilitaría el desplazamiento en la fase de investigación de campo.

Descripción de los municipios de estudio

El municipio de Temoac se ubica entre los paralelos 18° 47' 28'' y 18° 43' 43'' de latitud norte; y los meridianos 98°44' 47'' y 98°50'15'' de longitud oeste; con una altitud media de 1580 msnm; colinda al norte con los municipios de Yecapixtla y Zacualpan de Amilpas, al sur con Jonacatepec y Jantetelco, al oeste con Ayala y al este con el Estado de Puebla; el clima predominante es semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad y temperatura media anual de 21.5°C, y precipitación media anual de 857 mm; cuenta con 48.52 km², de los cuales 4,286 ha son de uso agrícola (88.31%); predominan los suelos Vertisol (38.69%) y Arenosol (33.77%) (PMD Temoac, 2016).

El municipio de Ayala se ubica en la parte central del estado, a 18° 46' 28'' de latitud norte y 98°59' de longitud oeste; con una altitud media de 1220 msnm; limita al norte con los municipios de Yautepec, Cuautla y Yecapixtla, al sur con Tepalcingo y Tlalquitenango; al este con Temoac, Jantetelco y Jonacatepec y al oeste con Tlaltizapán y Yautepec; el clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, temperatura y precipitación media anual de 24°C, y 800 mm respectivamente; cuenta con 366.82 km², de los cuales 17,950 ha son de uso agrícola (51%); predominan los suelos Vertisol (29.77%) y Feozem (29.9%) (PMD Ayala, 2016). Las tres localidades de estudio representan el 19.68% del total del municipio.

Proceso metodológico

El estudio se enmarca en el contexto de la investigación orientada al desarrollo. Se buscan alternativas para el sector rural, aplicando enfoques mixtos de investigación (Hernández *et al.*, 2006).

El trabajo de investigación contempló trabajo de campo y de laboratorio. La fase de campo se realizó en dos etapas: una Exploración Etnobotánica en la cual se empleó un enfoque cualitativo con la herramienta de observación participante para la realización de las colectas, aplicación de encuestas y seguimiento de parcelas; para el análisis de la diversidad genética de MNP en los municipios de estudio se empleó un enfoque cuantitativo. La segunda etapa consistió en la evaluación de los genotipos colectados en dos ambientes para obtener información relacionada al potencial productivo que presentan, el enfoque fue cuantitativo. La fase de campo tuvo una duración de tres años (de 2014 a 2017).

La segunda fase fue la de laboratorio, misma que se realizó de manera simultánea a la de campo durante los meses de marzo a diciembre de 2016, en esta el enfoque fue cuantitativo en su totalidad.

Fase de campo

Etapas 1. Exploración Etnobotánica

Ubicación de MNP en las comunidades de estudio

Se realizó un primer acercamiento para ubicar la presencia de MNP en las comunidades de estudio durante los meses de mayo a julio de 2014. Para realizar lo anterior, se contó con el apoyo de informantes clave mismos que identificaron aquellos productores que manifestaron sembrar MNP. Al contactar a estos productores, se usó un muestreo dirigido no probabilístico con la técnica “de bola de nieve” (Biernacki y Waldorf, 1981); se tuvo la oportunidad de ubicar al mayor número de productores dentro de las comunidades que se dedicaban a este cultivo.

Colecta de germoplasma

La recolección de germoplasma de MNP se basó en una modificación a la metodología propuesta por Hernández (1972) quien señaló que para realizar una exploración etnobotánica se deben seguir los siguientes pasos: 1) Época de colecta; 2) Cantidad y selección de la muestra; 3) Frecuencia de las muestras; y 4) diversidad genética de cada material colectado.

Primera colecta:

1) Época de colecta: una vez contactados a los productores se procedió a realizar la colecta de MNP en los meses de noviembre de 2014 a enero de 2015. Para la recolección de información sobre el nombre del productor, lugar de colecta (latitud, longitud y altitud), características agronómicas de la colecta, sistema de producción y usos del maíz, se empleó una hoja de pasaporte la cual se muestra en el Anexo (A1).

2) Cantidad y selección de la muestra: se colectaron 20 mazorcas de cada genotipo, en los casos en donde el productor ya había desgranado se procedió a colectar 5 kg de semilla.

3) Frecuencia de las muestras: se colectó con los productores con los que se tuvo el contacto previo y algunos otros de los que se tuvo conocimiento de que sembraron MNP en ese ciclo productivo.

Segunda y tercera colecta:

Se realizó una segunda colecta de noviembre de 2015 a enero de 2016 y una tercera de noviembre de 2016 a enero de 2017. Lo anterior con la finalidad de ampliar el margen de análisis y medir el efecto de ciclo de cultivo en las evaluaciones de campo y de laboratorio. Cabe señalar que en estas colectas, el número de muestras se redujo debido a que algunos productores

decidieron no sembrar MNP en unos casos, mientras que en otros las condiciones climáticas afectaron el cultivo y varios productores no obtuvieron cosecha.

Seguimiento de parcelas y aplicación de entrevistas semi-estructuradas

Durante el ciclo agrícola PV 2015 el cual comprendió los meses de junio a noviembre, se realizó el seguimiento a parcelas de productores. Se realizaron visitas al domicilio y a la parcela de los productores de manera semanal, durante dichas visitas se participó en las actividades cotidianas del campo. Durante esos meses, se entrevistaron a 36 agricultores en las siete comunidades. Las variables recogidas en la entrevista estuvieron relacionadas con datos socioeconómicos, productivos y culturales de los productores de MNP.

Análisis de la diversidad genética presente en los municipios de estudio

Con la finalidad de conocer la diversidad genética de MNP que existe en Temoac y Ayala Morelos se realizó una caracterización morfológica de los materiales provenientes de la primera y segunda colectas.

Etapa 2. Evaluación de MNP en dos ambientes

Con el objetivo de realizar una selección varietal de MNP e identificar poblaciones sobresalientes que puedan emplearse bajo condiciones de temporal en el oriente de Morelos, se realizó una evaluación de los genotipos colectados en los ciclos agrícolas PV-2014 y 2015 en localidades de Temoac y Ayala, Morelos. La evaluación se hizo en condiciones de temporal en el año 2016.

Fase de laboratorio

Etapa 1. Evaluación de las características físicas de MNP

Durante los meses de marzo a mayo de 2016 se evaluaron las características físicas de MNP provenientes de la primera y segunda colectas. Se midieron variables relacionadas con el porcentaje de humedad, color de grano, índice de flotación, peso hectolítrico, peso de 100 granos, así como la disección de grano la cual aportó datos sobre el porcentaje de pico, pericarpio, germen, endospermo harinoso y endospermo córneo.

Etapa 2. Análisis de la composición química y contenido de antocianinas en MNP

En los meses de junio a noviembre de 2016, se efectuaron los análisis correspondientes para obtener el porcentaje de proteína, de aceite y de triptófano así como el contenido de antocianinas de los materiales previamente descritos.

Literatura citada

- Acosta, D. E.; Zavala, G. F.; Valadez, G. J.; Hernández, T. I.; Amador, R. M. D y Padilla, R. J. S. 2014. Exploración de germoplasma nativo de maíz en Nuevo León, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp. Núm. 8 1477-1485.
- Agama, A. E; Bello, P. L. A; Pacheco, V. G y Salinas, M. Y. 2011. Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: morfología del almidón. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 3(2): 317-329.

- Alburquerque, F. 2003. Teoría y Práctica del enfoque del desarrollo local. Artículo que forma parte de la Consultaría. (Desarrollo territorial y Gestión del Territorio). Promovida por la Unión Europea y Realizada en la Serena, Región de Coquimbo, Chile. P 23.
- Álvarez, B. E. 2012. México, primer lugar en importación de maíz en el mundo, advierte la CNPAMM. La Jornada, p 35.
- Arellano, V. J. L.; Rojas, M. I. y Gutiérrez, H. G. F. 2014. Variedades de maíz azul Chalqueño seleccionadas por múltiples caracteres y estabilidad del rendimiento. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 5 (8) 1469-1480.
- Arocena, J. 2002. El desarrollo local: un desafío contemporáneo. 2ª. Edición, Montevideo, Taurus-Universidad Católica del Uruguay.
- Bello, P. L. A.; Camelo, M. G. A; Agama A. E. y Utrilla C. R.G. 2016. Aspectos nutraceuticos de los maíces pigmentados: digestibilidad de los carbohidratos y antocianinas. Agrociencia. 50:1041-1063.
- Bellon M R, D Hodson, J Hellin. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 108:13432-13437.
- Biernacki, P y Waldorf, D. 1981. Snowball sampling problems and techniques of chain referral sampling. Sociological methods & research, 10(2), 141-163.
- Carrizo, L. y Gallicchio E. (Editores). 2006. Desarrollo local y gobernanza. Enfoques transdisciplinarios. Investigación y políticas para el desarrollo en América Latina. Montevideo, CLAEH.

- Carvajal B. A. 2009. Desarrollo y postdesarrollo: Modelos y alternativas. Cali, Escuela de Trabajo Social y Desarrollo Humano-Universidad del Valle.
- Carvajal B. A. 2010. Desarrollo y cultura. Elementos para la reflexión y la acción, 3ª. Edición, Cali, Escuela de Trabajo Social y Desarrollo Humano-Universidad del Valle.
- Castro, N. S.; López, S. J. A.; Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C. y Reyes, M. C. A. 2013. Exploración de germoplasma nativo de maíz en el centro y sur de Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 4 (4): 645-653.
- Centro Latinoamericano de Economía Humana (CLAEH). La construcción del desarrollo local en América Latina. Análisis de experiencias. Montevideo, Uruguay, 2002. Pp.28-29.
- Centurión, H.D., Espinosa, M.J., Reyes, D. Ma. D., Wachter, R. Ma. C. y Díaz, R. G. 2016. Alimentos tradicionales que se generan en la cocina rural tabasqueña durante el desarrollo de la mazorca de maíz. En: El maíz nativo, una aproximación crítica desde los estudios rurales/Ignacio López Moreno e Ivonne Vizcarra Bordi. Coordinadores. México, Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablos Editor, 2016. 137-171 págs.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2010. Proyecto Global de Maíces Nativos. En línea: <http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/proyectoMaices.html> Consultado el 12 de diciembre de 2017.
- Contreras, M. O.; Gil, M. A.; Antonio, P.; reyes, L. Delfino y Guerrero, R. J de D. 2016. Caracterización morfológica de maíces nativos de la Sierra Nororiental de Puebla, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Núm. 17: 3633-3647.

- Coraggio, J. L. 2004. La gente o el capital. Desarrollo Local y Economía del Trabajo. Buenos Aires, Espacio Editorial.
- Cortés E. L. 2010. Estudio de factores que intervienen en la declinación de razas criollas de maíz en la región Valles Altos, en el Estado de México y en el Distrito Federal. INIFAP. Centro de Investigación Región Centro, Campo Experimental Valle de México. Texcoco, Edo. de México. p 46.
- Corvalán, E. y Ferreira M. 2003. Desarrollo local. Una metodología para la participación. Santiago de Chile, LOM Ediciones.
- Delgado, B. M. K. 2016. Perspectiva actual de los polifenoles en México. Entretextos diciembre 2015- marzo 2016. Año 7, núm.21. León, Gto. México.
- Egüez, E. (Editor). 2005. Buscando caminos para el desarrollo local. Quito, Corporación Mashi.
- Espinosa A, Tadeo M, Turrent A, Gómez N, Sierra M, Palafox A, Caballero F, Valdivia R, F A Rodríguez F. A. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. Ciencias 92- 93: 118-125.
- Espinosa, T. E.; Mendoza, C. M. C.; Castillo, G. F.; Ortiz, C. J.; Delgado, A. A. y Carrillo, S. A. 2009. Acumulación de antocianinas en pericarpio y aleurona del grano y sus efectos genéticos en poblaciones criollas de maíz pigmentado. Rev. Fitotec. Mex. 4(32):303-309.
- Gallicchio E. 2004. “El desarrollo local: cómo combinar gobernabilidad, desarrollo económico y capital social en el territorio”, Cuadernos del CLAEH 27.

- García, C. J., Gallardo J., Arteaga J. 2001. Situación actual de la ovinocultura en México. Memoria XXXVII Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Chiapas, México.
- Gaytán, M. M.; Figueroa, C. J. D.; Reyes, V. M. L.; Morales, S. E. y Rincón, S. F. 2013. Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. Rev. Fitotec. Mex. 3-A (36):339-346.
- Godet, M y Durance, P. 2007. Prospectiva Estratégica: problemas y métodos. Cuaderno No.20, LIPSOR- PROSPEKTIKER.
- Gómez, H. E. 2008. Geopolítica del desarrollo comunitario: reflexiones para trabajo social. Ra Ximhai Vol. 4. Número 3, septiembre – diciembre 2008, pp. 519-542.
- González, C. M. E.; Palacios, R. N.; Espinoza, B. A. y Bedoya, S. C. A. 2013. Diversidad genética en maíces nativos tropicales. Rev. Fitotec. Mex. Vol.36 Supl. 3-A: 329-338.
- González, C. N.; Silos, E. H.; Estrada, C. J. C.; Chávez, M. J. A. y Tejero, J. L. 2016. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7 (3):669-680.
- González, M. J.; Rocandio, R. M.; chacón, H. J. C.; Vanoye, E. V. y Moreno, R. Y. del R. 2018. Distribución y diversidad de maíces nativos (*Zea mays* L.) en el altiplano de Tamaulipas, México. Revista AgroProductividad Vol. 11 (1): 124-130.
- Guadarrama, A.; Aragón, F. y Willcox, M. 2014. Mejoramiento de maíces nativos. Enlace. 5(22):11-15.

- Guillén, C. P.; De la Cruz, L. E.; Rodríguez, H. S. A.; Castañón, N. G.; Gómez, V. A. y Lozano, R. A. J. 2014. Diversidad morfológica de poblaciones de maíces nativos (*Zea mays* L.) del estado de Tabasco, México. *Rev. FCA UNCUYO* 46(2):239-247.
- Hellin, J.; Donnet, L.; López, D.; Flores, D. y Keleman, A. 2013. La importancia de los nichos de mercado. Un estudio de caso del maíz azul y del maíz para pozole en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 6 (36): 315-328.
- Hernández, S. R; Fernández, C. C. & Baptista, L. P. 2006. Metodología de la investigación (4a. ed). México: McGraw-Hill. 850 p.
- Hernández, X. E. 1972. Exploración etnobotánica de maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8(2): 46-51. Reimpreso en: E. Hernández X. 1897. *Xolocotzia*, Tomo II. UACH. Chapingo, México. Pp. 751-756.
- Keleman A. y Hellin, J. 2013. Las variedades criollas del maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. *LEISA. Rev. Agroecol.* 29(2):7-9.
- Keleman, A., J. Hellin y D. Flores. 2013. Diverse Varieties and Diverse Markets: Scale-related “profitability cross-over” in the Central Mexican Highlands. *Human Ecology*. DOI: 10.1007/s10745-013-9566-z.
- Klein, J. L. 2006. Geografía y desarrollo local. En D. Hiernaux y A. Lindon (directores), tratado de geografía humana. México *Anthropos*. Pp 303-319.
- López, T. B. J.; Rendón, M. R. y Camacho, V. T. C. 2016. La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp. Núm 15*: 3075-3088.

- Martín, L. J.; Ron, P. J.; Sánchez, G. J. J.; De la Cruz, L.L.; Morales, R. M.M.; Carrera, V. J. A.; Ortega, C. A.; Vidal, M. V. A. y Guerrero, H. M.J. 2008. Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del noroccidente de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(4):331-340.
- Montaño, A. M. A. 2014. “Modelo de desarrollo económico local para la diversificación de la estructura Productiva y la Articulación del Tejido Empresarial en Baja California Sur”. Universidad Autónoma de baja California.
- Nadal, A. and T. A. Wise. 2004. The Environmental Costs of Agricultural Trade Liberalization: Mexico-U.S. Maize Trade Under NAFTA. Medford, Mass., Working Group Discussion Paper DP04, Working Group on Development and Environment in the Americas.
- Nájera, C. L. A.; Rincón, S. F.; Ruíz, T. N. A. y Castillo, G. F. 2010. Potencial de rendimiento de poblaciones criollas de maíz de Coahuila, México. *Rev. Fitotec. Mex. Núm. Esp.* 4(33): 31-36.
- Narváez, G. E. D.; Figueroa, C. J. D. y Taba S. 2007. Aspectos microestructurales y posibles usos del maíz de acuerdo a su origen geográfico. *Rev. Fitotec. Mex.* 30:321-325.
- Núñez, C. C. A. y Escobedo, L. D. 2015. Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de recursos fitogenéticos. *Acta Agrícola y Pecuaria.* 1(1):1-6.
- Palemón, A. F.; Gómez, M. N. O.; Reyes, G. G.; Vargas, A. D.; Damián, N. A.; Hernández, C. E. H.; Juárez, L. P. y Cruz, L. B. 2017. Rendimiento de maíces cultivados en la región Tierra Caliente, Guerrero, México. *Acta Agrícola y Pecuaria,* 3(1): 1-7.
- Pecina, M. J. A.; Mendoza, C. M. C.; López, S. J. A.; Castillo, G. F.; Mendoza, R. M. y Ortiz. C. J. 2011. Rendimiento de grano y sus componentes en maíces nativos de Tamaulipas evaluados en ambientes contrastantes. *Rev. Fitotec. Mex. Vol.* 34 (2): 85-92.

Pérez, C. F. J.; Córdova, T. L.; Santacruz, V. A.; Castillo, G. F; Cárdenas, S. E. y Delgado, A. A. 2007. Relación entre vigor inicial, rendimiento de grano y sus componentes en poblaciones de maíz Chalqueño. *Agricultura Técnica en México*. Vol. 33(1): 5-16.

Plan Municipal de Desarrollo (PMD) Ayala, Morelos 2016-2018. Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. En línea: http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos_municipales/pdf/PlanAyalaMorelos.pdf. Consultado el 12 de septiembre de 2017. Plan Municipal de Desarrollo (PMD) Temoac, Morelos 2016-2018. Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. En línea: http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos_municipales/pdf/PLANTEMOACMO2016-2018.pdf Consultado el 12 de septiembre de 2017.

Ramírez, M. 2017. Será México principal importador de maíz. *Reforma*, 18 de diciembre de 2017, disponible en: <https://www.reforma.com/aplicacioneslibre/preacceso/articulo/default.aspx?id=1281938&v=3&urlredirect=https://www.reforma.com/aplicaciones/articulo/default.aspx?id=1281938&v=3> Consultado el 8 de mayo de 2018.

Reveles, T. L. R.; Luna, F. M.; Mejía, G. A.; Hernández, M. J. y García, H. S. 2014. Razas actuales de maíz de secano en el estado de Zacatecas, México. *Revista Mexicana de Ciencias agrícolas*. Vol. 5(7):1155-1168.

Rincón S. F, Ruiz T. N. A., Cuellar F. R. Sandoval R. H. 2010. Evaluación y caracterización de poblaciones experimentales de maíz. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Fitomejoramiento. Saltillo, Coahuila.

- Rocandio, R. M.; Santacruz, V. A.; Córdova, T. L.; López, S. H.; Castillo, G. F.; Lobato, O. R.; García, Z. J. J. y Ortega, P. R. 2014. Caracterización morfológica y agronómica de siete razas de maíz de los valles altos de México. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 37(4):351-361.
- Rodríguez, P. G.; Zavala, G. F.; Ojeda, Z. C.; Gutiérrez, D. A.; Treviño, R. J. E. y Rincón, S. F. 2012. Diversidad de maíces criollos de Nuevo león, México, mediante AFLP y caracteres morfológicos. *Agronomía Mesoamericana.* Vol. 23 (1): 29-39.
- Rosas S. J. C, Gallardo G. O, Jiménez T. J. 2006. Mejoramiento de maíces criollos de honduras mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo. *Agronomía Mesoamericana* 17(3): 383-392.
- Salinas, M. Y., J. Soria R., y E. T. Espinosa. 2010. Aprovechamiento y distribución de maíz azul en el Estado de México. Folleto Técnico 42. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA, INIFAP. Pp: 50.
- Salinas, M. Y.; Pérez. A. J. J.; Vázquez, C. G.; Aragón, C. F y Velázquez, C. G. A. 2012a. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays* L.) de las razas Chalqueño, Elotes Cónicos y Bolita. *Agrociencia* 46: 693-706.
- Salinas, M. Y.; Cruz, C. F. J.; Díaz, O. S. A. y Castillo, G. F. 2012b. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Rev. Fitotec Mex.* 35: 33-41.
- Salinas, M. Y.; García, S. C.; Coutiño, E. B. y Vidal, M. V. A. 2013a. Variabilidad en contenido tipos de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 36:185-294.

- Salinas, M. Y.; Aragón, C. F.; Ybarra, M. C.; Aguilar, V J.; Altunar, L. B. y Sosa, M. E. 2013b. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Rev. Fitotec Mex.* 36(1): 23-31.
- Sánchez J, J., Goodman, M. M. y Stuber, C. W. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of México. *Economic Botany.* 54(1): 43–59.
- Sánchez, H. E.; De la Cruz, L. E. y Sánchez, H. R. 2015. Productividad y caracterización varietal de maíces nativos (*Zea mays* L.) colectados en Tabasco, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 1(1):7-15.
- Sanchis P. y Joan, R. 2000. Las estrategias del desarrollo local: Aproximación metodológica desde una perspectiva socioeconómica e integral. *Revista de Dirección, Organización, y Administración de Empresas*, (21), 147-160.
- Santiago, L. N.; García, Z. J. J.; Mejía, C. A.; Espinoza, B. A.; Santiago, L. U.; Esquivel, E. G. y Molina, G. J. D. 2017. Rendimiento de grano de poblaciones de maíz Tuxpeño adaptado a Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 8 (1) 145-156.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP). 2016. Producción anual por estado cierre agrícola 2015. Recuperado el 10 de diciembre de 2016.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA). 2017. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Recuperado el 05 de 02 de 2017, http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp

- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA). 2018. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Recuperado el 15 de 02 de 2018, http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp
- Tadeo, R. M.; Zamudio, G. B.; espinosa, C. A.; Turrent, F. A.; Cárdenas, M. a. l.; López, L. C.; Arteaga, E. I. y Valdivia, B. R. 2015. Rendimiento de maíces nativos e híbridos en diferente fecha de siembra y sus unidades de calor. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6 (1): 33-43.
- Trujillo, C. A. 2003. Guía para Seleccionar Semillas de Maíz Criollo y Variedades de Polinización Libre. Folleto Técnico No.49. INIFAP- Campo Zacatepec, Morelos. México. 17 p.
- Turrent, F. A. Wise T.A, Garvey E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz en México. *Mexican Rural Development Research Report No. 24*. Woodrow Wilson International Center For Scholars. Universidad de Tufts.
- Vaquera, H. H.; Santacruz, V. A.; López, R. G.; Castillo, G. F.; Córdova, T. L. y Muñoz, O. A. 2005. Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia*. Vol. 30 (5):284-290.
- Vázquez, B. A. 2005. *Las nuevas fuerzas del desarrollo*. Edit. Antoni Bosch, Barcelona, España.
- Vázquez C. M. G. 2010. Componentes del grano y usos potenciales. INIFAP. Centro de Investigación Región Centro, Campo Experimental Valle de México. Texcoco, Edo. de México.

- Vázquez, C. M. G.; Pérez, C. J. P.; Hernández, C. J. M.; Marrufo, D. M. L. y Martínez, R. E. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del Altiplano y Valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex. Núm. Esp.* 4(33): 49-56.
- Velarezo, G. R. y torres D.V. H. 2004. El desarrollo local en el Ecuador. Historia, actores y métodos. Ediciones Abya-Yala.
- Vera, G. A. M.; Chávez, S. J. L. y Carrillo, R. J. C. 2012. Proteína, lisina y triptófano en poblaciones nativas de Maíz Mixteco. *Rev. Fitotec. Mex. Núm. Esp.* 5(35): 7-13.
- Vidal, M. V. A.; Vázquez, C. G.; Coutiño, E. B.; Ortega, C. A.; Ramírez, D. J.L; Valdivia B. R.; Guerrero, H. M. J.; Caro, V. F. J. y Cota, A.O. 2008. Calidad proteínica en colectas de maíces criollos de la Sierra de Nayarit, México. *Rev. Fitotec. Mex. Núm. Esp.* 3(31):15-21.
- Warburton, M. L.; Reif, J. C.; Frisch, M.; Bohn, M.; Bedoya, C.; Xia, X. C.; Crossa, J.; Franco, J.; Hoisington, D.; Pixley, K.; Taba, S. and Melchinger, A. E. 2008. Genetic diversity in CIMMYT nontemperate maize germplasm: landraces, open pollinated varieties, and inbred lines. *Crop Sci.* 48:617-624.
- Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, X. E., en colaboración con P Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto Técnico no.5, Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería y Fundación Rockefeller. México, D.F.
- Wise, T. A. 2007. Policy Space for Mexican Maize: Protecting Agro-biodiversity by Promoting Rural livelihoods GDAE. Working Paper No 07-01.

CAPÍTULO 1. CAMPESINOS Y TECNOLOGÍA EMPLEADA EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ NATIVO PIGMENTADO EN TEMOAC Y AYALA, MORELOS, MÉXICO¹

Elizabeth Broa Rojas, Néstor Gabriel Estrella Chulim, Benito Ramírez Valverde, José Hilario Hernández Salgado, María Gricelda Vázquez Carrillo, Gregorio Bahena Delgado

1.1 Resumen

La principal actividad de los habitantes rurales del oriente de Morelos es la producción agrícola, donde se cultivan tradicionalmente pequeñas superficies de maíces nativos pigmentados. El objetivo de la investigación fue conocer la tecnología de producción que emplean los productores de los municipios de Temoac y Ayala, Morelos. La investigación se realizó durante los años 2015 - 2016 y empleó un muestreo no probabilístico “bola de nieve” con la aplicación de treinta y seis entrevistas semiestructuradas a productores de maíces nativos pigmentados. La información recabada fue sistematizada y analizada, a esta se sumó la registrada mediante la técnica de observación participante y recorridos de campo. Los productores son minifundistas, de edad avanzada y bajo nivel escolar. Se encontró que en la tecnología empleada prevalecen prácticas tradicionales en el surcado, beneficio y cosecha así como modernas en la preparación del suelo, fertilización, control de malezas, plagas y conservación del grano. El rendimiento promedio final es inferior a 1 t ha⁻¹. Este estudio muestra que el maíz nativo pigmentado sigue siendo de importancia en la alimentación y cultura de los productores rurales y su familia, además de que la tecnología empleada para su producción y conservación se ha ido modificando al paso del tiempo e incluye prácticas tradicionales y modernas.

Palabras clave: Agricultura campesina, maíces de color, tradición, minifundio.

¹ Será adecuado a las normas de autores y enviado a la revista Biotecnia de la Universidad de Sonora.

1.2. Abstract

The main activity of the rural inhabitants of the east of Morelos state is the agricultural production, where small areas of pigmented native corn are traditionally grown. The objective of the research was to know the production technology used by farmers in the municipalities of Temoac and Ayala, Morelos. The research was conducted during the years 2015 – 2016 and used a non-probabilistic “snowball” sampling with the application of thirty-six semi-structured interviews to producers of pigmented native corn. The information collected was systematized and analyzed, to which was added the information recorded through participant observation and field trips. The producers are smallholders, elderly and low school level. It was found that in the technology used, traditional practices in furrowing, profit and harvest as well as modern practices in soil preparation, fertilization, weed control, pests and conservation prevail. The final grain yield is less than 1 t ha⁻¹. This study shows that native pigmented corn continues to be important in the diet and culture of rural producers and their families, and the technology used for their production and conservation has been modified over time and includes traditional and modern practices.

Key words: Peasant agriculture, colored corn, tradition, smallholding.

1.3. Introducción

México es considerado como centro de origen del maíz, presenta más de 60 razas, de las 250 que existen en toda América y de las más de 16 mil variedades del grano (Villa *et al.*, 2012). En todas ellas, existen variantes de color como el rosa pálido, rojo, morado, azul, hasta llegar al negro; esta característica deriva de la presencia de antocianos que son compuestos presentes en el pericarpio y en la capa de aleurona o en ambas estructuras del grano (Salinas *et al.*, 2010).

También son el resultado de un proceso de observación y generación de conocimientos que dieron lugar a una mejor selección y adaptación de las condiciones locales realizada por los campesinos (D'Alessandro y Linck, 2016).

En México, la superficie de maíz cultivada en el año 2017, bajo condiciones de temporal, fue de 5.51 millones de hectáreas (SIAP-SAGARPA, 2017), de esta superficie el 65 % corresponde a maíz nativo (Guadarrama *et al.*, 2014). De acuerdo al tipo de maíz sembrado a nivel nacional, en el año 2015 el 85.9 % de la producción total correspondió a maíz blanco, 13.6% a maíz amarillo y solo el 0.5 % a otros tipos de maíz donde se incluyen los pigmentados (FIRA, 2016).

Keleman y Hellin (2013) señalan que los maíces pigmentados son de especialidades. Su apreciación contempla características culinarias no sólo de color, también de textura y sabor así como de su uso en la preparación de una gran variedad de platillos típicos (Hellin *et al.*, 2013), para los cuales los maíces mejorados no son aptos (Miranda *et al.*, 2016).

A pesar de poseer un arraigo ancestral en la vida de los mexicanos, la siembra y el uso de maíces nativos pigmentados ha disminuido, entre los factores destaca la globalización, cambios en la vida social y productiva del sector rural, cambios de preferencias de los consumidores y la migración (López *et al.*, 2016). De continuar dicha tendencia, en poco tiempo los maíces nativos dejarían de ser especializados, lo que causaría una importante pérdida de diversidad genética (Gaytán *et al.*, 2013).

En los municipios de estudio el cultivo de maíz nativo y en especial el pigmentado prácticamente está desapareciendo. En la actualidad su manejo se reduce a jardines de producción². De acuerdo

² En este artículo el concepto de jardines de producción se atribuye a la producción de maíz nativo pigmentado en pequeñas superficies (menores a 2000 m²) ubicadas en un extremo de la parcela productiva, donde se cultivan

con Kato *et al.* (2009), es importante conservar estos recursos genéticos, además de los procesos de producción que implican y que, desde tiempos ancestrales, han permitido generar, mantener y diversificar las razas nativas. Después de todo la agricultura es una actividad que se realiza en base a saberes tradicionales y prácticas acordes a las condiciones propias del lugar, como el uso de semillas nativas (Vallejo *et al.*, 2011).

Respecto al cultivo y conservación de maíces es pertinente conocer la tecnología empleada, dado que en su manejo existe una gran variación en las técnicas y métodos (Vásquez *et al.*, 2017). La tecnología del cultivo es un medio que trabaja sobre la naturaleza y de manera simultánea promueve el desarrollo social y las relaciones humanas; al incorporar nuevos componentes tecnológicos al manejo de cultivos se dice que se está innovando (Cáceres, 1995).

El objetivo de la investigación fue conocer la tecnología de producción que emplean los productores de los municipios de Temoac y Ayala, Morelos.

1.4. Materiales y métodos

1.4.1. Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en los municipios de Temoac y Ayala ubicados al oriente del estado de Morelos. Temoac se ubica en las coordenadas geográficas 18° 47' 28'' de latitud norte y 98° 47' 15'' de longitud oeste, a una altitud media de 1580 msnm. Predomina el clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad y presenta una temperatura media anual de 21.5°C, así como una precipitación media anual de 857 mm. Tiene una extensión territorial de 48.52 km², distribuidos en 4 localidades y 7 colonias. Un total de 4,286 ha son de

maíces mejorados, sorgo, amaranto y/o cacahuate. Esta característica es un rasgo presente entre los productores de los municipios de estudio.

uso agrícola, lo cual representa el 88.31% de la superficie total. Los suelos característicos son Vertisol (38.69 %) y Arenosol (33.77 %) (PMD Temoac, 2016).

El municipio de Ayala se ubica en las coordenadas geográficas 18° 46´ 28´´ de latitud norte y 98° 59´ longitud oeste, se encuentra a una altitud media de 1220 msnm; el clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano; la temperatura y precipitación media anual es de 24°C, y 800 mm respectivamente; del total de su superficie que es de 366.82 km², el 51 % de uso agrícola (17,950 ha); prevalecen los suelos Vertisol (29.8 %) y Feozem (29.9 %) (PMD Ayala, 2016).

1.4.2. Técnicas de investigación

El trabajo contempló diversas técnicas de investigación y abarcó tres fases de campo. En la primera de estas se realizaron recorridos de reconocimiento por las localidades, con la finalidad de establecer contacto e identificar a productores de maíz nativo pigmentado, potencialmente viables para el estudio; para ello se empleó un muestreo dirigido no probabilístico con la técnica de “bola de nieve” (Biernacki y Waldorf, 1981). Esta técnica permitió contactar a un productor inicial y a su vez éste hizo referencia a otros productores con las mismas características de estudio; así el tamaño de muestra fue de 36 productores distribuidos en los dos municipios. A cada uno de los participantes, se realizó una visita y se obtuvo información general sobre cuestiones de producción, manejo y comercialización de maíz nativo pigmentado.

Una vez delimitada la muestra de estudio, se procedió a desarrollar la segunda fase de campo, la cual consistió en realizar observación participante recabando información sobre la decisión de siembra y manejo del cultivo (Kawulich, 2005). Se realizaron visitas semanales de mayo a noviembre de 2015. A partir de los registros se elaboró una prueba piloto de cuestionarios.

La tercera etapa consistió en la aplicación de entrevistas mediante un cuestionario estructurado (Sandoval, 2002). Se entrevistaron 36 productores de maíz pigmentado, 21 en el municipio de Temoac y 16 en Ayala. Las entrevistas se realizaron de noviembre de 2015 a febrero de 2016.

1.4.3. Variables evaluadas y análisis estadístico

El cuestionario además de ser diseñado con base en los objetivos planteados, abarcó cuatro apartados. El primero englobó los datos generales de los productores, tales como nombre, localidad, edad, sexo, entre otros. El segundo fue referente a la unidad de producción, como número de parcelas, superficie, tipos de cultivos, etc. En el tercero se recabó información sobre la producción de Maíz Nativo Pigmentado (MNP), así como de su manejo. El último apartado versó sobre la comercialización y el manejo y conservación de la semilla

La organización de la información recabada consistió en la codificación de las preguntas, elaboración de matriz de datos, selección y análisis de variables.

1.5. Resultados y discusión

1.5.1. Características de los productores de maíz nativo pigmentado

El intervalo de edad de los productores osciló entre los 40 a 87 años, con una media de 66 años. Resultados similares fueron observados por Osorio *et al.* (2015) en agricultores de maíz en Puebla y por Vázquez *et al.* (2017) en agricultores de maíz en Oaxaca; sin embargo, en ambos estudios la edad promedio resultó ser menor (de 57 años para el primer caso y de 60 años para el segundo). Lo anterior revela un fenómeno nacional que es el envejecimiento del campo. Desde hace más de una década, Vázquez (2003) señalaba un proceso acelerado de envejecimiento en el medio rural el cual repercutía en la coexistencia de varias generaciones, al

ser las generaciones más viejas vulnerables a la precariedad, pues los miembros más jóvenes se desplazan a otros lugares para emplear su mano de obra.

Los datos etarios registrados son un tema que proyecta no sólo el envejecimiento de los productores de maíz nativo pigmentado en los municipios de Temoac y Ayala. También permiten visualizar un escenario desalentador de su cultivo y de la agricultura en general. Los cambios en la estructura demográfica (tendiente a una edad avanzada) prevén no sólo una actividad longeva, también la disminución y pérdida de maíces. A esta situación se suma que en la mayoría de los casos las generaciones más jóvenes (hijos y nietos) no están interesadas en continuar con el cultivo.

La escolaridad varió de 0 a 9 años de estudio, con una media de 4.3 años, lo cual significa que, los productores saben leer y escribir, aunque no concluyeron la educación básica de primaria. Esto concuerda con los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria 2014 (INEGI-SAGARPA, 2014), donde reporta que el nivel de estudios que prevalece entre los productores en México es la primaria con el 57.6%. Así mismo, Osorio *et al.* (2015) reportaron una escolaridad de 0 a 12 años de educación formal, con una media de 3.5 años para productores del estado de Puebla. Esto podría indicar que la tendencia es la misma a nivel nacional.

La superficie total que poseen los productores osciló de 1.8 a 106 tareas³, con un promedio de 35 tareas, las cuales son resultado de herencia de algún familiar, compra y en algunos casos la rentan. Los productores poseen un promedio de 3 predios, la tenencia del predio destinado a la

³ 1 tarea= 1000 m²

siembra de MNP es ejidal en un 72.2 %, privada en 19.5 % y comunal en 8.3 %. El 75 % son propietarios, al 19.5 % de los productores les prestaron el terreno y el 5.6 % lo rentaron.

El número de predios está en función de la superficie y diversificación de cultivos que realizan los pequeños productores, para distribuir el riesgo que pueda presentarse durante el ciclo agrícola en algún cultivo en específico, con lo cual asegura sus medios de subsistencia. En cuanto a la tenencia de la tierra y propiedad de la misma, Morett y Cosío (2017) señalan que los ejidos son una modalidad de propiedad rústica de la tierra fundada por el Estado mexicano única en el mundo y son producto de la reforma agraria entre 1934 y 1992. Lo cual explica los resultados encontrados.

1.5.2. Producción de Maíz Nativo Pigmentado

En el municipio de Temoac el cultivo de maíz nativo pigmentado se realiza en un promedio de 1.6 tareas. La superficie de otros cultivos como maíz mejorado (blanco o amarillo), sorgo, amaranto y cacahuete es de 16 tareas. En total los productores poseen un promedio de 17.6 tareas (Figura 1). Por su parte en Ayala, la tendencia es similar en lo relacionado a la superficie de cultivo de MNP al destinar un promedio 1.7 tareas a su producción. Sin embargo, existe una diferencia en cuanto a la superficie destinada a la siembra de otros cultivos la cual es de 50.7 tareas y la superficie total en promedio que posee cada productor (52.4 tareas).

Los datos anteriores revelan que de manera general en los municipios de estudio el cultivo de MNP ha desaparecido, principalmente por su desplazamiento por otro tipo de maíces como el blanco mejorado, cultivos de consumo animal como el maíz amarillo y el sorgo, cultivos comerciales como amaranto, cacahuete, hortalizas, árboles frutales, así como de cultivos de nueva introducción como las plantas aromáticas.

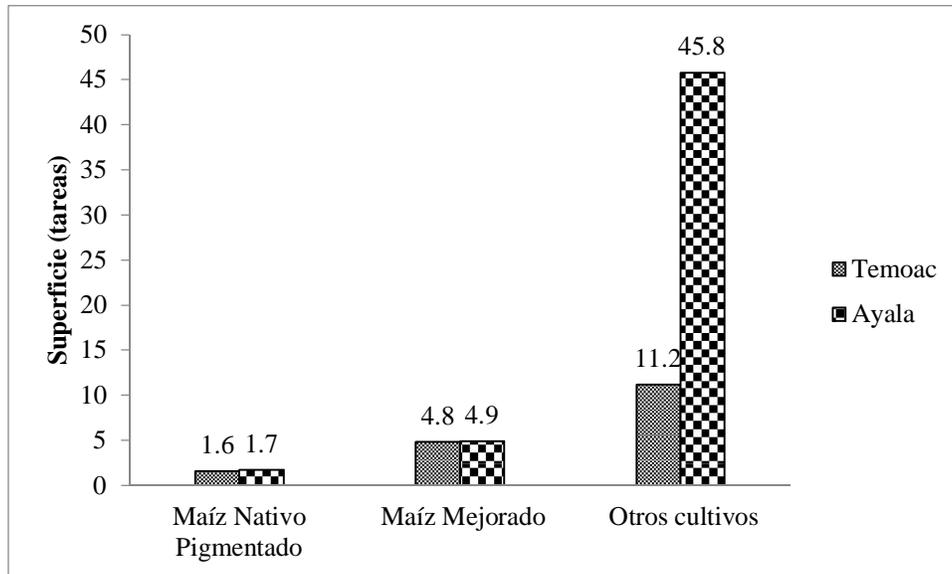


Figura 1. Superficie de cultivos agrícolas en los municipios de Temoac y Ayala, Morelos.

En relación a esto, Barkin y Suárez (1985) señalan que es a partir del año de 1965 que se propició un declive del campo mexicano, lo cual se debió a dos factores básicos. El primero, la asignación de los mejores recursos tecnológicos y financieros a la elaboración de alimentos para animales y segundo al remplazo de cultivos tradicionales como el maíz, frijol, arroz, entre otros, por otros de mayor ganancia, en detrimento de la producción y superficie sembrada.

A pesar de todas las condiciones adversas que se han presentado a lo largo del tiempo para continuar con el cultivo de maíz nativo pigmentado, éste (aunque en menor superficie), ha subsistido a lo largo del tiempo bajo condiciones precarias de nutrición y de riego debido a la adaptación a las condiciones orográficas y climáticas de los municipios de estudio. Además de que representa el sustento de las familias campesinas, pues los productores señalaron que siguen cultivando MNP por que brinda seguridad alimentaria (junto con el maíz comercial).

Otro motivo es la continuidad de sus tradiciones pues el conocimiento sobre el manejo del cultivo fue heredado por sus padres y abuelos. Aunado a ello, los productores aseguran que el

sabor de los productos elaborados con estos maíces es mejor que los elaborados con otros, pues los emplean en la elaboración de platillos que difícilmente se pueden hacer con otro tipo de maíces. Ejemplo de ello es el uso de maíces negros en la elaboración de tamales, tortillas y productos como carretas, totopos, tlacoyos, etc., por la suavidad de la masa y el sabor agradable al paladar.

De manera específica en Temoac, el uso de maíz nativo de pigmento rojo o “colorado” presenta un arraigo religioso-cultural muy fuerte, pues se emplea en la elaboración de atole que es otorgado como un presente en las ceremonias religiosas motivo por el cual esta variedad es considerada por los productores como algo sagrado.

En relación a lo antes señalado Fernández *et al.* (2013), mencionan que los maíces nativos siguen teniendo vigencia, básicamente por sus cualidades especiales para la elaboración de diversos tipos de platillos que con otros maíces no se pueden elaborar. Mientras que Lazos y Chauvet (2011) señalan los usos que tienen los maíces nativos en la cocina mexicana, cualidad que los productores consideran al momento de seleccionar sus semillas.

En cuanto a la experiencia en el manejo del cultivo de MNP se encontró que en el municipio de Temoac, los productores tienen un promedio de 38.3 años de experiencia ($s=20.23$), y en Ayala los productores tienen una experiencia de 20 años en el cultivo de MNP ($s=17.34$). Se encontró diferencia estadística entre los dos municipios ($t= 2.851$; $p=.007$) donde se encontró un mayor manejo de los maíces pigmentados a través del tiempo. Así mismo, en los últimos años, el 57.14 % de los productores ha sembrado un tipo de MNP (sea rojo o negro), 23.8 % con dos tipos y el 19.06 % hasta 3 tipos de MNP.

Lo anterior señala que en el municipio de Temoac, el cultivo de los MNP tiene mayor arraigo cultural, pues prácticamente los productores han pasado más de la mitad de su vida cultivándolos. Mientras que en Ayala considerando que la edad promedio de los productores es de 66 años, los productores han destinado un tercio de su vida cultivando este tipo de maíces. En los últimos 10 años el 60% de los productores ha sembrado un tipo de MNP y el 40% han cultivado dos tipos.

En México, la diversidad genética del maíz se mantiene principalmente por la prevalencia y al uso de esta gramínea en las comunidades rurales e indígenas (Cervantes *et al.*, 2014) y continúa siendo la base de la agricultura campesina mexicana. La conservación de este importante recurso genético es realizada principalmente por productores de subsistencia, quienes basan su alimentación en el maíz y otros cultivos como el frijol, calabaza, etc. Estos materiales presentan una amplia variación genética en sus características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, aunadas a su adaptabilidad, condición que ha permitido la selección de maíces para diversos usos (Fuentes *et al.*, 2012).

A lo largo del tiempo, los pequeños productores de los municipios de estudio han desarrollado diversas estrategias para conservar, adaptar y producir MNP. Normalmente consideran dos características importantes para la selección de sus variedades: la primera es referente al tamaño de la semilla y la segunda al ciclo del cultivo (precoz, intermedio o tardío), lo que les ha permitido programar la siembra de sus plantas de acuerdo con sus necesidades de alimentación y/o sus gustos así como contrarrestar las amenazas derivadas de la variabilidad climática (sequía, lluvias torrenciales, granizadas, fuertes vientos, entre otras) y condiciones de cultivo extremas (suelos pobres, nula fertilización, etc.).

En relación a esto, Cervantes *et al.* (2014) señalan que las razas de maíz nativo en México generan su propia dinámica fundamental por la selección natural y por la selección de los agricultores. Mientras que Miranda *et al.* (2016), indican que es importante preservar las razas de maíz nativo por su capacidad de adaptación a múltiples condiciones ambientales y agronómicas, los usos alimentarios específicos que tienen, el alto rendimiento que algunas poseen y su capacidad para seguir evolucionando y mejorar dichas características.

1.5.3. Tecnología aplicada al cultivo de MNP

En ambos municipios el cultivo de MNP se realiza bajo condiciones de temporal. En Temoac, principalmente en suelos de textura conocida como barrales (33.3 %) y arenales (33.3 %), seguido de tierra colorada (19.5 %) y tepetate (9.5 %). Los suelos son planos (85.7 %), lomeríos (9.5 %) y laderas (4.8 %). En Ayala el 66.7 % de la siembra se realiza en suelos barrales, 26.7 % en tepetates y 6.7 % en tierras calichosas. Los suelos son planos (53.3 %), laderas (33.3 %) y lomeríos (13.3 %).

El barbecho es la primera actividad que realizan la mayoría de los productores. Éste por lo regular se comienza a realizar en el mes de mayo hasta una semana antes de la siembra. En Temoac, el 92.2 % de los productores realizaron esta labor, de los cuales 76.2 % lo realizó con tractor (93.8 % en renta y 6.2 con tractor propio) y el 14.3 % con animales de tiro propios. El 4.8% no barbechó debido a la textura del terreno, sembrando mediante la modalidad de labranza de conservación. Por su parte en Ayala, el 93.3 % de los productores barbechó sus terrenos. El 57.1 % lo hizo con tractor (75 % en renta y 25 % son propios) y el 40 % con animales de tiro (50 % propios y 50 % en renta). El 6.7 % no barbechó el terreno.

La segunda actividad es el surcado, el cual se realiza una semana o un día antes de la siembra. En Temoac 92.2 % de los productores realizaron esta labor. El 65 % de ellos con tractor en renta y el 35 % con animales de tiro (83.3 % propios y 16.7 % en renta). El 4.8 % no surcó. En Ayala, el 93.3 % de los productores surcaron sus terrenos, de los cuales el 53.3 % emplearon tractor (75 % en renta y 25 % propios), el 14.3 % con animales de tiro en renta y otro 14.3 % empleó ambos. En ambos municipios la distancia entre surcos es en promedio de 80 centímetros, la cual coincide con el surcado que se realiza en toda la parcela para los cultivos de sorgo, maíz mejorado y amaranto. De igual manera, la distancia entre plantas fue de 50 cm.

Para la siembra que es la tercera actividad, los productores de los dos municipios emplean semilla del ciclo anterior, seleccionada en relación a la calidad de la mazorca, calidad y forma del grano, el color de grano homogéneo e intenso, así como del tipo de subproductos que se elaboraran con la misma. Solo en casos extremos de no haber guardado semilla o que se haya picado, los productores adquieren semilla en la localidad. El número de semillas sembradas en su mayoría fueron de 2 y 3. La siembra que mayormente se practica es “tapa pie” la cual consiste en colocar 2 semillas, tapar con el pie, dar un paso, colocar 3 semillas, volver a tapar y así sucesivamente; lo anterior permitiría lograr una densidad de 62, 000 plantas ha⁻¹.

La fecha de siembra oscila entre los días 20 y 24 de junio, lo cual se relaciona con la festividad de San Juan (24 de junio) ya que los productores lo han adoptado como el día adecuado para la siembra del maíz pues siempre llueve y el suelo está en óptimas condiciones para la germinación. Así mismo, puede haber siembras “tempraneras”⁴ las cuales se realizan en cuanto caen las primeras lluvias de junio (10- 15 de junio) o “tardías” las cuales se realizan como fecha

⁴ Término que se refiere a las primeras siembras.

límite el 8 de julio, pues los productores aseguran que ésta es la fecha máxima en la cual los MNP pueden producir debido a que son materiales precoces. En Temoac el ciclo del cultivo de MNP osciló entre 140 días y 180 días, con una media de 165 días. En tanto que en Ayala la media fue de 155 días y una variación de 120 a 174 días.

La cuarta actividad es la fertilización, en los municipios de estudio se realiza al menos una fertilización al cultivo de MNP por que los productores consideran que de no hacerlo no se producirá debido a que los suelos ya están “desgastados” o “cansados”. El tipo de fertilizante empleado es químico. La fuente principal es la fórmula comercial mezclada llamada “Cañero reforzado” misma que en la mayoría de los casos es regalada a los productores por parte de la SAGARPA, en otras ocasiones deciden comprar otras fuentes como urea, fosfonitrato, Fosfato Diamónico (18-46) o sulfato de amonio y cloruro de potasio.

La aplicación del fertilizante está en relación a la presencia de lluvias, pues algunos productores comentan que si se aplica en seco se “quema” la planta, por eso esperan a que el suelo esté mojado. Así como también de la economía del productor, pues en ocasiones al momento de fertilizar y a pesar de que existen las condiciones óptimas para realizarlo, si no se cuenta con capital para adquirir el fertilizante, no se realiza.

El beneficio o aporque es la quinta actividad, se realiza principalmente para airear el suelo y arrimar tierra a la base del tallo para proveer mayor anclaje de la raíz al suelo. Generalmente se realiza en dos etapas mismas que coinciden con la fertilización, con esta labor se logra una mayor asimilación del fertilizante (debido a que con el aporque se va cubriendo el fertilizante). En Temoac el 87.5 % de los productores realizaron al menos un beneficio empleando animales de tiro (66.7 % propios, 27.8 % en renta y 5.5 % prestado). El 12.5 % no realizaron esta labor.

En Ayala el 66.7 % de los productores realizaron al menos un beneficio, de los cuales el 80 % empleó animales de tiro (62.5 % propios y 37.5 % en renta), 10 % con azadón y 10 % con tractor propio. El 33.3 % de los productores no lo realizó.

En los dos municipios, las malezas se controlan en su mayoría con productos químicos (72.2 %), en donde se emplean herbicidas para combatir malezas de hoja ancha y zacates. La aplicación va desde antes de la siembra (uso de Glifosato y Gramoxone), preemergente (uso de Atrazinas) mediante el método conocido como “sellar el cultivo” el cual se realiza al momento de terminar la siembra con el objetivo de evitar la presencia de malezas y que el maíz germine “limpio”. En caso que se presenten malezas una vez que emergió el cultivo se utiliza Gramoxone (Paraquat®) para “quemar las malezas”. Algunos otros productores emplean herbicidas hormonales como 2, 4-D Amina®.

El 22.2 % de los productores combate las malezas realizando deshierbes de forma manual, esto debido a que cultivan los MNP en asociación con cultivos como frijol de enredo, frijol mapil, y/o calabaza de dulce o pipiana, por lo que el uso de herbicidas se descarta al provocar daños a los cultivos antes indicados. El 5.6 % emplea azadón para realizar esta actividad por los motivos antes descritos.

En cuanto al control de plagas, el cultivo de MNP es atacado principalmente por gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), “gallina ciega” (*Phyllophaga spp.*), gusano elotero (*Helicoverpa armígera*) y talatas (*Acromyrmex spp.*). En los municipios de estudio el 88.9 % de los productores controlaron plagas en el maíz, la principal fue gusano cogollero (93.6 %), gallina ciega (9.4 %) y talatas (3.1 %). El control fue químico empleando productos comerciales a base de Cipermetrina, Clorpirifos, Metomilo, cuyos productos comerciales son: Lorsban®, Foley®,

Cipermetrina®, Clorpirifos®, Lannate®, etc. Algunos productores emplean el control natural empleando el producto comercial Palgus®.

La cosecha se realiza de forma manual, empleando una “aguja” de metal con la cual se rasga la hoja para obtener la mazorca, dejando el rastrojo de la planta en pie. En cuanto al uso del rastrojo, el 66.7 % de los productores lo utiliza para el consumo de sus animales (pastoreo dentro de la parcela) y el 25 % lo incorpora al suelo. En la figura 2 se muestran las prácticas agrícolas realizadas por los productores de los municipios de estudio.

En cuanto al rendimiento de grano, el 40 % de los productores pudo realizar la estimación de rendimiento de MNP. El procedimiento es muy variable y no constante entre productores pues cada uno emplea una unidad de medida diferente: costales de mazorca, cargas de mazorca, maquilas de grano, cargas de grano, lo cual les permite tener una idea sobre la producción final obtenida de sus maíces. A pesar de ello, de manera general los rendimientos obtenidos son muy bajos ($<1 \text{ t ha}^{-1}$), debido en gran parte al manejo que se les brinda y a la merma ocasionada por factores relacionados con la sanidad de la mazorca al momento de la cosecha (pudrición o ataque de aves, roedores o gusano). El resto de los productores no considera la estimación del rendimiento de grano de MNP.

Al respecto, Turrent *et al.* (2012) señalan que en México los rendimientos de maíz son muy variables. Así mismo, puntualizan que las unidades de producción que cultivan tierras marginales tienden a ser del tipo de subsistencia, en las cuales se siembran únicamente razas nativas de maíz, obteniendo rendimientos de menos de una tonelada por hectárea.

De manera general, el proceso de almacenamiento y conservación es el siguiente: después de la cosecha, se asolea en el patio o techo de la casa del productor, una vez alcanzado el nivel de humedad que permite el desgrane de la mazorca, se seleccionan las mejores mazorcas las cuales serán empleadas para semilla en el próximo ciclo productivo las cuales se apartan, se realiza el desgrane y se almacena. Solo el 22.2 % de los productores harnean el grano antes de almacenarlo con la finalidad de separar granos podridos y/o picados, restos de totomoxtle y estigmas secos (pelos de elote), lo cual se traduce en mayor sanidad del grano almacenado.

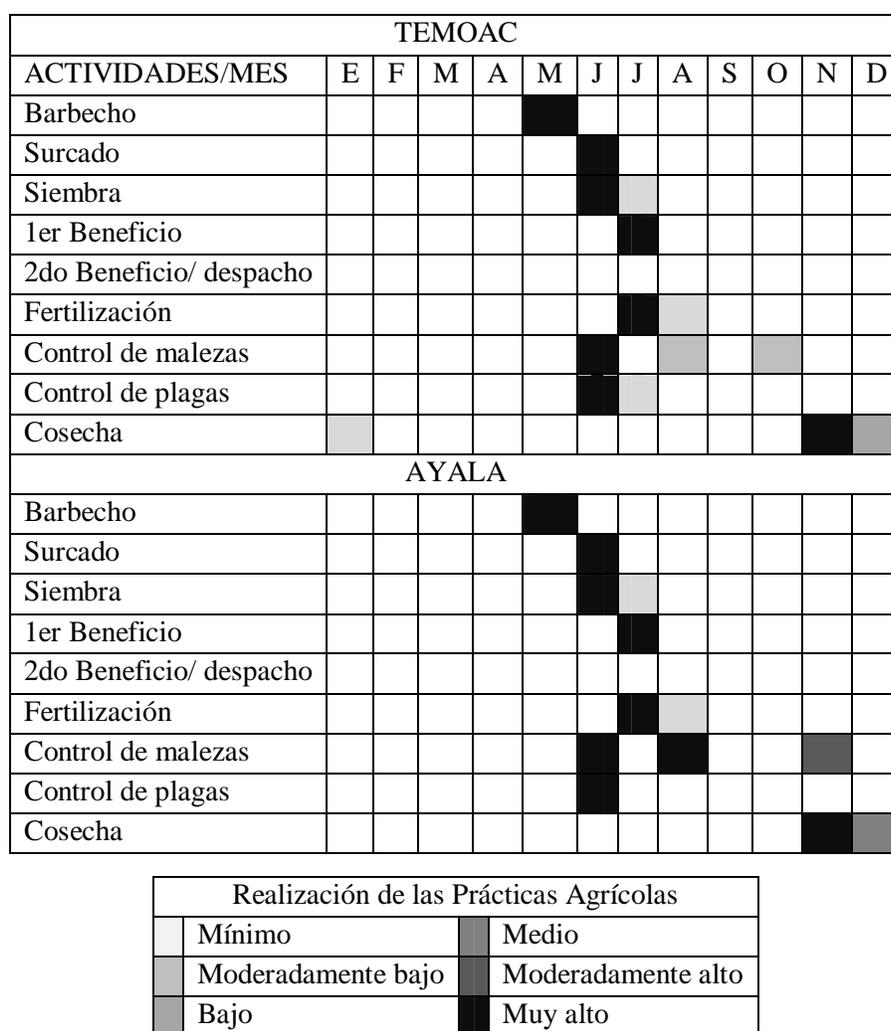


Figura 2. Prácticas agrícolas realizadas en el cultivo de MNP en Temoac y Ayala, Morelos.

El almacenamiento se realiza de diferentes maneras: el 63.9 % de los productores, encostala empleando costales de plástico y los coloca en cuartos oscuros, ventilados, libres de humedad, solo un productor emplea costales de ixtle pues asegura que son los mejores para conservar por más tiempo el grano. El 16.7 % de los productores colocan el grano en tambos de plástico y los colocan en un lugar oscuro y ventilado. Por otra parte, el 11.1 % posee un cuexcomate el cual es una construcción antigua elaborada con barro, carrizos y zacate diseñada para el almacenamiento de las cosechas. Solo un productor posee un silo metálico.

En cuanto a la conservación del grano, el 88.9 % de los productores emplea el control químico empleando pastillas de fosforo de aluminio para tratar el grano al momento de almacenarlo. El 11.1 % restante no emplea ningún producto, solo asolea el grano y lo almacena, cabe señalar que estos productores corresponden al municipio de Temoac en donde el clima es más templado que en Ayala, motivo por el cual este tipo de método es efectivo. El periodo de efectividad de ambos tipos de control va de 90 a 365 días, el cual está en función del número de pastillas empleados en el primero y del número de días que se asolea y la intensidad de la luz solar en el segundo.

El destino principal de la cosecha de MNP es para autoconsumo. Cuando la demanda alimenticia del hogar es cubierta y existe algún excedente, éste es comercializado de manera local en la comunidad.

En el municipio de Temoac, la venta de MNP está asociada a cuestiones religiosas y de eventos sociales, pues si en la comunidad va a haber una mayordomía, boda, comunión o bautizo, la familia anfitriona elabora atole para ofrecerlo a los padrinos. La elaboración de este atole se realiza con MNP “rojo o colorado”, por lo cual acuden con el productor del que tienen

conocimiento que lo produce para comprarlo, el productor no se niega a venderlo pues conoce el compromiso de la persona. El precio de venta de MNP es dos o tres pesos mayor que el de maíz comercial.

En el municipio de Ayala una mayor proporción de la producción se destina a la venta, la cual se hace de manera indistinta a quien vaya al domicilio del productor y manifieste su interés por adquirir este tipo de maíces. El precio de la maquila de MNP es el mismo que el de maíz comercial.

Derivado de la promoción de cultivos comerciales como el sorgo, maíz mejorado, amaranto y cacahuate en el oriente de Morelos, en la década de los setentas, el manejo del MNP ha ido modificándose con el paso del tiempo, lo cual ha generado que en la actualidad se emplee una combinación de técnicas tradicionales y modernas.

En Temoac, existen algunos productores que aún conservan en su totalidad el manejo tradicional del maíz: la semilla empleada es seleccionada del ciclo anterior, la preparación del terreno con animales de tiro, la siembra de la milpa⁵ (principalmente MNP con calabaza pipiana y/o frijol de enredo), el control de malezas manual o con animales de tiro, la cosecha manual, el desgranado de semilla con “olotera⁶” y la conservación del grano sin empleo de productos químicos.

⁵ Sistema agrícola tradicional conformado por un policultivo, que constituye un espacio dinámico de recursos genéticos y donde el cultivo principal es el maíz (CONABIO, 2018) <https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/milpa.html>.

⁶ Utensilio circular elaborado con varios olores de maíz sujetos con alambre empleada para desgranar manualmente el maíz.

Sin embargo, la mayoría de productores en ambos municipios realiza un manejo combinado en el cual las prácticas tradicionales consisten en la selección de la semilla del ciclo anterior, la forma de siembra, la cosecha y el desgrane. Por su parte, las prácticas modernas incluyen la preparación mecanizada del terreno, control químico de malezas y de plagas, aplicación de fertilizantes sintéticos y la conservación del grano empleando productos químicos.

En los últimos años, en los municipios de estudio y de manera general en el Oriente de Morelos, el cultivo de MNP se ha relegado a pequeños espacios o jardines de producción. Dentro de las parcelas de los productores es muy común observar el cultivo principal (que por lo regular es maíz mejorado o sorgo) y en una esquina algunos surcos de MNP. Esta misma tendencia ha sido reportada en Tlaxcala donde los maíces blancos híbridos se extienden por los campos de los agricultores combinados con los nativos de diversos colores (Lazos, 2016).

Los productores al conocer las nuevas prácticas de manejo (uso de fertilizantes y agroquímicos) las han ido incorporando en el cultivo de MNP, pues presentan la ventaja de disminuir su fuerza laboral y/o la mano de obra contratada. Esta situación aunada a la edad avanzada de los productores y el desinterés de sus hijos o nietos en contribuir con mano de obra en la producción agrícola, ha propiciado que empleen estas técnicas para reducir su fuerza de trabajo.

Esta tendencia se presenta en Guerrero, donde desde hace 20 años instancias gubernamentales alentaron a los productores a cambiar la siembra de maíces nativos por maíces mejorados con mayor productividad, motivo por el cual se introdujeron éste tipo de maíces (Munguía *et al.*, 2016). Así como también en Tlaxcala en donde los programas nacionales, impulsados por la SEFOA ocasionaron la introducción masiva de maíces blancos híbridos (Lazos, 2016).

1.5.4. Futuro del cultivo de MNP en Temoac y Ayala, Morelos

Debido a las tendencias de desplazamiento del cultivo y edad avanzada de los productores, aunado al escenario actual de promoción de la siembra de maíces transgénicos para combatir los problemas de seguridad alimentaria (Massieu, 2009), se hace necesaria la generación de políticas públicas encaminadas a generar la protección y conservación del maíz nativo, especialmente los pigmentados los cuales son importantes desde el punto de vista cultural, alimenticio e industrial, debido a los pigmentos que posee (Fernández *et al.*, 2013).

Existen evidencias a nivel mundial y nacional de que el minifundio es una actividad rentable, que se proyecta como la única manera de afrontar la escasez de alimentos en un futuro desalentador generado por el aumento de la población y del calentamiento global (Franco, 2015). Lo anterior se convierte en una opción viable para que en los municipios de estudio (y en la región oriente), se pueda seguir conservando y preservando este tipo de maíces. Hay que tener en cuenta, que de no realizar acciones para promover el cultivo de maíz nativo pigmentado, la consecuencia final será la pérdida de este símbolo de riqueza biocultural que los pequeños productores han conservado a lo largo de sus vidas.

1.6. Conclusiones

El cultivo de MNP es primordial para satisfacer las necesidades alimenticias y mantener la tradición en los municipios de Temoac y Ayala Morelos. A pesar de ello, con el paso del tiempo la superficie de cultivo se ha reducido, lo cual representa un peligro pues de continuar la tendencia se estaría poniendo en riesgo la perpetuidad del cultivo por parte de familias campesinas.

La tecnología empleada para el cultivo de MNP es diferente entre municipios y está influenciada por aspectos culturales y económicos. Es principalmente tradicional con el empleo de algunas técnicas modernas como el uso de tractores para preparar y surcar, de herbicidas, plaguicidas y fertilización química esto podría deberse a dos factores: el primero por la influencia que el paquete tecnológico de maíz mejorado y/o sorgo, pues el cultivo de MNP se realiza en un extremo del terreno dedicado en su mayor parte a este tipo de cultivos. La segunda razón es causada por la edad de los productores, pues al ser gente de edad avanzada ya no pueden aportar mayor fuerza de trabajo en sus parcelas, por eso el uso de estos elementos les facilita la producción agrícola en general.

A pesar de no ser un cultivo que contribuya al ingreso familiar, los productores de MNP continúan sembrándolo porque lo prefieren para satisfacer necesidades alimenticias y porque pueden elaborar productos que con los maíces mejorados no pueden hacerlos, además de poseer un arraigo cultural y religioso (en Temoac).

La conservación de este recurso genético es importante debido a que posee variación genética que puede servir de base para el desarrollo de materiales adaptados a diferentes ambientes de la región oriente de Morelos y a los efectos del ambiente en donde algunas variedades mejoradas que ofrece el mercado actualmente no prosperan.

1.7. Literatura citada

Barkin, D. y Suárez. B. 1985. El fin de la autosuficiencia alimentaria. Ed. Océano. México, D.F.

Biernacki, P and Waldorf, D. 1981. Snowball sampling problems and techniques of chain referral sampling. *Sociological methods & research*, 10(2), 141-163.

Cáceres, D. 1995. Pequeños productores e innovación tecnológica: un abordaje metodológico.

Rev. Agro sur. ISSN 0304-8802. Valdivia, Chile. 23(2):127-139.

Cervantes, F.; Cano, M.; Rivera, G.; Cisneros, H.; Rangel, J.; Mendoza, M. y Andrio, E. 2014.

Comportamiento agronómico y productivo de maíces criollos mejorados y sus progenitores en dos fechas de siembra en: M. Ramos., V. Aguilera., (eds.) Ciencias Agropecuarias, Handbook - -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2014.

Disponible en: http://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencia%20Agropecuarias%20T-II/Articulo_9.pdf consultado el 9 de mayo de 2018.

D'Alessandro, R. y Linck, T. 2016. Identidad y territorio: la apropiación de los saberes locales

a partir de la conservación del maíz nativo tzeltal. Pág.183. En: El maíz nativo, una aproximación crítica desde los estudios rurales/Ignacio López Moreno e Ivonne Vizcarra Bordi. Coordinadores. México, Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablos Editor, 2016.

Fernández, S. R.; Morales, C. L. A. y Gálvez, M. A. 2013. Importancia de los maíces nativos

de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. Revista Fitotec. Mex. 36 Supl. 3-A: 275-283.

FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2016. Panorama

Agroalimentario, Maíz 2016. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200637/Panorama_Agroalimentario_Ma_z_2016.pdf Consultado el 19 de marzo de 2018.

Franco, G. 2015. Minifundio si es rentable con apoyos productivos. RIMISP (Centro

Latinoamericano para el Desarrollo Rural), 22 de junio de 2015. En línea:

<https://rimisp.org/noticia/minifundio-si-es-rentable-con-apoyos-productivos/> Consultado el 02 de diciembre de 2017.

Fuentes, G. C. M.; Mendoza, E. M.; Rangel, L. J.A.; Cervantes, O. F.; Esparza, S. E.; Gallardo, R. M.E. y Andrio, E. E. 2012, noviembre. Comportamiento agronómico de maíces pigmentados. En: Primer Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Memoria científica, primera edición. 2013 (Pág. 68). ISBN: 978-607-96093-0-6. Roque, Celaya, Guanajuato.

Gaytán, M. M.; Figueroa, C. J. D.; Reyes, V. M. L.; Morales, S. E. y Rincón, S. F. 2013. Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. *Rev. Fitotec. Mex.* 3-A(36):339-346.

Guadarrama, A.; Aragón, F. y Willcox, M. 2014. Mejoramiento de maíces nativos. *Enlace.* 5(22):11-15.

Hellin, J.; Donnet, L.; López, D.; Flores, D. y Keleman, A. 2013. La importancia de los nichos de mercado. Un estudio de caso del maíz azul y del maíz para pozole en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 6 (36): 315-328.

INEGI-SAGARPA (Instituto Nacional de Estadística y Geografía - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014. Encuesta Nacional Agropecuaria. Disponible en: http://www.beta.inegi.org.mx/contenidos/proyectos/encagro/ena/2014/doc/ena2014_pr es.pdf Consultada el 12 de marzo de 2018.

- Kato, T. A., Mapes, C., Mera, I. M., Serratos, J. A. y Bye, R. A. 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 116 pp. México, D.F.
- Kawulich, B. B. 2005. La observación participante como método de recolección de datos [82 párrafos]. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research [Online Journal], 6 (2), Art. 43, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0114-fqs0502430>.
- Keleman A. y Hellin, J. 2013. Las variedades criollas del maíz, los mercados especializados y las estrategias de vida de los productores. LEISA. Rev. Agroecol. 29(2):7-9.
- Lazos, Ch. E. 2016. La conservación de la agrobiodiversidad en la arena política del desarrollo. Maíces en Tlaxcala y en Oaxaca. En: El maíz nativo, una aproximación crítica desde los estudios rurales/Ignacio López Moreno e Ivonne Vizcarra Bordi. Coordinadores. México, Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablos Editor, 2016. Pág. 256.
- Lazos E y Chauvet, M. 2011. Análisis del contexto social y biocultural de las colectas de maíces nativos en México. Proyecto global de maíces nativos. Informe de Gestión. CONABIO. Disponible en: http://www.biodiversidad.gob.mx/genes/pdf/proyecto/Anexo9_Analisis_Especialistas/Lazos%20y%20Chauvet%202011.pdf (8 de mayo de 2018).
- López, T. B. J.; Rendón, M. R. y Camacho, V. T. C. 2016. La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Pub. Esp.15: 3075-3088.

- Massieu, T. Y. C. 2009. Cultivos y alimentos transgénicos en México. El debate, los actores y las fuerzas sociopolíticas. *Argumentos* 22(59): 217-243.
- Miranda, G. O.; Sánchez, P. F. y Hoyos, C. G. C. 2016. Transformación agrícola en Santa María Nativitas, Calimaya, Estado de México. Un análisis socioterritorial del cultivo del maíz Cacahuacintle. Pág. 196. En: *El maíz nativo, una aproximación crítica desde los estudios rurales*/Ignacio López Moreno e Ivonne Vizcarra Bordi. Coordinadores. México, Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablos Editor, 2016.
- Morett, S. J. C y Cosío, R. C. 2017. Panorama de los ejidos y comunidades agrarias en México. *Revista Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 14: 125-152.
- Munguía, A. J., Sánchez, P. F y Vizcarra, B. I. 2016. No hay maíz nativo sin agricultura campesina: respuesta a las variaciones y cambios del clima. El caso Ahuihuiyuco, Guerrero. En: *El maíz nativo, una aproximación crítica desde los estudios rurales*/Ignacio López Moreno e Ivonne Vizcarra Bordi. Coordinadores. México, Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablos Editor, 2016. Pág. 225.
- Osorio, G. N.; López, S. H.; Ramírez, V. B.; Gil, M. A. y Gutiérrez, R. N. 2015. Producción de maíz y pluriactividad de los campesinos en el Valle de Puebla, México. *Nova Scientia*, No. 14, Vol. 7(2): 577-600.
- Plan Municipal de Desarrollo (PMD) Ayala, Morelos 2016-2018. Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. En línea: http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos_municipales/pdf/PlanAyalaMorelos.pdf. Consultado el 12 de diciembre de 2017.

Plan Municipal de Desarrollo (PMD) Temoac, Morelos 2016-2018. Consejería Jurídica del Poder Ejecutivo del Estado de Morelos. En línea: [http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos_municipales/pdf/PLANTE MOACMO2016-2018.pdf](http://marcojuridico.morelos.gob.mx/archivos/reglamentos_municipales/pdf/PLANTE_MOACMO2016-2018.pdf) Consultado el 12 de diciembre de 2017.

Salinas, M. Y., J. Soria R., y E. T. Espinosa. 2010. Aprovechamiento y distribución de maíz azul en el Estado de México. Folleto Técnico 42. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. SAGARPA, INIFAP. pp: 50.

Sandoval, C. A. 2002. Investigación cuantitativa. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. ICFES. Bogotá, Colombia. Pp. 36-38.

SIAP-SAGARPA (Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera - Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2017. Avance de siembras y cosechas, resumen nacional por estado. Disponible en http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do Consultado el 20 de febrero de 2018.

Turrent, F. A. Wise T.A, Garvey E. 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz en México. Mexican Rural Development Research Report No. 24. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Universidad de Tufts. Pág. 8.

Vallejo, N. M. I.; Gurrí G. F. D. y Molina R. D. O. 2011. Agricultura comercial, tradicional y vulnerabilidad en campesinos. Política y Cultura 36: 71-98.

- Vásquez, C. M. A.; Castañeda, H. E.; Lozano, T. S.; Pérez, L. Ma. I.; Santiago, M. G. M. y Robles, P. C. 2017. Caracterización de sistemas de cultivo de Maíz en regiones del Estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agronegocios*. Vol. 4 (1): 24-37.
- Vázquez, P. F. R. 2003. Envejecer entre los cultivos del campo Mexicano. In: Simposio Viejos y Viejas. Participación, Ciudadanía e Inclusión Social, 51 Congreso Internacional de Americanistas, Santiago de Chile, 14 al 18 de julio de 2003.
- Villa, V., Robles, E., Godoy, J. y Vera, R. (2012). El maíz no es una cosa: es un centro de origen. México: El Colectivo por la Autonomía/Centro de Análisis Social, Información y Formación Popular/GRAIN/Itaca. Pág. 36.

CAPITULO 2. PRECOCIDAD Y RENDIMIENTO DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS (*Zea mays* L.) DE LA REGIÓN ORIENTE DEL ESTADO DE MORELOS, MÉXICO⁷

Elizabeth Broa Rojas, Gregorio Bahena Delgado, Néstor Gabriel Estrella Chulim, Benito Ramírez Valverde, José Hilario Hernández Salgado, María Gricelda Vázquez Carrillo

2.1. Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de ciclo de cultivo (precocidad) en el rendimiento y características vegetativas de maíces nativos pigmentados de la región oriente del estado de Morelos. Se consideró el acopio y el establecimiento de ensayos de campo, de 86 colectas obtenidas en localidades de los municipios de Temoac y Ayala Morelos, las que fueron evaluadas en los mismos ambientes, durante el ciclo PV-2016. Se realizó un análisis de varianza con un diseño de bloques al azar, encontrándose diferencias significativas ($p < 0.01$) entre ambientes y entre poblaciones y en más del 50% de los parámetros evaluados para la interacción genotipo x ambiente. Se encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento (RG) y los pesos de grano (PG) y mazorca (PM) ($r = 0.668^{**}$ y 0.664^{**}). En el análisis de medias de rendimiento en los grupos, las poblaciones sobresalientes ultraprecoces, precoz y semiprecoz fueron: '77', '33' y '43' todas de grano rojo y rendimientos de: $\bar{X}=1.8$, 3.1 y 3.3 t ha⁻¹ respectivamente; para el grupo intermedio la Pob. '80' ($\bar{X}=3.0$ t ha⁻¹) y para el grupo tardío la Pob. '47' ($\bar{X}=2.5$ t ha⁻¹) de color azul. En la región existe una amplia variabilidad genética de Maíces Nativos Pigmentados (MNP), misma que es resultado del manejo, preferencias alimenticias y arraigo cultural de los productores, y que se puede conservar con la promoción y siembra de estos MNP.

⁷ Será ajustado a las normas editoriales y enviado a la Revista Chapingo Serie Horticultura.

Palabras clave: *Zea mays* L., interacción genotipo-ambiente, rendimiento de grano, precocidad, agricultura campesina, minifundio.

2.2. Abstract

The objective of the present investigation was to evaluate the effect of crop cycle (precocity) on the yield and vegetative characteristics of pigmented native maize from the eastern region of the state of Morelos. It was considered the collection and establishment of field trials, of the 86 collections obtained in localities of the municipalities of Temoac and Ayala Morelos, which were evaluated in the same environments, during the PV-2016 cycle. An analysis of variance was computed with a randomized block design, finding significant differences ($p < 0.01$) between environments and populations and in more than 50% of the parameters evaluated for the genotype x environment interaction. Significant correlations were found between grain yield (GY) and grain weights (GW) and ear (EW) ($r = 0.668^{**}$ and 0.664^{**}). In the analysis of outstanding measures the ultraprecocious, precocious and semiprecocious populations: '77', '33' and '43' all of red grain and yields of: = 1.8, 3.1 and 3.3 t ha⁻¹ respectively, for the intermediate group the Pop '80' ($\bar{x} = 3.0$ t ha⁻¹) and for the late group the Pop. '47' ($\bar{x} = 2.5$ t ha⁻¹) of color blue. In the region, there is a wide genetic variability of Pigmented Native Maize (NPM), which is the result of management, food preferences and cultural roots of the producers, which can be conserved with the promotion and sowing of these NPC.

Keywords: *Zea mays* L., genotype-environment interaction, grain yield, precocity, peasant agriculture, smallholding.

2.3. Introducción

La región oriente del estado de Morelos está conformada por nueve municipios y es el lugar de transición de un clima templado a un clima cálido subhúmedo (INAFED, 2010), donde los productores de las áreas de temporal o de “secano” practican el sistema tradicional de la milpa, en pequeñas superficies, y se combina la siembra de maíz, frijol y calabaza, empleando semillas de maíces pigmentados (azules, morados, negros, rojos, rosas, amarillos y pintos), las cuales presentan una gran diversidad genética resultado de la influencia del medio ambiente, del manejo y la selección que los productores han llevado a cabo por varias generaciones, conservando maíces con textura harinosa o suave. Lo que les ha permitido que tengan una gran variedad de usos especializados para su alimentación como: tortillas, tamales, atoles, tostadas, pozole, elotes, entre otros usos más. A la fecha no existe una caracterización documentada de sus grupos por ciclos vegetativos o precocidad y potencial de producción de estos maíces nativos pigmentados.

Para la identificación de los grupos conforme a los ciclos vegetativos o precocidad y el potencial de rendimiento de los maíces indicados, así como sus características vegetativas, reproductivas y componentes del rendimiento es necesario realizar la evaluación de varios ambientes representativos del área de interés, lo que hará la selección de los maíces sobresalientes con alto nivel de producción y mayor estabilidad.

La interacción genotipo x ambiente, entendida como el cambio de comportamiento diferencial de genotipos o variedades a través de condiciones ambientales cambiantes, ha sido uno de los principales factores, si no el más importante que ha permitido una adecuada selección de poblaciones o variedades. Teniendo en cuenta, la alternancia de diferentes ambientes para la

selección del germoplasma y el establecimiento de ensayos uniformes en la más amplia variedad de condiciones, para la obtención de genotipos estables. Por lo que las variedades más sobresalientes deben responder a las condiciones de producción a que serán sometidas.

Al respecto, Coutiño y Vidal (2003) mencionan que mediante el uso de metodologías apropiadas de estadística y de mejoramiento es posible entender las causas de la interacción genotipo x ambiente, mientras que Eberhart y Rusell (1966) muestran que es una buena metodología para interpretar la respuesta de los genotipos o variedades, el ambiente y la interacción genotipo x ambiente para ensayos hechos en varias localidades. Por lo anterior, un aporte importante de este modelo es que permite agrupar ambientes y genotipos con similar desempeño e identificar cual es el genotipo con mayor potencial en cada subgrupo de ambiente.

El objetivo del presente trabajo fue seleccionar, con el enfoque de la interacción genotipo x ambiente, poblaciones nativas de maíces pigmentados con mayor rendimiento y estabilidad a través de características vegetativas, reproductivas, componentes del rendimiento de maíces pigmentados de la región oriente del estado de Morelos.

2.4. Materiales y métodos

2.4.1. Material genético

Se evaluaron 66 poblaciones de MNP recolectadas con productores en localidades del municipio de Temoac, del municipio de Ayala y de municipios vecinos durante los años 2014 y 2015, así como 4 colectadas en 2015 en un estado vecino y 16 poblaciones sobresalientes evaluadas en el año 2011 las cuales fungieron como testigo, con lo que se obtuvo un total de 86 poblaciones de MNP (Cuadro 1).

2.4.2. Localidades de evaluación

Se establecieron dos experimentos durante el ciclo agrícola de primavera-verano 2016, bajo condiciones de temporal, en dos localidades: Temoac (**TE**) y Ayala (**AY**) del estado de Morelos (Cuadro 2). Los experimentos en TE se establecieron en la parcela de un productor cooperante (fecha de siembra 29 de junio), mientras que en AY se instalaron en el campo experimental de la Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. En ambas localidades las variedades de color negro se sembraron el 27 de junio, en tanto que las de color rojo un día después (junio 28).

Cuadro 1. Sitio y año de colecta de poblaciones de MNP evaluadas en Temoac y Ayala, Morelos, ciclo PV 2016.

P	Localidad	Municipio	Año	P	Localidad	Municipio	Año	P	Localidad	Municipio	Año
1	Popotlán	Temoac	2014	30	Popotlán	Temoac	2015	59	Temoac	Temoac	2014
2	Temoac	Temoac	2015	31	Popotlán	Temoac	2014	60	Amilcingo	Temoac	2014
3	Amilcingo	Temoac	2014	32	Testigo 2	Ayala	2011	61	Amilcingo	Temoac	2014
4	Tlayecac	Ayala	2015	33	Tlayecac	Ayala	2015	62	Popotlán	Temoac	2015
5	Huitzililla.	Ayala	2014	34	Tlayecac	Ayala	2014	63	Testigo 10	Ayala	2011
6	Popotlán	Temoac	2015	35	Popotlán	Temoac	2014	64	San Mateo	San Mateo	2015
7	Huitzililla.	Ayala	2014	36	Tlayecac	Ayala	2015	65	Huitzililla	Ayala	2014
8	Temoac	Temoac	2014	37	Tlayecac	Ayala	2014	66	Huazulco	Temoac	2014
9	Tlayecac	Ayala	2014	38	Popotlán	Temoac	2014	67	Tierra B.	Tierra B.	2015
10	Tlayecac	Ayala	2015	39	Popotlán	Temoac	2015	68	Testigo 11	Ayala	2011
11	Anenecuilco	Ayala	2014	40	Testigo 3	Ayala	2011	69	Temoac	Temoac	2015
12	Amilcingo	Temoac	2015	41	Popotlán	Temoac	2014	70	Temoac	Temoac	2014
13	Huitzililla	Ayala	2015	42	Amilcingo	Temoac	2014	71	Amilcingo	Temoac	2014
14	Tierra B.	Tierra B.	2015	43	Tlayecac	Ayala	2014	72	Testigo 12	Ayala	2011
15	Huazulco	Temoac	2014	44	Temoac	Temoac	2014	73	Temoac	Temoac	2014
16	Popotlán	Temoac	2015	45	Popotlán	Temoac	2014	74	Tlayecac	Ayala	2015
17	Amilcingo	Temoac	2014	46	Testigo 4	Ayala	2011	75	Popotlán	Temoac	2014
18	Zacualpan	Zacualpan	2014	47	Testigo 5	Ayala	2011	76	Amilcingo	Temoac	2014
19	Tlayecac	Ayala	2015	48	Testigo 6	Ayala	2011	77	Huitzililla	Ayala	2014
20	Metepic	Ocuituco	2014	49	Testigo 7	Ayala	2011	78	Amilcingo	Temoac	2014
21	Tlayecac	Ayala	2015	50	Popotlán	Temoac	2015	79	Popotlán	Temoac	2014
22	Amilcingo	Temoac	2015	51	Testigo 8	Ayala	2011	80	Amilcingo	Temoac	2014
23	Amilcingo	Temoac	2015	52	Popotlán	Temoac	2014	81	Testigo 13	Ayala	2011
24	Popotlán	Temoac	2015	53	Testigo 9	Ayala	2011	82	Temoac	Temoac	2015
25	Xalostoc	Ayala	2014	54	Amilcingo	Temoac	2014	83	Amilcingo	Temoac	2014
26	López M.	Tepalcing	2014	55	Huazulco	Temoac	2014	84	Testigo 14	Ayala	2011
27	Testigo 1	Ayala	2011	56	Temoac	Temoac	2015	85	Testigo 15	Ayala	2011
28	San Mateo	San Mateo	2015	57	Popotlán	Temoac	2015	86	Testigo 16	Ayala	2011
29	Tlayecac	Ayala	2014	58	Temoac	Temoac	2014				

Fuente: Elaboración propia con datos de colecta. P= población.

2.4.3. Diseño experimental

Los ensayos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de dos surcos de 5 metros de longitud y a una distancia entre surcos de 0.80 m.

Cuadro 2. Descripción agro-climatológica de los municipios de evaluación de MNP en el oriente de Morelos.

Descripción	Temoac (TE)	Ayala (AY)
Localización	18° 46' 20'' Latitud N 98° 46' 40'' Longitud O	18° 46' 01'' Latitud N 98° 54' 39'' Longitud O
Altitud (msnm)	1220	1579
Tipo de suelo	Vertisol	Vertisol
Tipo de clima	Semi-cálido Subhúmedo	Cálido- Subhúmedo
Temperatura anual (°C)	20-24	22-26
Precipitación media anual (mm)	800	857

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2017; INEGI, 2010.

2.4.4. Manejo agronómico

La siembra se realizó de manera manual en las dos localidades, depositando dos semillas por mata cada 0.30 m, estableciendo una densidad poblacional de 66 000 plantas ha⁻¹. Se aplicó la fórmula de fertilización 120-70-60 recomendada para el ciclo de temporal para la zona baja del Estado de Morelos en la guía técnica para el cultivo de maíz (Trujillo, 2011) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental de Zacatepec, Morelos; aplicando la mitad del nitrógeno, todo el fósforo y todo el potasio al realizar el primer beneficio y la otra mitad de N al aparecer la hoja bandera. En ambas localidades se empleó urea granulada (46-00-00) como fuente de nitrógeno, fosfato diamónico (DAP) (18-46-00) como fuente de fósforo y cloruro de potasio (00-00-46) como fuente de potasio.

El control de malezas se realizó en la fase inicial del cultivo empleando una mezcla de Atrazina® (2.5kg i.a ha⁻¹) + Glifosato (1.5 litros i.a ha⁻¹) y antes de la cosecha empleando Paraquat® (1 litro i.a ha⁻¹). Por su parte el control de plagas se realizó al momento de emergencia de plántulas y hasta antes de emergencia de la hoja bandera empleando Palgus® (75 mL ha⁻¹), para el control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Cabe señalar que en AY se presentó la enfermedad causada por el complejo de hongos (*Fusarium spp.*) por lo cual se realizaron tres aplicaciones de Tecto® 60 (750 g ha⁻¹).

2.4.5. Variables registradas

En los ensayos de cada ambiente y de acuerdo con el manual de descriptores de maíz publicado por el IBPGR (1991), se midieron las siguientes variables: días a floración masculina (DFM) contando el número total de días después de la siembra en que el 50% +1 plantas comenzaron a liberar polen; días a floración femenina (DFF) al registrar el número de días después de la siembra hasta que el 50% + 1 plantas presentaron estigmas visibles. En la fase vegetativa se evaluaron las variables de altura de planta (AP) tomada desde la base del suelo al inicio de la hoja bandera (o espiga cuando existía); altura de mazorca (AM) medida de la base del suelo al entrenado de la mazorca principal en diez plantas bajo competencia completa. Así mismo, para obtener el porcentaje de acame (ACA) se contó el número total de plantas acamadas multiplicado por 100 y dividido entre el número total de plantas por parcela.

Por último, después de cosecha y en una muestra de cinco mazorcas por unidad experimental se registraron las variables de: longitud de mazorca (LM), en cm; diámetro de mazorca (DM), en mm, tomado de la parte central de la mazorca; Peso de mazorca (PM), en gr; peso de grano (PG), en gr; diámetro de olote (DO), en mm, tomado en la parte media; peso de olote (PO), en

gr; número de hileras por mazorca (NHi); número de granos por hilera (GxHi); número de granos por mazorca (NTG), como el producto de NHi X GxHi; peso de 100 granos (P100G), tomados al azar de una muestra de cinco mazorcas. El rendimiento de grano (RG) se estimó mediante el procedimiento recomendado por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT, 2012).

2.4.6. Análisis estadístico

Los promedios de las variables evaluadas se sometieron a un análisis de varianza por localidad y uno combinado a través de localidades para determinar el efecto de la interacción genotipo x localidad. Debido a que se encontraron diferencias significativas entre poblaciones para la mayoría de las variables, se efectuó una prueba de comparación de medias con la diferencia mínima significativa mediante el procedimiento GLM del programa SAS.

Con las medias ajustadas de las variables medidas se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson. La totalidad de los análisis estadísticos se realizaron empleando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS).

2.5. Resultados y discusión

2.5.1. Análisis de varianza combinado

Los resultados del análisis de varianza combinado se muestran en el cuadro 3. Se puede observar que en las fuentes de variación de Ambientes y Poblaciones todas las variables presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$). Estos resultados pueden deberse al origen de las poblaciones, pues al ser materiales nativos presentan una alta variación genética y fenotípica.

Por su parte, la fuente de variación Ambiente por Población (interacción genotipo - ambiente), el 47.06 % de las variables evidenciaron diferencias altamente significativas, 11.76% diferencias significativas y 41.18% no evidenciaron diferencia. Los coeficientes de variación se consideran bajos, excepto el perteneciente a la variable asincronía floral (ASI), el cual superó el 40%. La significancia de la interacción genotipo x ambiente, implica que existe una respuesta diferencial cambiante de los genotipos a través de los ambientes.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia para variables evaluadas en MNP del oriente de Morelos.

F.V Variables	Ambiente	Poblaciones	Amb*Pob	CV	Media
DFM	590.5116**	116.7404**	16.3626**	3.22	62.49
DFF	237.4031**	134.2369**	13.8540**	3.38	65.02
ASI	79.0775**	3.570639**	1.72458 ^{NS}	45.69	2.53
AP	69627.98**	3487.3589**	579.4905**	5.38	282.97
AM	29175.19**	3078.773**	489.296**	9.12	163.77
ACA	33537.985**	371.2426**	512.6041**	27.65	50.03
LM	7.9157**	5.16268**	1.25267 ^{NS}	6.79	14.78
DM	1565.6190**	23.7278**	8.08010*	5.27	46.42
PM	116724.84**	1104.449**	569.222*	14.37	137.95
PG	106020.80**	883.698**	499.047**	14.82	122.92
DO	37.43302**	14.11791**	1.9459 ^{NS}	6.13	22.40
PO	316.8427**	51.5984**	5.3895 ^{NS}	15.96	14.97
P100G	4011.798**	154.9576**	48.3966**	13.01	43.18
NHI	7.21124**	6.65958**	0.68967 ^{NS}	7.23	11.64
GXHi	194.7461**	23.2690**	8.04024 ^{NS}	8.75	31.72
GT	57837.92**	9628.774**	1401.583 ^{NS}	11.57	369.17
RG	135789048**	954446.3**	325055.8**	18.34	2319.93

F.V=Fuentes de variación; DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; DM= Diámetro de mazorca; PM= Peso de mazorca; PG= Peso de grano; DO= Diámetro de olote; PO= Peso de olote; P100G= Peso de cien granos; NHI= Número de hileras; GXHi= Número de granos por hilera; GT= Número total de granos por mazorca; RG= Rendimiento de grano; ** altamente significativo; * significativo; NS= No significativo.

Efecto de ambientes

Para establecer el grado de respuesta diferencial de las poblaciones de MNP a los dos ambientes de evaluación se realizaron análisis de varianza de manera individual por localidad. Para la localidad de TE, los resultados del análisis individual (Cuadro 4), evidencian que para la fuente de variación de poblaciones, todas las variables presentaron diferencias altamente significativas, excepto peso de mazorca (PM).

Cuadro 4. Análisis de varianza individual del ambiente Temoac en variables evaluadas en MNP del oriente de Morelos.

F.V Variables	Poblaciones	CV	Media
DFM	60.2858**	3.15	63.56
DFE	70.9931**	3.33	65.70
ASI	1.9409**	49.92	2.14
AP	1834.2113**	4.66	294.59
AM	1638.4415**	6.86	171.30
ACA	599.4198**	35.05	41.96
LM	2.97958**	6.38	14.91
DM	8.36920**	4.40	48.16
PM	631.286*	12.81	152.99
PG	528.785**	13.07	137.26
DO	6.28988**	5.20	22.67
PO	26.97165**	15.50	15.75
P100G	99.8738**	12.80	45.97
NHI	3.76019**	6.81	11.76
GXHi	13.2588**	8.46	32.34
GT	4993.082**	10.84	379.75
RG	535200.05**	14.69	2832.92

F.V=Fuentes de variación; DFM= Días a floración masculina; DFE= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; DM= Diámetro de mazorca; PM= Peso de mazorca; PG= Peso de grano; DO= Diámetro de olote; PO= Peso de olote; P100G= Peso de cien granos; NHI= Número de hileras; GXHi= Número de granos por hilera; GT= Número total de granos por mazorca; RG= Rendimiento de grano; ** altamente significativo; * significativo; NS= No significativo.

De manera general los coeficientes de variación fluctuaron de 3.2 % a 15.5 % los cuales se consideran bajos y reflejan la homogeneidad de los datos. Sin embargo, las variables ASI y ACA presentaron un valor muy elevado debido a la naturaleza y variabilidad de los datos obtenidos. Para la localidad de AY cuyos datos se presentan en el cuadro 5, se obtuvo que para la fuente de repeticiones el 23.54 % de las variables mostraron diferencias altamente significativas, 5.88% significativas y el resto (70.59 %) no presentaron diferencia alguna.

Cuadro 5. Análisis de varianza individual del ambiente Ayala en variables evaluadas en MNP del oriente de Morelos.

F.V Variab	Poblaciones	CV	Media
DFM	72.81714**	3.30	61.42
DFF	77.0979**	3.43	64.34
ASI	3.35431**	42.38	2.92
AP	2232.638**	6.12	271.35
AM	1884.6269**	11.23	156.25
ACA	284.4286**	22.20	58.09
LM	3.43577**	7.20	14.67
DM	23.43868**	6.11	44.68
PM	1042.3860**	16.31	122.91
PG	853.9599**	17.03	108.59
DO	9.773927**	6.98	22.13
PO	30.01621**	16.47	14.18
P100G	103.4807**	13.21	40.40
NHI	3.58906**	7.65	11.52
GXHi	18.05052**	9.05	31.11
GT	6037.276**	12.32	358.57
RG	744302.05**	24.05	1806.94

F.V=Fuentes de variación; DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; DM= Diámetro de mazorca; PM= Peso de mazorca; PG= Peso de grano; DO= Diámetro de olote; PO= Peso de olote; P100G= Peso de cien granos; NHI= Número de hileras; GXHi= Número de granos por hilera; GT= Número total de granos por mazorca; RG= Rendimiento de grano; ** Altamente significativo; * significativo; NS= No significativo.

En cuanto a la fuente de variación de poblaciones, el 100 % de las variables presentaron diferencias altamente significativas. Los coeficientes de variación fluctuaron de 3.30 % a 42.68 %, siendo de manera general superiores a los presentados en la localidad de Temoac (excepto el de la variable ACA).

Lo anterior evidencia que las localidades influyen en la variación encontrada, pues ésta puede atribuirse a las condiciones ambientales que prevalecen en cada localidad como la altitud, temperatura, tipo de suelo y precipitación pluvial promedio anual (Cuadro 2).

Comparación de medias Temoac

Las poblaciones que tardaron menos días en presentar la floración femenina fueron '74', '70', '69' y '77' con un promedio en días de 50, 52, 54 y 55 respectivamente, dichas poblaciones son de color rojo. Por su parte las poblaciones que requirieron un mayor número de días fueron '14', '23', '8', '47', '25' y '20' con 83, 73, 73, 72, 71 y 71 días respectivamente, todas son de color negro.

En cuanto a la asincronía floral, las poblaciones '45', '46', '3', '56' y '21' tuvieron un promedio de 4 días, lo cual es una característica poco favorable pues tiene un impacto directo en la polinización de las plantas y en el rendimiento final. Las poblaciones '53', '84', '51', '86', '77', '32', '59', '66' y '68' presentan una sincronía floral de 1 día y la población 74 de 0 días.

Las plantas de menor altura de planta fueron '74', '84', '82', '70' y '86' con un promedio de 229, 234, 235, 252 y 254 cm respectivamente, mientras que las de mayor altura fueron '67', '76', '20', '60' y '57' con valores de 351, 341, 335.4, 334 y 332 cm respectivamente. En cuanto a altura de mazorca las poblaciones con menor valor fueron '82', '74', '70', '59' y '84' con

valores de 107, 111, 120, 127 y 128 cm respectivamente. Y las de mayor altura fueron '67', '14', '57', '76' y '60' con valores de 241, 217, 214, 210 y 210 cm respectivamente.

El acame de plantas que se presentó en esta localidad fue severo, poblaciones como la '3', '18', '21', '31', '28', '42', '20' y '48' presentaron un porcentaje que fluctuó del 63 al 79 %, mientras que poblaciones como '74', '70', '59', '77' y '86' presentaron porcentajes de 14 a 19 % los cuales se consideran bajos.

En lo referente a la variable de rendimiento de grano, se tuvo que la población 36 obtuvo el mejor rendimiento ($3636.3 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de las poblaciones '43', '26' y '29' con rendimientos de 3477.7 , 3465 y 3457 kg ha^{-1} respectivamente. Cabe señalar que dichas poblaciones son de color negro y el lugar de colecta de tres de ellas fue en la misma localidad (Cuadro 1). En cuanto a los rendimientos más bajos, estos fueron obtenidos por las poblaciones '68', '32', '61', '77' y '64' con valores de 1768, 1789, 1890, 1928 y 1945 kg ha^{-1} respectivamente. En su mayoría estas poblaciones son de color rojo y pertenecen a localidades diferentes de colecta, cabe señalar que las poblaciones '68' y '32' que presentaron los rendimientos más bajos pertenecen a testigos que fueron obtenidos en el año 2011, lo cual puede explicar este comportamiento, la población '61' y '77' pertenecen a diferente localidad de colecta y fueron las que obtuvieron los rendimientos inferiores.

Comparación de medias Ayala

Las poblaciones más precoces que tardaron menos días en presentar la floración femenina fueron '74', '70', '77', '65' y '82' con un promedio en días de 52, 53, 54, 55 y 55 respectivamente, dichas poblaciones son de color rojo. Por su parte las poblaciones que requirieron un mayor número de días fueron '67', '22', '64', '23', '12', '8' y '25' con 80, 73,

73, 73, 72, 72 y 72 días respectivamente, cinco de color negro y dos rojo. En cuanto a la asincronía floral, las poblaciones '47' y '31' tuvieron un promedio de 6 días, '28' y '36' con 5 días y '85' y '38' con 4 días. Las poblaciones '68' y '84' presentan una sincronía floral de 1 día.

Las plantas de menor altura de planta fueron '84', '86', '82', '74', '81', '77' y '70' con valores de 187, 207, 210, 214, 222, 225 y 225 cm respectivamente, mientras que las de mayor altura fueron '21', '6', '25', '9', '14', '19', '20', '12', '46' y '36' con un promedio de 320, 313, 312, 311, 310, 308, 307, 305, 303 y 300 cm respectivamente. En cuanto a altura de mazorca las poblaciones con menor valor fueron '84', '82', '74', '69', '86' y '70' con valores de 89, 99, 99, 109, 111 y 112 cm respectivamente. Y las de mayor altura fueron '14', '50', '25', '21', '6', '9' y '46' con valores de 203, 202, 201, 198, 194, 192 y 189 cm respectivamente.

El acame de plantas que se presentó en esta localidad fue severo, poblaciones como '66', '79', '59', '69', '56', '42' y '71' presentaron un porcentaje que fluctuó del 73 al 82 %, mientras que poblaciones como '16', '40', '11', '61', '4' y '33' presentaron porcentajes de 38 a 42 %.

En lo referente a la variable de rendimiento de grano, se tuvo que la población '43' obtuvo el mejor rendimiento (3160 kg ha⁻¹), seguida de las poblaciones '53', '33', '80' y '54' con rendimientos de 2856, 2728, 2660 y 2608 kg ha⁻¹ respectivamente. Cabe señalar que de dichas poblaciones 3 son de color negro y 2 rojos. En cuanto a los rendimientos más bajos, estos fueron obtenidos por las poblaciones '68', '61', '17' y '20' con valores de 710, 833, 835 y 896 kg ha⁻¹ respectivamente. La población '61' es color rojo y las '17' y '20' de color negro.

2.5.2. Comparación de medias con base en el análisis combinado

Estadísticamente la localidad en donde se expresaron los mayores promedios de la mayoría de las variables fue TE, lo cual lo convierte en el ambiente más favorable del presente estudio. Sin embargo, existen algunas características en las cuales se busca un menor valor en cuanto a la expresión de la variable, estas son días a floración masculina (DFM) y días a floración femenina (DFF) estas variables indican la precocidad de las poblaciones evaluadas, en los resultados que se muestran en el Cuadro 6 se puede observar que la localidad en la que las poblaciones fueron más precoces fue en AY.

Así mismo, las variables de altura de planta (AP) y de mazorca (AM) se asocian al porte de las plantas, se debe partir que en poblaciones nativas este es una característica de mucha importancia pues está asociada al acame de plantas, en el presente estudio las alturas más bajas se encontraron en el ambiente AY.

La medición del porcentaje de acame evidencia que en el presente estudio no necesariamente las plantas más altas fueron las que sufrieron mayor acame, esto al observar que en TE a pesar de mostrar las mayores alturas de plantas, el porcentaje de acame fue menor. Entre las causas que se pueden atribuir a este resultado podría ser que aunque presentaron la menor altura de planta y de mazorca, en AY las plantas tuvieron menor diámetro de tallo o las condiciones edafoclimáticas representaron un factor importante en la respuesta de las poblaciones pues pudo haber un menor anclaje de la raíz al suelo.

Las poblaciones con mayor longitud, diámetro, peso, número de hileras y granos totales de mazorca, se presentaron en la localidad de TE; así como las de mayor peso de grano, de olote y diámetro de olote. Estas dos últimas características son poco apreciables en las mazorcas.

Para el rendimiento de grano, se tuvo que la media de la localidad de TE (2833 kg ha⁻¹) superó a la media de los dos ambientes (2320 kg ha⁻¹) destacando las poblaciones ‘43’ y ‘53’ con 3319 y 3136 kg ha⁻¹ respectivamente y las poblaciones ‘26’, ‘33’, ‘80’, ‘29’, ‘10’, ‘54’, ‘52’ que superaron la media de la localidad y un grupo de 34 poblaciones que superaron a la media de los ambientes. Las poblaciones con menor rendimiento fueron ‘68’ y ‘61’ con 1239 y 1362 kg ha⁻¹ respectivamente.

Cuadro 6. Comparación de medias de 86 poblaciones de MNP evaluadas en dos ambientes del oriente de Morelos.

Variables	Localidades				DMS
	Temoac	CV	Ayala	CV	
DFM	63.56a	3.15	61.42b	3.30	0.3486
DFF	65.70a	3.33	64.34b	3.43	0.3805
ASI	2.14b	49.92	2.92a	42.38	0.2003
AP (cm)	294.6a	4.66	271.4b	6.12	2.6387
AM (cm)	171.3a	6.86	156.3b	11.23	2.5863
ACA	41.97b	35.05	58.1a	22.20	2.3954
LM (cm)	14.91a	6.38	14.67b	7.20	0.1739
DM (mm)	48.17a	4.40	44.68b	6.11	0.4233
PM (g)	153.0a	12.81	122.9b	16.31	3.4323
PG (g)	137.3a	13.07	108.6b	17.03	3.1546
DO (mm)	22.7a	5.20	22.1b	6.98	0.2380
PO (g)	15.8a	15.50	14.2b	16.47	0.4137
P100G (g)	46.0a	12.80	40.4b	13.21	0.9726
NHI	11.8a	6.81	11.6b	7.65	0.1458
GXHI	32.4a	8.46	31.2b	9.05	0.4807
GT	379.8a	10.84	358.6b	12.32	7.3947
RG (kg ha ⁻¹)	2833a	14.69	1807b	24.05	73.695

DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; AM= Altura de mazorca; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; DM= Diámetro de mazorca; PM= Peso de mazorca; PG= Peso de grano; DO= Diámetro de olote; PO= Peso de olote; P100G= Peso de cien granos; NHI= Número de hileras; GXHI= Número de granos por hilera; GT= Número total de granos por mazorca; RG= Rendimiento de grano; Valores con la misma letra en la misma línea no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). DMS = Diferencia Mínima significativa.

Efecto poblaciones

Las diferencias encontradas entre las poblaciones de MNP evidencian una alta variabilidad genética entre las mismas. Esta variabilidad parte del hecho de que las poblaciones fueron colectadas en diferentes localidades en las cuales, han sido cultivadas por varios ciclos de producción por parte de los productores los cuales les brindan distintos tipos de manejo.

Hernández *et al.* (2017) señalan que la variabilidad de las poblaciones locales puede deberse a los diferentes procesos de adaptación y selección que han sufrido a través del tiempo, los cuales les han permitido conservar genes específicos con los que se obtienen características de importancia para los agricultores, las cuales incluyen resistencias a diferentes factores ambientales y usos locales específicos.

Por su parte González (2016), señala que las razas de maíz nativo se han adaptado a las condiciones locales de altitud, relieve orográfico, clima, disponibilidad de recursos naturales además de aspectos socioculturales de cada población, lo cual ha dado origen a nuevas y numerosas razas, subrazas y variedades de esta gramínea. Muñoz (2005) define a esta condición de las razas nativas como Patrón Varietal.

2.5.3. Variabilidad de maíces nativos pigmentados en función de su precocidad

La precocidad es un atributo relevante para indicar la adaptación de las poblaciones a las condiciones de humedad prevalecientes en un ambiente (Gil *et al.*, 2004). Desde otro punto de vista, se tiene que la precocidad es un atributo deseable en la producción de maíz pues permite obtener grano en menor tiempo en comparación con las variedades intermedias o tardías, lo cual

tiene como ventaja el poder sembrar más temprano o más tarde y aprovechar de manera más eficiente la humedad en la época de lluvias (Coutiño *et al.*, 2014).

En relación a lo anterior, Miguel *et al.* (2004) señalan que los productores han seleccionado y sembrado el maíz azul de acuerdo con sus preferencias y lo han asociado a la precocidad. Por su parte, López y Muñoz (1984) señalaron que los productores de los Valles Altos han establecido una escala de precocidad empírica asociada con el color de grano. En el estado de Morelos, datos no publicados señalan que los productores asocian los maíces de color con la precocidad, y la manera en que tradicionalmente se sembraba era: los de color rojo a las siembras tempranas o precoces, el azul o negro a las intermedias y el blanco a las tardías.

Tomando como referencia la clasificación de la precocidad en maíz presentada por Marín (2008), se clasificaron las poblaciones de MNP evaluadas en el presente estudio, tomando como referencia los días a floración masculina - femenina. Los datos se presentan en el anexo 10.3. Se obtuvieron seis grupos de precocidad: ultraprecoz con un rango de 50- 55 días, precoz 56-60 días, semiprecoz de 61-65 días, intermedio de 66- 70 días, tardío 71-76 días y ultratardío de más de 76 días. A continuación se describen cada uno de los mismos.

Grupo Ultraprecoz

Está conformado por cinco poblaciones con color de grano rojo (que representan el 5.81% del total). Las medias de los caracteres vegetativos se presentan en el cuadro 7. Este grupo mostró el menor intervalo de ASI, así como las plantas de menor porte y con un porcentaje de acame de 40.6 %, el cual a pesar de ser muy alto, fue el segundo menor de todas las poblaciones.

En cuanto a algunos componentes de rendimiento, las variables longitud, diámetro y peso de mazorca presentaron valores que fluctuaron de 13.27 a 13.99 cm; 46.63 a 48.61 mm y 122.16 a 139.66 g respectivamente. El peso de cien granos vario de 41.85 a 47.47 g y los valores de rendimiento de grano fluctuaron de 1845 a 2359 kg ha⁻¹, con una media de 2106 kg ha⁻¹, para esta variable las poblaciones ‘70’, ‘69’ y ‘82’ superaron la media.

Cuadro 7. Valores promedio de algunas variables evaluadas en poblaciones ultraprecoces de un grupo de MNP evaluados en dos localidades del oriente de Morelos.

Variables Pob.	DFM	DFF	ASI	AP	ACA	LM	P100G	RG
70	50.67	52.50	1.83	238.50	40.50	13.59	47.47	2359.3a,l
69	53.33	55.00	1.67	249.00	48.67	13.75	43.50	2185.5b,m
82	53.00	55.17	2.17	222.17	46.83	13.73	44.20	2178.5b,m
74	49.17	50.83	1.67	221.67	34.00	13.27	41.85	1960.3c,m
77	52.33	54.17	1.83	244.33	33.00	13.99	44.93	1844.5f,m
Promedio	51.7	53.53	1.83	235.13	40.60	13.67	44.40	2105.6

DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; P100G= Peso de cien granos; RG= Rendimiento de grano. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.01$).

La información referente a la estabilidad del rendimiento de grano se muestra en la figura 1 donde se aprecia la interacción genotipo-ambiente para el grupo de variedades que pertenecen a este grupo.

En general los rendimientos descienden de manera drástica al pasar de Temoac a Ayala, el caso de la población ‘69’ muestra que en TE alcanzó su mayor rendimiento con 2933 kg ha⁻¹, mientras que en AY descendió y obtuvo 1438 kg ha⁻¹. Por su parte, la población ‘77’ puede considerarse estable y promisorio a ser recomendada, pues la diferencia de rendimientos entre

ambientes no presenta diferencias estadísticas (167 kg ha^{-1}), aunque se consideran muy bajos (menos de dos toneladas).

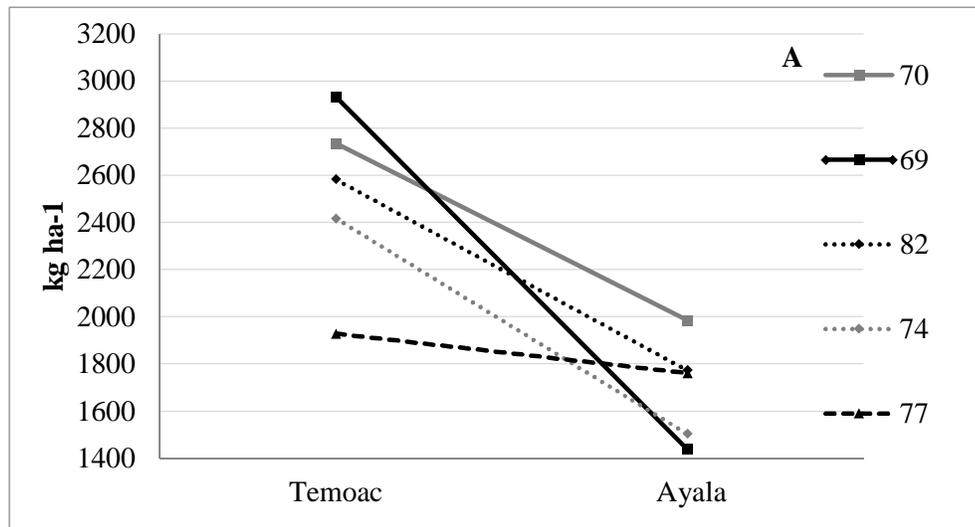


Figura 1. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo ultraprecoz evaluadas en dos localidades del oriente de Morelos.

Grupo precoz

Conformado por seis poblaciones (7 %), las cuales incluyen una población que fungió como testigo ('84'), la mayoría son de grano de color rojo, excepto la '33' que es de color negro (Cuadro 8). Este grupo mostró un intervalo de ASI de 2 días en promedio, así como las plantas con altura de planta que fue de 210.5 a 269.7 cm y un porcentaje de acame de 48 %, el cual se considera alto.

En cuanto a algunos componentes de rendimiento, las variables diámetro de mazorca, peso de grano, y granos totales presentaron valores que fluctuaron de 43.47 a 50.04 mm; 95.1 a 124.2 g y 287 a 418 respectivamente. El peso de cien granos varió de 39.5 a 46 g; el rendimiento de

grano osciló de 1945 a 2992 kg ha⁻¹, con una media de 2311 kg ha⁻¹. Las poblaciones ‘33’ y ‘65’ superaron la media.

Cuadro 8. Valores promedio de algunas variables evaluadas en poblaciones precoces de un grupo de MNP evaluados en dos localidades del oriente de Morelos.

Variables Pob.	DFM	DFF	ASI	AP	ACA	LM	P100G	RG
33	57.50	60.17	2.67	267.67	36.17	13.74	39.45	2992.2a,c
65	53.83	56.00	2.17	248.50	47.00	14.24	46.00	2468.0a,k
58	57.50	59.83	2.33	269.67	53.00	15.03	43.64	2222.3 b,m
73	55.67	58.67	3.00	258.33	60.00	14.65	46.63	2126.7b,m
59	55.67	57.17	1.50	244.17	46.67	13.76	42.14	2111.3b,m
84	57.50	58.17	1.00	210.50	45.00	13.45	41.07	1945.3c,m
Promedio	56.28	58.34	2.11	249.81	47.97	14.15	43.16	2311.0

DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; P100G= Peso de cien granos; RG= Rendimiento de grano. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.01$).

La figura 2 presenta la interacción genotipo-ambiente para el grupo de variedades que conforman este grupo.

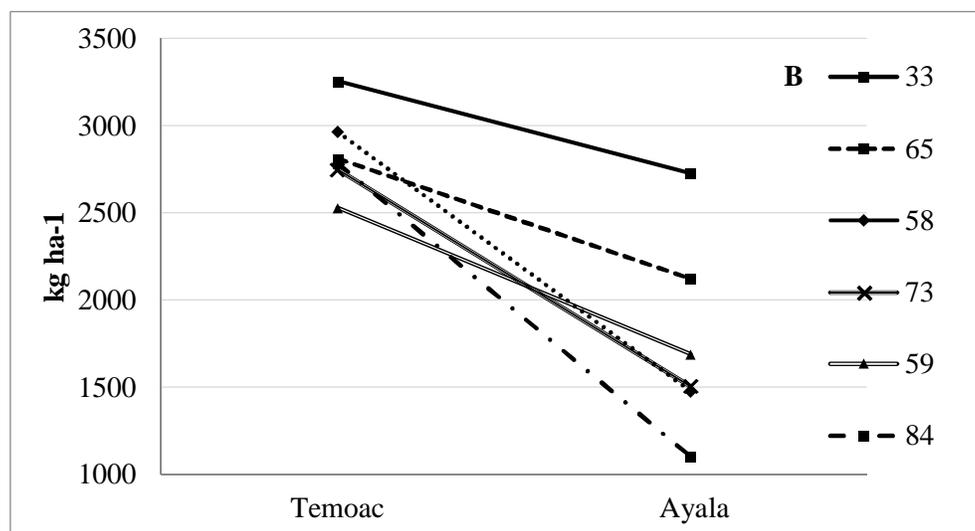


Figura 2. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo precoz evaluadas en dos localidades del oriente de Morelos.

La tendencia es similar a la del primer grupo, pues existe una disminución de los rendimientos obtenidos entre ambientes siendo TE superior a los registrados en AY. La población en la que se evidencia el cambio es la '84' al pasar de 2789 kg ha⁻¹ en TE a 1102 kg ha⁻¹ en AY. En este grupo la población '33' fue la que obtuvo menor diferencia de rendimiento entre ambientes (alrededor de 500 kg ha⁻¹).

Grupo semiprecoz

Este grupo acapara un total de 32 poblaciones (37.21%), e incluye 8 poblaciones testigo, la mayoría son de grano de color negro, excepto las poblaciones '86', '63', '68', '72', '81', '56', '75', '66', '55', '62', '71' y '61' que presentan grano color rojo (Cuadro 9). Este grupo mostró un intervalo de ASI de 2 días en promedio. Las alturas de planta y de mazorca fluctuaron de 230 a 300 cm y 123 a 182 cm lo cual evidencia que son plantas de porte alto, lo cual es una característica de este tipo de variedades. El porcentaje de acame fue de 48.03 %, considerado alto.

En cuanto al diámetro de mazorca y de olote se tuvo que estos valores oscilaron de 44 a 51 mm y 21.03 a 24.66 mm lo que refiere a que en su mayoría, las mazorcas presentan un olote grueso, y con un peso promedio de 15.02 g que representa el 11% del peso total de la mazorca. Por su parte, el peso de cien granos fluctuó de 33.6 a 56.2 g y el rendimiento de grano osciló de 1239 a 3319 kg ha⁻¹, con una media de 2430 kg ha⁻¹ la cual fue superada por 17 poblaciones.

Para poder realizar la selección de poblaciones sobresalientes y estables en cuanto a rendimiento de grano, se presenta la figura 3 en donde se presentan los valores de rendimiento de grano de las primeras 10 poblaciones superiores del grupo en cuestión.

Cuadro 9. Valores promedio de variables evaluadas en poblaciones semiprecoces de un grupo de maíces Nativos Pigmentados evaluados en dos localidades del Oriente de Morelos.

Variables	DFM	DFF	ASI	AP	ACA	LM	P100G	RG
Pob.								
43	61.00	64.00	3.00	289.17	57.50	14.79	37.75	3318.7a
53	61.50	63.17	1.67	277.67	49.83	14.43	45.13	3135.3ab
26	61.33	64.00	2.67	275.67	51.17	14.62	44.84	2994.5ab
29	61.17	63.17	2.00	278.83	51.67	15.53	56.20	2942.8a,d
10	62.17	64.83	2.67	293.67	44.67	15.85	52.24	2915.3a,d
13	61.67	64.50	2.83	288.83	37.17	15.22	38.48	2870.3a,h
24	62.33	65.17	2.83	272.17	49.50	13.54	41.49	2758.0a,h
34	62.17	63.83	1.67	273.50	47.83	15.01	42.93	2743.7a,j
6	60.83	63.50	2.67	298.33	50.17	14.70	41.45	2732.3a,j
41	62.50	65.00	2.50	280.33	49.50	13.96	39.62	2633.3a,j
7	62.17	64.67	2.50	289.83	37.33	14.32	42.28	2611.5a,j
72	59.17	61.67	2.50	280.50	58.83	15.09	40.52	2590.3a,j
75	58.50	60.50	2.00	273.67	41.33	15.15	39.24	2586.0a,j
55	60.17	62.17	2.00	291.00	57.17	14.18	35.98	2534.8a,k
71	62.17	65.17	3.00	300.50	55.83	16.18	48.45	2523.3a,k
4	61.00	62.83	1.83	264.17	34.67	15.00	41.18	2479.5a,k
37	58.67	61.33	2.67	273.83	51.17	14.33	38.82	2478.5a,k
48	61.83	64.33	2.50	265.33	56.83	15.20	43.28	2405.7a,l
5	61.33	64.17	2.83	276.67	53.17	13.99	41.92	2367.5a,l
16	62.67	65.00	2.33	300.00	48.00	14.16	40.54	2353.3a,l
50	61.83	64.50	2.67	285.00	52.33	15.38	54.83	2336.0a,l
45	60.50	63.67	3.17	275.33	47.67	14.02	36.56	2311.8a,l
86	60.17	61.33	1.17	230.33	39.83	14.74	43.04	2278.2a,m
56	57.17	60.50	3.33	271.67	50.83	14.51	42.02	2195.3b,m
51	62.67	63.67	1.00	266.00	53.17	14.03	42.64	2188.7b,m
11	62.50	64.17	1.67	280.67	39.00	15.37	43.96	2081.2c,m
66	59.67	61.33	1.67	262.50	58.83	13.49	44.23	2053.8c,m
62	60.83	62.33	1.50	259.00	44.67	14.25	41.26	2034.7c,m
81	60.33	62.00	1.67	247.33	42.83	15.51	44.71	1935.5d,m
63	61.50	63.33	1.83	263.33	44.83	14.02	42.71	1753.2g,m
61	62.33	64.33	2.00	252.17	32.83	12.98	33.57	1361.7l,m
68	62.67	63.67	1.00	267.33	46.67	13.96	41.49	1238.7m
Promedio	61.14	63.37	2.23	275.14	48.03	14.61	42.60	2429.5

DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; P100G= Peso de cien granos; RG= Rendimiento de grano. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.01$).

En general los rendimientos caen de manera drástica al pasar de Temoac a Ayala, el caso de la población '13' es el más evidente pues presenta un cambio en rendimiento de grano de 3395 kg ha⁻¹ en TE a 2166 kg ha⁻¹ en AY.

Solo la población '43' muestra una disminución de rendimiento de alrededor de 300 kg ha⁻¹ por lo cual puede ser seleccionada para su siembra en la región de estudio.

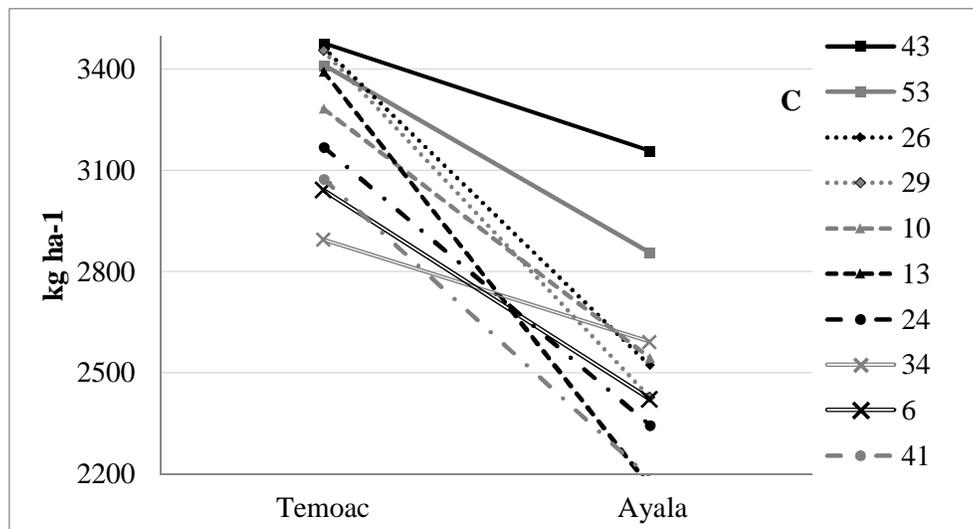


Figura 3. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo semiprecoz evaluadas en dos municipios del oriente de Morelos.

Grupo intermedio

Grupo formado por un total de 32 poblaciones (37.21%), e incluye 8 poblaciones testigo, la mayoría son de grano de color negro, excepto las poblaciones '85', '64', '78', '80', '79', '76', '54', '83', '57' y '60' que presentan grano color rojo (Cuadro 10). Este grupo mostró un intervalo de ASI de 3 días en promedio. Las alturas de planta y de mazorca fluctuaron de 255 a 318 cm y 145.50 a 197.5 cm lo cual evidencia que son plantas de porte alto. El porcentaje de acame fue de 53.6 %, considerado muy alto.

Cuadro 10. Valores promedio de variables evaluadas en poblaciones intermedias de un grupo de maíces Nativos Pigmentados evaluados en dos localidades del Oriente de Morelos.

Variables Poblaciones	DFM	DFF	ASI	AP	ACA	LM	P100G	RG
80	64.17	66.33	2.17	305.67	48.50	17.10	46.77	2977.8a,d
54	64.67	67.67	3.00	313.00	55.50	16.91	49.17	2902.8a,e
52	64.83	67.83	3.00	287.33	51.67	15.12	45.55	2858.2a,f
36	64.17	67.67	3.50	304.50	47.50	15.87	46.99	2804.7a,g
78	62.50	65.50	3.00	311.00	55.00	15.61	43.63	2762.3a,h
79	64.33	66.83	2.50	297.67	60.00	15.73	46.97	2735.5a,j
39	65.83	69.17	3.33	294.00	42.00	14.97	45.57	2723.7a,j
83	64.83	66.50	1.67	309.33	53.17	16.11	42.54	2705.5a,j
35	65.00	66.50	1.50	292.17	52.00	15.11	49.23	2423.3a,k
2	63.17	66.33	3.17	281.50	52.50	14.95	41.31	2403.2a,l
60	66.83	69.50	2.67	308.83	55.83	16.36	38.54	2389.3a,l
31	62.17	66.50	4.33	292.00	60.00	14.81	48.08	2357.7a,l
15	63.83	67.00	3.17	295.17	56.67	14.43	40.44	2355.5a,l
19	63.50	67.17	3.67	303.83	44.50	14.27	44.48	2352.7a,l
42	63.17	65.67	2.50	292.67	68.17	15.25	40.83	2336.2a,l
44	63.67	67.33	3.67	295.33	55.67	14.83	39.04	2334.7a,l
30	63.33	66.00	2.67	289.67	60.17	15.40	34.65	2317.8a,l
85	65.33	68.33	3.00	255.33	52.17	14.33	43.64	2297.7a,l
38	63.83	67.17	3.33	290.50	50.50	15.41	43.04	2284.7a,m
21	66.83	70.00	3.17	317.67	64.67	16.66	47.37	2271.2a,m
28	63.67	67.67	4.00	294.83	53.33	14.90	51.33	2182.8b,m
76	64.50	67.00	2.50	317.83	45.67	15.88	44.95	2154.2b,m
18	62.67	65.33	2.67	295.83	64.83	14.56	48.25	2141.2b,m
57	66.17	68.00	1.83	312.00	57.00	16.68	44.02	2114.0b,m
1	62.00	65.50	3.50	292.83	51.17	14.34	49.65	2079.8c,m
46	62.50	66.17	3.67	297.00	46.33	13.28	37.70	2060.7c,m
17	66.00	69.33	3.33	298.67	59.83	15.23	47.15	1826.3f,m
27	63.33	66.17	2.83	285.33	53.33	13.55	40.38	1736.3h,m
40	64.67	68.00	3.33	273.83	39.00	13.67	41.30	1722.8i,m
49	66.83	68.33	1.50	277.00	47.83	13.27	37.45	1702.8j,m
32	64.33	66.00	1.67	279.33	56.00	13.98	39.82	1692.7j,m
64	68.00	70.17	2.17	302.00	54.50	14.49	41.23	1522.2k,m
Promedio	64.40	67.28	2.88	295.74	53.60	15.10	43.80	2297.8

DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; P100G= Peso de cien granos; RG= Rendimiento de grano. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.01$).

La estabilidad del rendimiento de grano entre ambientes se muestra en la figura 4, en donde se pueden apreciar los valores para las primeras 10 poblaciones que conforman este grupo. El caso de la población ‘36’ es el más drástico, pues en general fue la población que registró el mayor

rendimiento de grano de toda la evaluación y es en TE donde expresa 3636 kg ha⁻¹, sin embargo en AY forma parte del grupo inferior de rendimientos con un valor de 1082 kg ha⁻¹. La población ‘80’ es la que presenta menor variabilidad entre ambientes con 3296 kg ha⁻¹ en TE y 2660 kg ha⁻¹ en AY.

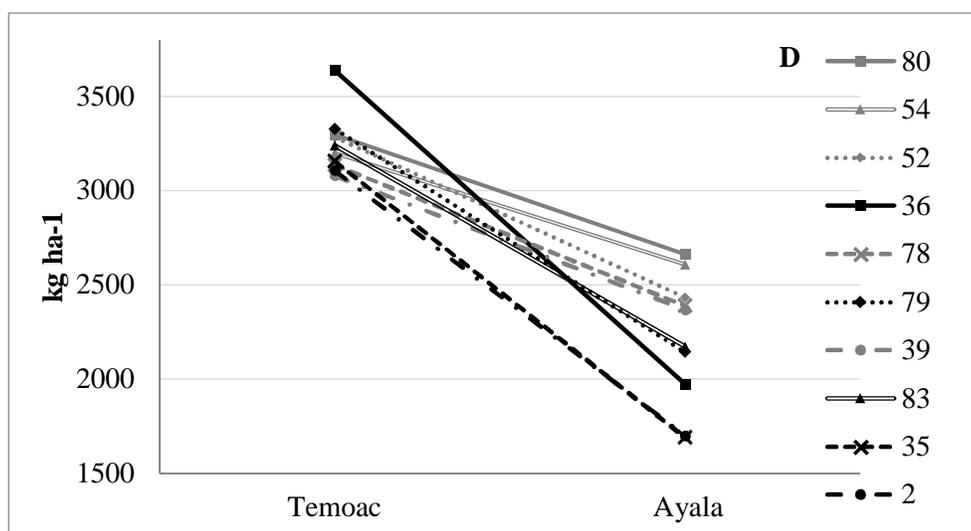


Figura 4. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo intermedio evaluadas en dos municipios del oriente de Morelos.

Grupo tardío

Este grupo está integrado por 10 poblaciones (11.63 %), e incluye 2 poblaciones testigo, todas son de grano de color negro, excepto la población ‘67’ en la que es rojo (Cuadro 11). Este grupo mostró un intervalo de ASI de 3 días en promedio. Las alturas de planta y de mazorca presentaron una media de 307.12 y 187.75 cm respectivamente, lo cual evidencia que son plantas de porte alto. El porcentaje de acame fue de 52.39 %, considerado muy alto.

En cuanto al número de hileras, de granos por hilera y granos totales expresados en cada mazorca, los valores oscilaron de 9 a 15; 30 a 36 y 265 a 401. Por su parte, el peso de cien granos fluctuó de 26.39 a 55.41 g, lo cual evidencia que en este grupo existió una gran variabilidad en cuanto al tamaño, peso y constitución de las mazorcas. El rendimiento de grano osciló de 1713 a 2530 kg ha⁻¹, con una media de 2168 kg ha⁻¹ el cual fue inferior a los grupos, precoces, semiprecoces e intermedios.

Cuadro 11. Valores promedio de variables evaluadas en poblaciones tardías y ultratardía de un grupo de maíces Nativos Pigmentados evaluados en dos localidades del Oriente de Morelos.

Variables	DFM	DFF	ASI	AP	ACA	LM	P100G	RG
Poblaciones								
Tardías								
47	66.67	71.33	4.67	300.50	58.17	19.96	42.64	2530.0a,k
9	68.00	70.83	2.83	313.17	53.50	16.89	50.33	2446.5a,k
12	69.00	70.83	1.83	310.17	46.83	14.70	50.73	2366.8a,l
25	69.33	71.50	2.17	296.50	40.33	15.68	47.13	2306.0a,l
22	68.83	71.67	2.83	304.33	54.50	14.92	55.41	2215.2b,m
8	69.17	72.50	3.33	313.67	54.67	15.33	44.83	2212.3b,m
67	71.83	75.00	3.17	319.00	48.17	15.87	26.39	2209.7b,m
23	69.83	72.83	3.00	295.50	43.17	13.90	37.98	1858.5e,m
20	68.00	71.00	3.00	321.33	57.17	15.16	44.46	1826.5f,m
3	67.83	70.67	2.83	297.00	67.33	14.43	42.53	1712.8i,m
Promedio	60.85	71.82	2.97	307.12	52.39	15.69	44.24	2168.4
Ultra tardías								
14	72.17	75.33	3.17	320.67	35.83	15.11	26.98	2252.0b,m

DFM= Días a floración masculina; DFF= Días a floración femenina; ASI= Asincronía floral; AP= Altura de planta; ACA= porcentaje de acame; LM= Longitud de mazorca; P100G= Peso de cien granos; RG= Rendimiento de grano. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.01$).

Este grupo evidencia una muy marcada diferenciación de rendimiento de grano entre ambientes (figura 5). Siendo las poblaciones '3', '22', '20' y '67' las más afectadas, de forma específica la población '20' pasó de 2758 kg ha⁻¹ en TE a 895 kg ha⁻¹ en AY. Debido a la naturaleza de los datos se puede considerar que quizá hubo otros factores implicados en la disminución del rendimiento final en Ayala, es por eso que sería recomendable incluirlo en una futura evaluación. La población '47' se consideraría como estable, pues la diferencia de rendimientos entre ambientes no es tan marcada (465 kg ha⁻¹).

Grupo Ultratardío

Conformado únicamente por una población ('14') considerada como testigo, cuyos valores promedio se muestran en el cuadro 11. Su clasificación pudiera deberse que al ser un material de otro estado, al evaluarse en otro clima necesitó más días para alcanzar las floraciones masculina y femenina. Esta población presentó valores superiores en las variables de AP, AM, DO, PO, NHI, GXHI y GT e inferiores para DM, PM, P100G, lo cual indica que es una variedad con mazorcas de gran tamaño, olote delgado, con mayor cantidad de granos pero de menor peso.

El rendimiento de grano fue de 2252 kg ha⁻¹. La estabilidad del rendimiento de grano se presenta en la figura 5 en donde se puede apreciar que la diferencia de rendimiento de grano entre ambientes es marcada al disminuir 600 kg ha⁻¹ entre un ambiente y otro.

No se recomienda para su siembra en la región, debido a que se trata de una variedad proveniente del estado de Veracruz, y al ser su primer ciclo de evaluación en la región pudo haber desarrollado características superiores o inferiores como mecanismo de adaptación, por algunas características como la longitud, diámetro, número de hileras y granos totales se recomienda

continuar con su evaluación en la región para verificar si dichas características continúan expresándose.

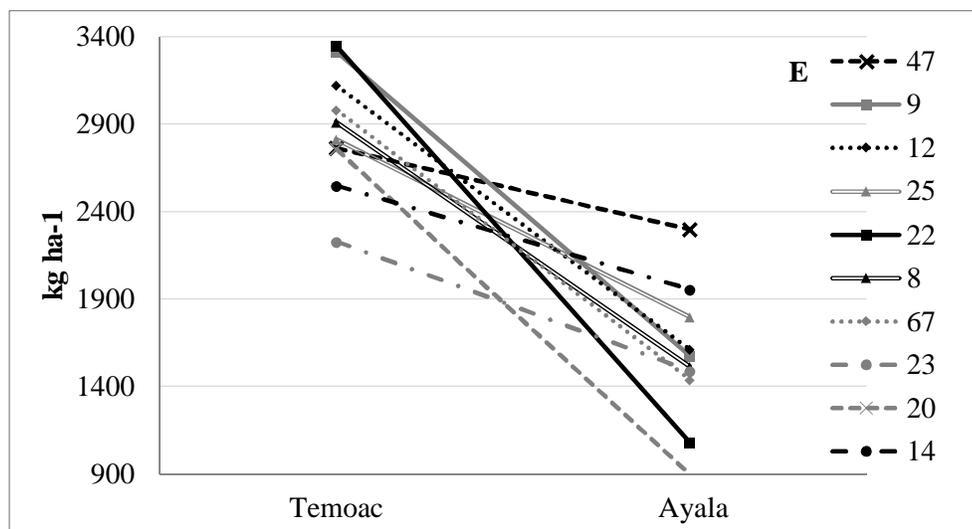


Figura 5. Estabilidad de rendimiento de grano en variedades de MNP pertenecientes al grupo tardío y ultratardío evaluadas en dos municipios del oriente de Morelos.

Selección de variedades de MNP de mayor potencial productivo y estabilidad

Resultados de la comparación de medias del análisis combinado señalan que las poblaciones sobresalientes en cuanto a rendimiento de grano que podrían ser seleccionadas por grupo de precocidad son ‘70’ y ‘69’ como ultraprecoces, ‘33’ y ‘65’ precoces, ‘43’ y ‘26’ semiprecoces, ‘54’ y ‘80’ intermedias y ‘47’ y ‘9’ tardías. A pesar de esto, al existir interacción genotipo – ambiente, esta variable se comportó de manera diferencial en ambos ambientes, evidenciando de manera general que mientras que en TE fueron superiores, en la localidad de AY estos valores disminuyeron considerablemente.

Por lo antes señalado y tomando como referencia las figuras presentadas con antelación, se procedió a seleccionar las poblaciones que presentaron una menor disminución entre ambientes,

lo cual podría indicar estabilidad entre ambos. Las poblaciones '77', '33', '43', '80' y '47' evidenciaron ser sobresalientes en cuanto a estabilidad en ambos ambientes y son seleccionadas para su promoción en el oriente de Morelos para obtener mejor rendimiento de grano.

2.5.4. Análisis de correlación

Se realizó un análisis de correlación de Pearson, en el cual se obtuvo que el rendimiento de grano tuvo asociación positiva altamente significativa con las variables relacionadas a sus componentes como los son: PG (0.668**), PM (0.664**) y DM (0.526**), dichas correlaciones se consideran fuertes y hacen énfasis en que las variedades con mazorcas más pesadas, con mayor diámetro y mayor peso de grano presentaron un mayor rendimiento de grano. Otras correlaciones del rendimiento de grano fueron con las variables GXHI (0.389**), PO (0.386**), P100G (0.375**) y AP (0.367**), las cuales se consideran de mediana intensidad y con las variables GT (0.331*), LM (0.319*) y AM (0.298**) las cuales se consideran débiles, y por último con las variables DO (0.228*) y NHI (0.103*) las cuales se consideran muy débiles.

También tuvo asociación negativa con las variables ACA (-0.252*) y ASI (-0.148*) que a pesar de mostrar una correlación muy débil, evidencian una relación inversa, es decir que entre más aumenta el acame de planta y el número de días entre la aparición de la floración masculina y la femenina, menor rendimiento se obtiene. Con el resto de variables la correlación no fue significativa.

2.6. Conclusiones

-La diversidad genética de los maíces nativos pigmentados (MNP) de la región oriente del estado de Morelos se debe a la conformación de grupos de precocidad asociados al manejo, rendimiento

y preferencias alimentarias de los productores. Esta variabilidad se puede conservar con la promoción y siembra de éstos MNP.

-El estudio de las 86 poblaciones evaluadas ha permitido saber cómo están constituidos los grupos de precocidad, con base a que difieren de manera significativa en sus características vegetativas, componentes del rendimiento, potencial productivo y la estabilidad en ambientes favorables y limitantes.

-En el ambiente de Temoac las poblaciones que lograron el mayor rendimiento de grano fueron: '36', '43', '26' y '29' con un promedio de 3494 kg ha⁻¹; por otra parte, en Ayala fueron las poblaciones '43', '53', '33', '80' y '54' con un rendimiento medio de 2800 kg ha⁻¹.

- En Temoac, las poblaciones más precoces (x= 53 días) y las de menor rendimiento (x=1800 kg ha⁻¹) fueron de grano rojo. Mientras que, las poblaciones con grano de color negro de mayor rendimiento (x= 3200 kg ha⁻¹) fueron de ciclo tardío.

-Se identificaron poblaciones en los grupos de precocidad por su mejor estabilidad; siendo: '77' ultraprecoz; '33' y '65', las precoces; '43' y '26', semiprecoces; '80' y '54', intermedias y '47' y tardía.

-Las correlaciones que tuvieron una asociación positiva y mayor con el rendimiento de grano fueron peso de grano (r=0.668**), peso de mazorca (r=0.664**) y diámetro de mazorca (r=0.526**).

2.7. Literatura citada

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2012. Manual de determinación México, DF. 42 p.

- Coutiño, E. B.; Gómez, M. N. O.; Vázquez. C. Ma. G. y Vidal, M. V. A. 2014. “V-560”, nueva variedad precoz de maíz para regiones tropicales. *Rev. Fitotec. Méx.* 37(2).
- Coutiño E. B., V.A Vidal M. 2003. Estabilidad del rendimiento de grano de híbridos de maíz usando mejores predoctores lineales insesgado. *Agrociencia* 37:605-616.
- Eberhart S.A., W.A Rusell 1966. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 6:36-40
- Gil, M. A.; López, P. A. Muñoz, O. A. y López, S. H.2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays L.*) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. 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: 18-25.
- González, J. A. 2016. Orígenes, domesticación y dispersión del maíz (*Zea mays*) en México. En: El maíz nativo, una aproximación crítica desde los estudios rurales/Ignacio López Moreno e Ivonne Vizcarra Bordi. Coordinadores. México, Universidad Autónoma Metropolitana: Juan Pablos Editor, 2016.
- Hernández, R. M. A.; Rodríguez, L. L A.; Guevara, H. F.; Rosales, E. Ma. A.; Pinto, R. E. y Ortiz, P. R. 2017. Caracterización molecular de maíces locales de la reserva de la Biosfera La Sepultura, México. *Agron. Mesoam.* 28(1):69-83.
- IBPGR. 1991. Descriptors for maize. International Maice and Wheat improvement Center/ International Borrard for Plant Genetic Resources. Rome. 29 p.

Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED)- Secretaría de Gobernación.

2010. Enciclopedia de los estados de México. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Estado de Morelos.
<http://inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM17morelos/index.html>.

López, H. A de J. y Muñoz, O. A. 1984. Relación de la coloración del grano con la precocidad y la producción en maíces de Valles Altos. Rev. Chapingo 9:31-37.

Marín, G. L. F. 2008. Evaluación agronómica de variedades comerciales de maíz (*Zea mays*, L.) en relación a sus ciclos de maduración. Tesis de Licenciatura. Escuela Universitaria Politécnica la Almunia de Doña Godina, Zaragoza, España.

Miguel, M. A.; Arellano, V. J. L.; García, S. G.; Miranda, C. S.; Mejía, C. J. A. y González, C. F. V. 2004. Variedades criollas de maíz azul Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. Rev. Fitotec. Méx. 27 (1): 9-15.

Muñoz, O. A. 2005. Centli Maíz. Ed. América. 2da ed. México, D. F. 210 p.

Núñez, C. C. A. y Escobedo, L. D. 2015. Caracterización de germoplasma vegetal: la piedra angular en el estudio de los recursos filogenéticos. Acta Agrícola y Pecuaria. 1(1):1-6.

Trujillo, A. 2011. Tecnología actualizada para cultivar maíz de temporal en Morelos. Folleto para productores No. 54. SAGARPA-INIFAP- Centro de Investigación Regional Pacífico Sur – Campo Experimental “Zacatepec”. Primera Edición. 30p.

CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y CALIDAD DE LA PROTEÍNA DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS DEL ORIENTE DE MORELOS EN DOS AÑOS DE CULTIVO⁸

Elizabeth Broa Rojas, María Gricelda Vázquez Carrillo, Néstor Gabriel Estrella Chulim, José Hilario Hernández Salgado, Benito Ramírez Valverde, Gregorio Bahena Delgado

3.1. Resumen

Históricamente en el oriente del estado de Morelos se han producido y consumido los Maíces Nativos Pigmentados (MNP), por lo que se planteó evaluar el efecto del ciclo de cultivo en las características fisicoquímicas y la calidad de la proteína de 26 poblaciones de MNP de los municipios de Temoac y Ayala de la región oriente de Morelos. Los MNP se colectaron en los ciclos primavera-verano 2014 y 2015, se calificó: peso hectolítrico (PH), peso de cien granos (PCG), índice de flotación (IF), pedicelo (PED), pericarpio (PER), germen (GER), endospermo harinoso (EHA) y corneo (ECO), así como aceite (ACE), proteína (PRO), triptófano (TRI), índice de calidad de proteína (IQP) y antocianinas (ANT). Los resultados se analizaron con un diseño combinado completamente al azar. En el oriente de Morelos predominaron las razas Elotes Occidentales ‘EO’ y Pepitilla ‘Pep’ de grano azul. En todas las variables se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) en el ciclo de cultivo, la población y la interacción. En el ciclo 2014 los maíces fueron de mayor: PCG, ECO, ACE, TRI e IQP, y menor: IF, PRO y ANT. En general los MNP fueron de baja densidad ($\bar{x}_{PH} = 63.7 \text{ kg. hL}^{-1}$; $\bar{x}_{IF} = 84$), grano grande ($\bar{x}_{PCG} = 44.8 \text{ g}$), con alto: GER ($\bar{x} = 13.1\%$), ACE ($\bar{x} = 5.14\%$), TRI ($\bar{x} = 0.076\%$), IQP ($\bar{x} = 0.81$) y ANT ($\bar{x} = 276.6 \text{ mgECG.kg}^{-1}\text{MS}$). Destacaron las poblaciones ‘EO22’ y ‘Pep20’ por su elevado IQP,

⁸ **Enviado:** 9 de noviembre de 2017, Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.

Fecha de publicación: Vol.10 (3) de 2019.

alto TRI y ANT, el resto de las poblaciones no mostró relación entre características químicas y nutricionales. Se identificaron 16 poblaciones con buena calidad de proteína (IQP > 0.8) y elevado contenido de TRI (> 0.075 %), que pueden ser usadas para mejorar la nutrición y salud de los consumidores.

Palabras clave: Índice de flotación, triptófano, índice de calidad de la proteína

3.2. Abstract

Historically in the east of Morelos state, the Pigmented Native Maize (PNM) have been produced and consumed, therefore, it was proposed to evaluate the effect of the crop cycle on the physicochemical characteristics and protein quality of 26 NPM populations from Temoac and Ayala municipalities to the Eastern of Morelos state. These materials were collected in 2014 and 2015 spring- summer cycles, it was rated: hectoliter weight (HW), weight of one hundred grains (WHG), index floating (IF), pedicel (PED), pericarp (PER), germ (GER), floury endosperm (FLE) y cornea (FLC), as well as oil (OIL), protein (PRO), tryptophan (TRI), protein quality index (PQI) and anthocyanins (ANT). The results were analyzed with a completely randomized combined design. In Morelos east predominated blue grain of the races Western Ears 'WE' y pepitilla 'Pep'. In all the variables significant differences ($P < 0.01$) were found in the crop cycle, population and the interaction. In 2014 cycle the maizes were higher: WHG, FLE, OIL, TRI e PQI, and lower: IF, PRO y ANT. In general, the MNP were of low density ($\bar{x}_{HW} = 63.7 \text{ kg. hL}^{-1}$; $\bar{x}_{IF} = 84$), big grain ($\bar{x}_{WHG} = 44.8 \text{ g}$), with high: GER ($\bar{x} = 13.1\%$), ACE ($\bar{x} = 5.14 \%$), TRI ($\bar{x} = 0.076 \%$), IQP ($\bar{x} = 0.81$) y ANT ($\bar{x} = 276.6 \text{ mgECG.kg}^{-1}\text{MS}$). The populations 'EO22' and 'Pep20' stood out for their high PQI, high TRI and ANT, the rest of the populations showed no relationship between chemical and nutritional characteristics. 16

populations with good protein quality (IQP > 0.8) and high TRI content (> 0.075%) were identified, which can be used to improve the nutrition and health of consumers.

Key words: Floating index, tryptophan, protein quality index.

3.3. Introducción

En México, el maíz es considerado el cultivo más importante, pues se siembran casi siete millones de hectáreas de las que se obtienen, cerca de 23 millones de toneladas. Se estima que el 80 % de la superficie cultivable se trabaja bajo condiciones de temporal, donde la distribución y volumen de agua depende de las lluvias, lo cual reduce de manera significativa el rendimiento promedio (2.3 t ha⁻¹), especialmente si se compara con el de riego (7.3 t ha⁻¹), (SIAP-SAGARPA, 2017).

El 65 % de la superficie cultivada en México bajo condiciones de temporal se siembra con maíces nativos (CMMYT, 2014), los cuales tienen un amplio rango de adaptación a condiciones agroclimáticas muy específicas, y, además, por sus características culinarias como son el color, sabor, textura son muy apreciados por los consumidores para su uso en la elaboración de varios platillos típicos (Hellin *et al.*, 2013). Tal es el caso de los maíces pigmentados (azul, negro, rojo, morado, etc.), los cuales se siembran en gran medida para satisfacer el paladar de las familias que los producen y para alargar a los comensales en eventos especiales de cada comunidad.

Los maíces nativos o también llamados por los productores maíces “criollos” poseen un arraigo ancestral en la vida de los mexicanos, a pesar de ello, el uso de estos maíces se ha ido modificando con el paso de los años debido a factores como la globalización, cambios en la vida

social y productiva del sector rural, cambios de preferencias de los consumidores y la migración (López-Torrez *et al.*, 2016).

En el estado de Morelos, el maíz, es el segundo cultivo de mayor importancia después del sorgo. La superficie sembrada de maíz en Morelos para el año 2015 fue de 23,922 ha, en donde se obtuvo un rendimiento promedio de 2.27 t ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2017). La producción de este cereal es principalmente en condiciones de temporal empleando genotipos mejorados, mismos que han desplazado paulatinamente a los maíces nativos pigmentados los cuales actualmente son sembrados en pequeña escala y utilizados principalmente para el autoconsumo; se emplean para la elaboración de tortillas, carretas (alimento elaborado con masa y manteca, cocido en un comal), pinole (alimento prehispánico a base de maíz tostado, molido y aderezado con azúcar y canela), tamales (producto elaborado con masa mezclada con manteca la cual se envuelve y cose en las brácteas de la mazorca “totomoxtle”) y atole (bebida elaborada a base de maíz tostado y molido o con masa de maíz pigmentado nixtamalizado).

Los cambios antes citados, están presentes en los municipios de Ayala y Temoac, Morelos, ya que en los años sesentas el principal cultivo era el maíz y se cultivaban solo maíces nativos. En los últimos treinta años estos maíces fueron reemplazados paulatinamente por variedades e híbridos mejorados de maíz y cultivos como el sorgo, amaranto y cacahuete, además, en el año 2016 por maíces amarillos destinados al consumo animal. Aunado a lo anterior, las unidades de producción familiar se han reducido debido a la edad avanzada de los productores, la migración de la gente joven y el desinterés de perpetuar su cultivo por parte de los hijos que se han quedado o los nietos ya que consideran es una actividad ardua y poco redituable (Barkin y Suárez, 1995).

En México, se han evaluado las características físicas, químicas y los componentes estructurales del grano de maíces nativos pigmentados (Salinas *et al.*, 2013b), también se han cuantificado

las antocianinas (Salinas *et al.*, 2013a; Espinosa *et al.*, 2009), así como la calidad proteínica (Vidal *et al.*, 2008). Las industrias de alimentos buscan materias primas con propiedades reológicas muy específicas de sus almidones, aspectos que han sido estudiados en maíces nativos con el propósito de posicionarlos en las industrias demandantes (Gaytán-Martínez *et al.*, 2013).

Las características físico-químicas y los componentes estructurales del grano de maíz dependen de la variedad, las condiciones del cultivo, así como los métodos de selección implementados por los productores, también pueden modificarse por los cambios climatológicos. Vázquez-Carrillo *et al.* (2016) informaron que con precipitaciones superiores a los 500 mm y temperaturas promedio de 15-26 °C en la etapa de llenado del grano, se incrementó el tamaño del grano, la dureza y el contenido de almidón.

La diferencia entre genotipos de la misma raza, se explica por diversos factores: la genética intrínseca de ellos, si se trata de una raza pura, o de una cruce y, del control de cada productor a plagas y enfermedades y el manejo implementado en respuesta al clima, heladas, granizadas, acame, etc. Lo anterior es estudiado bajo el análisis de interacción genotipo x ambiente. Al respecto, Bazinger *et al.* (2012) indicaron que la interacción genotipo x ambiente ocurre cuando los genotipos responden de manera diferente a las variantes del ambiente, lo que impide avanzar en los procesos de selección. Mientras que Ángeles-Gaspar *et al.* (2010) informaron que la variación genética del maíz está relacionada con los factores asociados a la humedad del suelo, temperatura, altitud y a la duración del periodo de crecimiento de las plantas.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del ciclo de cultivo en las características físico-químicas y la calidad de la proteína de 26 poblaciones de maíces nativos

pigmentados de los municipios de Temoac y Ayala de la región oriente del estado de Morelos, México.

3.4. Materiales y métodos

3.4.1. Germoplasma estudiado

En el ciclo PV-2014, se seleccionaron 12 productores del municipio de Temoac y cinco de Ayala. En el ciclo PV-2015, los mismos productores proporcionaron entre 20 y 25 mazorcas cada año (Cuadro 1). En Ayala el clima es cálido sub-húmedo y Temoac es templado sub-húmedo. Con base en las características de las mazorcas, se identificó la raza y o la craza a la cual pertenecen⁹.

3.4.2. Características físicas y químicas del grano

Se evaluó peso hectolítrico (PH), peso de cien granos (PCG), índice de flotación (IF) y los porcentajes de pedicelo (PED), pericarpio (PER), germen (GER), endospermo harinoso (EHA) y córneo (ECO) de acuerdo a la metodología descrita por Salinas y Vázquez (2006).

El análisis químico se realizó en harina de grano entero obtenida después de la molienda en un molino tipo ciclónico (UDY, Mod.3010-080P®), con malla de 0.5 mm. Se cuantificó el contenido de: aceite siguiendo el método 920.85 de la AOAC (2000), proteína por el método Technicon Instruments (Galicia *et al.*, 2012), triptófano siguiendo la metodología del ácido glioxílico (Nurit *et al.*, 2009) y el índice de calidad de la proteína (IQP) se calculó con la relación propuesta por Twumasi-Afriyie *et al.* (2016), $IQP = (\text{triptófano \%} / \text{proteína \%}) 100$.

⁹ Dr. Juan Manuel Hernández Casillas, comunicación personal.

Cuadro 1. Raza y localidades de colecta de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos, México.

Número de población MNP	Raza (Identificación)	Color	Localidad	Municipio	Altitud (msnm)
1	ES x TAB	Rojo	Popotlán	Temoac	1619
2	Pep x EO	Rojo	Temoac	Temoac	1599
9	EO x Pep	Rojo	Popotlán	Temoac	1616
10	EO	Rojo	Amilcingo	Temoac	1466
11	EC x ES	Rojo	Amilcingo	Temoac	1466
12	EO	Rojo	Amilcingo	Temoac	1466
13	EO x Pep	Rojo	Amilcingo	Temoac	1466
17	Pep x EO	Rojo	Huazulco	Temoac	1513
19	Pep x EO	Rojo	Temoac	Temoac	1528
21	Ni	Rojo	Tlayecac	Ayala	Ni
23	EO x Pep	Rojo	Temoac	Temoac	1562
3	EO	Azul	Popotlán	Temoac	1560
4	AN x EO	Azul	Popotlán	Temoac	1587
5	Pep	Azul	Popotlán	Temoac	1635
6	EO	Azul	Popotlán	Temoac	1618
7	Pep	Azul	Popotlán	Temoac	1619
8	Pep x EO	Azul	Popotlán	Temoac	1616
14	EC x Pep	Azul	Tlayecac	Ayala	Ni
15	EC x Pep	Azul	Amilcingo	Temoac	1466
16	Pep	Azul	Amilcingo	Temoac	1486
18	AN	Azul	Tlayecac	Ayala	Ni
20	Pep	Azul	Tlayecac	Ayala	1374
22	EO	Azul	Tlayecac	Ayala	Ni
24	Ni	Azul	Temoac	Temoac	1528
25	Pep x EO	Azul	Huitzililla	Ayala	Ni
26	Pep x AN	Azul	Amilcingo	Temoac	1481

MNP= Maíces nativos pigmentados; ¹ES = Elotero de Sinaloa; TAB= Tabloncillo; Pep= Pepitilla; EO= Elotes Occidentales; EC= Elotes Cónicos; AN= Ancho; Ni= No identificado.

Las antocianinas totales se evaluaron siguiendo el procedimiento descrito por Salinas *et al.* (2013a). Las antocianinas de los MNP rojos se calcularon con una curva de pelargonidina clorada (Castañeda-Sánchez, 2011) y se informan como mg equivalentes de pelargonidina clorada por kilogramo de materia seca (mg EPC.kg⁻¹ MS). Para los MNP azules se usó una curva

de Cianidina-3-glucosido, se informan como mg equivalentes de cianidina-3-glucosido por kg de materia seca (mg ECG.kg⁻¹ MS) (Salinas *et al.*, 2013a).

3.4.3. Análisis estadístico

Los datos correspondientes a cada una de las variables evaluadas en cada ciclo de producción fueron sometidos a un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar combinado con dos repeticiones mediante el procedimiento GLM y la prueba de comparación de medias Tukey (0.05). Se realizó la matriz de correlación de Pearson. Para todos los análisis se empleó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System 9.0 para Windows).

3.5. Resultados y discusión

En los municipios de Ayala y Temoac ubicados al oriente de Morelos predominaron como razas puras: Elotes Occidentales 'EO' y Pepitilla 'Pep', ambas fueron de grano grande y endospermo suave. Las poblaciones de 'EO' (cinco) tuvieron menor: PCG (\bar{x} = 42.1 g) e índice de flotación (\bar{x} = 76), respecto a las poblaciones de 'Pep' (cuatro), que presentaron el gancho característico de esta raza, mayor PCG (\bar{x} = 45.1 g) e IF (\bar{x} = 87) (Figura 1). Vázquez *et al.* (2010) informaron un menor PCG (\bar{x} =33.1 g) para la raza Pepitilla.

La raza pura de maíz 'Ancho' (AN) fue de menor PCG (\bar{x} = 37.9 g) y mayor IF (\bar{x} = 99). Las cruza más frecuentes (ocho) fueron entre 'PepxEO', en seis de ellas 'Pep' fue la raza primaria, no obstante, predominó el tamaño y la dureza de 'EO' PCG (\bar{x} = 42.4) g e IF (\bar{x} =85), en tanto que las cruza 'EOxPep' registraron características semejantes a 'Pepitilla puro' con valores promedio de PCG e IF de 47.7 g y 81 respectivamente. Las cruza de 'AN' ocurrieron con 'Pep'

y 'EO', fueron de color azul y endospermo muy suave. Dos de estas poblaciones no pudieron ser clasificadas (Cuadro 1), debido posiblemente a un mayor entrecruzamiento.



Figura 1. Aspecto del pericarpio, germen y endospermo de una población roja (A) y azul (B) de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos.

Wellhausen *et al.* (1951) informaron que la raza 'Pep' se distribuía principalmente en los estados de Guerrero y Morelos y que era de “*endospermo suave, granos blancos con aleurona y pericarpio sin color*”. En esta investigación se encontraron poblaciones puras de 'Pep' de color azul-negro de endospermo suave y con pigmento en la capa de aleurona. Mientras que los de color rojo, tuvieron el pigmento en el pericarpio y algunos también en la capa de aleurona.

En el estado de Morelos se han identificado siete colectas de parientes silvestres y buen número de colectas de criollos representativas de ocho razas, por lo que ha sido declarado con una variabilidad media y parte del centro de origen del maíz (Gómez *et al.*, 2015). Adicionalmente en la colecta 2008-2009 realizada en la zona cálida del estado de Morelos, se identificaron 14 razas, entre ellas pepitilla y Elotes Occidentales las cuales fueron de color blanco (50-60%) y en menor proporción (10-15 %) de color amarillo, azul y rojo (Gómez *et al.*, 2015). En los municipios de estudio se identificaron maíces de grano blanco, pero la investigación se centró

en los pigmentados, entre los que se identificaron, además, las razas Elotes de Sinaloa 'ES' y Tabloncillo 'TAB' que no habían sido informadas antes.

3.5.1. Características físicas y químicas de los granos

El Análisis de Varianza mostró diferencia significativa ($P < 0.01$) en los efectos de ciclo de cultivo, población y la interacción entre ciclo x población en todas las variables evaluadas (Cuadro 2). En los dos años de evaluación, los maíces fueron de granos grandes, correspondientes a valores altos de PCG, reducido PH y elevado IF (Cuadro 3).

La interacción ciclo x población mostró que los MNP azules fueron de endospermo más suave que los rojos (Figura 2AyB) destacaron las poblaciones 'EOxPep9' (Figura 2A), 'AN18', 'EO3', 'PepxEO25', 'PepxAN26' y 'PepxEO5' (Figura 2B), por la estabilidad en la suavidad de su grano en los dos ciclos de evaluación y por haber sido los de grano más suave, característica que se asoció con $PH < 62 \text{ kg.hL}^{-1}$, $PCG > 38 \text{ g}$ y reducido porcentaje de PER ($< 4.5 \%$). Atributos deseables en los maíces destinados al consumo como verdura (elote) (Revilla y Ordaz, 2016) y para la elaboración de pozole, donde se recomienda el uso de maíces con un $PH < 67 \text{ kg.hL}^{-1}$, $PCG > 38 \text{ g}$, $IF = 100$ y pericarpio $< 6.0 \%$ (Vázquez- Carrillo *et al.*, 2016).

El mayor tamaño de los granos en el PV-2014, se atribuyen a una mayor disponibilidad de agua al inicio del cultivo y durante el llenado de grano (Figura 3), lo que favorece una rápida acumulación de los carbohidratos (Tanaka y Yamaguchi, 2014).

Mientras que el menor tamaño ($< PCG$) e IF, en el ciclo PV-2015 se atribuyen a la lluvia errática y mal distribuida en la etapa del llenado del grano (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010; Bazinger *et al.*, 2012) (Figura 3), al respecto, Zinselmeir *et al.* (1995) señalaron que, en maíz, los bajos

potenciales hídricos, reducen el crecimiento embrionario, al disminuir el flujo de sacarosa y alterar el metabolismo de los carbohidratos en los ovarios. El mayor tamaño de grano se asoció con un germen grande, que a su vez produjo una mayor cantidad de aceite ($r = 0.68$; $P < 0.01$) (Figura 4).

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia para características físicas, químicas y calidad de la proteína de maíces nativos pigmentados del Oriente de Morelos.

Variables	Ciclo	Población	Interacción		CV	Media General
			Ciclo*	Error Población		
Peso hectolítrico	43.9**	51.1**	33.7**	101.3	1.58	63.7
Peso cien granos	935.1**	82.2**	49.6**	0.73	1.91	44.8
Índice flotación	775.5**	489.1**	257.4**	12.4	4.19	84
Pedicelo	0.38**	0.11**	0.08**	0.0006	1.42	1.8
Pericarpio	0.22**	0.77**	0.41**	0.0007	0.58	4.5
Germen	1.74**	3.7**	1.59**	0.0006	0.20	13.0
Endospermo harinoso	598.7**	438.8**	101.5**	0.0007	0.06	50.5
Endospermo corneo	720.1**	429.6**	97.2**	0.0007	0.09	30.2
Aceite	1.39**	0.72**	0.35**	0.033	3.58	5.1
Proteína	4.8**	3.8**	2.93**	0.08	2.95	9.6
Triptófano	0.0003**	0.00019**	0.00009**	0.0000	0.91	0.075
Índice de Calidad	0.20**	0.04**	0.042**	0.0009	3.73	0.8
Antocianinas	456.8**	122255.1**	12349.3**	1.68	0.47	276.0

** Significativa, $P < 0.01$; CV= Coeficiente de variación.

Las poblaciones de color rojo, donde predominó la raza ‘EO’, fueron las de mayor porcentaje de germen y de aceite, respecto a las azules (Figura 4). Reducidos valores de PH se correlacionaron con valores altos de: IF ($r = - 0.54$; $P \leq 0.01$) y endospermo harinoso (EHA) ($r = - 0.61$; $P \leq 0.01$), lo que corrobora la baja densidad de estos maíces.

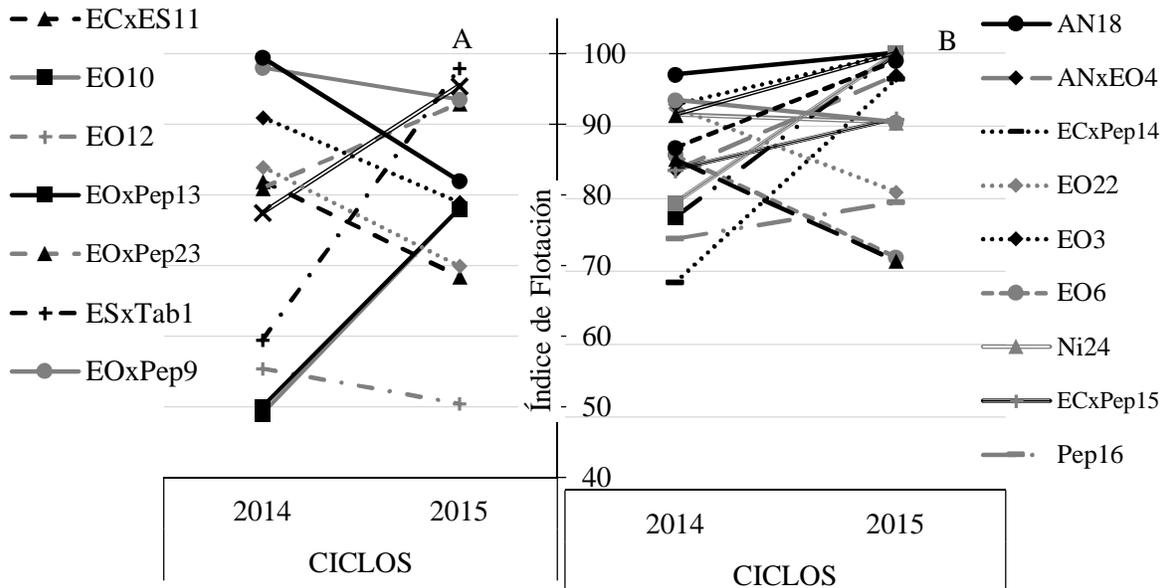


Figura 2. Interacción ciclo de cultivo por población en el índice de flotación de poblaciones rojas (A) y Azules (B) de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos, México.

En sus componentes químicos las poblaciones del ciclo PV- 2014 registraron mayores cantidades de ACE y menos: PRO y ANT (Cuadro 3). Los valores de ACE estuvieron entre 4.46 y 5.88 %, con un valor medio de 5.14 %, resultados semejantes fueron informados por Agama-Acevedo *et al.* (2011) (4.85 a 5.98 %) para 15 accesiones de maíz azul y fueron superiores: a lo declarado para maíces azules (4.1 %) y rojos (4.2 %) de Nayarit (Vidal *et al.*, 2008), y a 50 accesiones de maíces cubanos (4.01 a 5.53 %) (Martínez *et al.*, 2009); pero inferiores a lo encontrado por Guzmán *et al.* (2015) en maíces nativos de Guanajuato.

En los MNP la proteína estuvo entre 7.6 a 11.5%, valores que están dentro de lo informado para maíces nativos mexicanos (Gaytán-Martínez *et al.* (2013), estos autores informaron un intervalo entre 9.7 y 11.9 %, en tanto que Vázquez *et al.* (2010) consignaron valores desde 6.9 hasta 12.5 % de proteína.

Cuadro 3. Efecto del ciclo de cultivo en características físicas, químicas y calidad de la proteína en MNP del oriente de Morelos, México, PV- 2014 y PV-2015.

Variables	Años		DMS
	2014	2015	
Peso hectolítrico (kg.hL ⁻¹)	63.07b	64.37a	0.5286
Peso de cien granos (g)	47.84a	41.84b	0.4497
Índice de flotación	81 b	87 a	1.85
Pedicelo (%)	1.76b	1.88a	0.0136
Pericarpio (%)	4.48b	4.57a	0.014
Germen (%)	12.88b	13.14a	0.0136
Endospermo harinoso (%)	48.05b	52.85a	0.0146
Endospermo córneo (%)	32.81a	27.55b	0.014
Aceite (%)	5.25a	5.01b	0.072
Proteína (%)	9.37b	9.80a	0.1486
Triptófano (%)	0.078a	0.075b	0.0004
Índice de calidad	0.858a	0.771b	0.016
Antocianinas (mg ECG.kg ⁻¹ MS)	274.49b	278.68a	0.6815

Valores con la misma letra en la misma línea no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)
DMS = Diferencia Mínima significativa.

En los MNP de Morelos se observó que los de menor contenido de proteína fueron los de granos más suaves, donde los “gránulos de almidón que son principalmente esféricos, están débilmente empaquetados en una matriz de proteína que circunda ligeramente los gránulos (Narváez-González *et al.*, 2007).

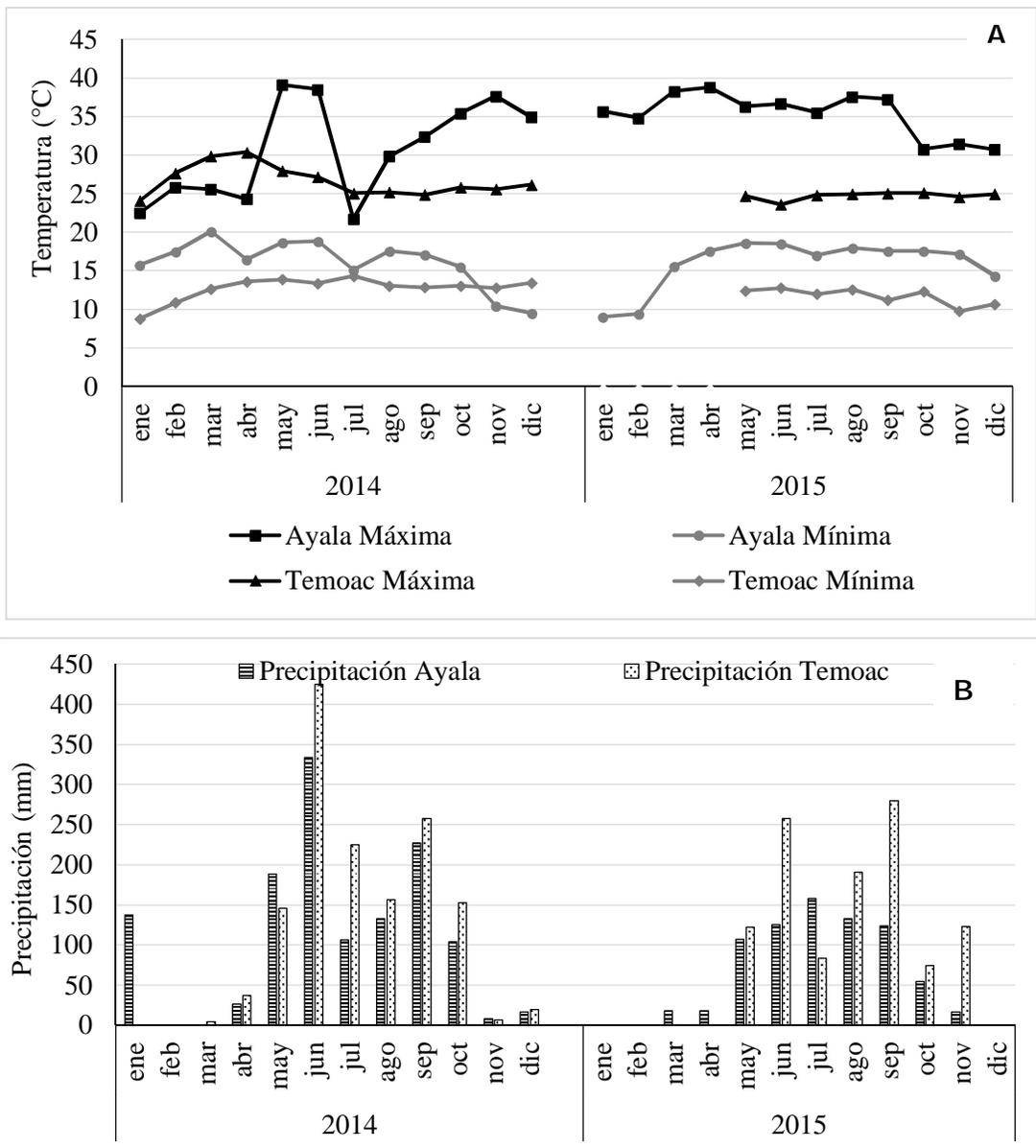


Figura 3. Temperatura (A) y precipitación (B) en Temoac y Ayala, Morelos en los años 2014 y 2015. Fuente: CONAGUA, 2016.

Otro aspecto que contribuyó en el contenido de proteína fue la fertilización del cultivo, donde los productores informaron que esta ocurrió fuera de tiempo, por la usencia de lluvia y en reducida dosis, adicionada de manera empíricas (1 puño por mata). Otros productores informaron haber incorporado el rastrojo del cultivo anterior y un pequeño número de ellos, aplico fertilizante orgánico proveniente de sus animales de tiro. La práctica del monocultivo, las

erráticas lluvias y la limitada aplicación de fertilizante, son algunas de las causas que pudieron haber contribuido en el bajo contenido de proteína de las poblaciones investigadas.

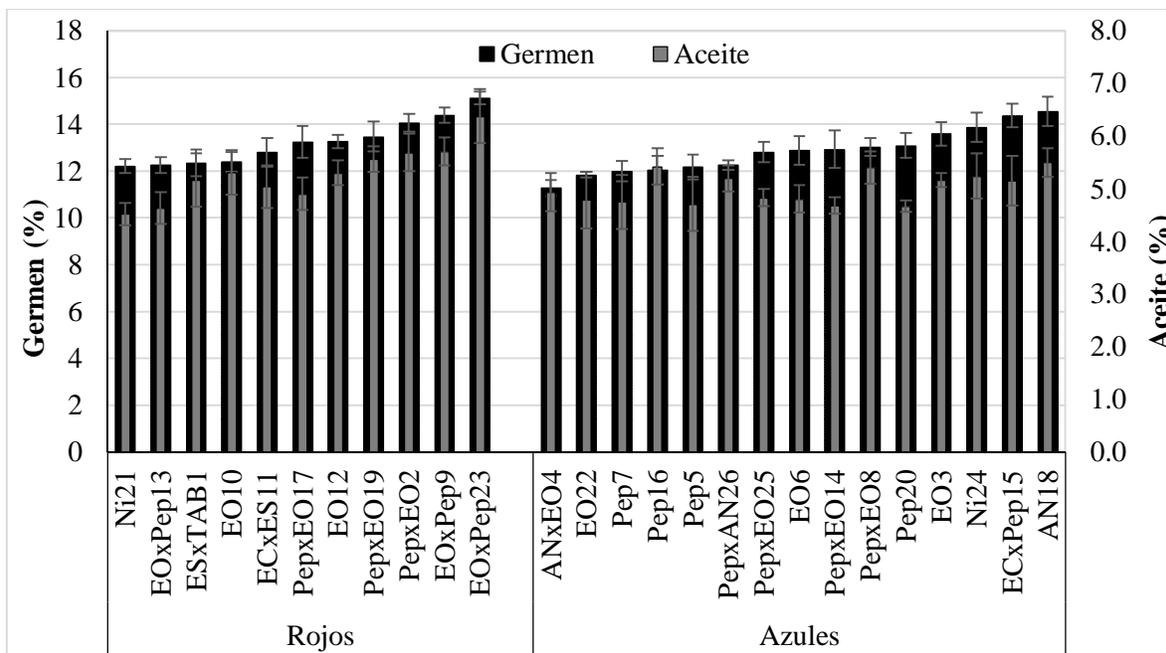


Figura 4. Contenido de aceite y proporción de germen en maíces nativos pigmentados del oriente del estado de Morelos, México.

El ciclo de cultivo afecto el contenido de antocianinas totales en 2015 se registró un contenido mayor que el de 2014 (Cuadro 3), no obstante los valores medios fueron numéricamente muy parecidos en los dos ciclos, lo que pudiera atribuirse al carácter heredable de las antocianinas (Halbwirth *et al.*, 2002). Las poblaciones de grano rojo, tuvieron valores desde 24.79 hasta 623.2 mg EPC.kg⁻¹ MS, con un valor medio de 151.4 mg EPC.kg⁻¹ MS (Figura 5A). Esta variabilidad guardo relación con el color de los granos (resultados no presentados), los de tonos más claros (rosa-lila) fueron los de menor contenido de antocianinas, en tanto que la población ‘EOxPep13’ (rojo intenso o guinda) registro el mayor contenido de estos pigmentos (Figura 5A). Las antocianinas de las poblaciones rojas de Morelos fueron superiores a los valores informados (62.3 y 154.0 mg ECG.kg⁻¹ MS) para razas de maíz (rojo) no identificadas (López *et al.*, 2009)

y semejantes a lo informado por Salinas-Moreno *et al.* (2012b) (64.7 a 547.7 mg ECG.kg⁻¹ MS) para cuatro razas (Olotillo, Tehua, Tuxpeño y Vandeño) de grano rojo del estado de Chiapas.

Las poblaciones de grano azul registraron un mayor contenido de antocianinas, respecto a las rojas (Figura 5B). En el ciclo 2015 destacaron las poblaciones: ‘Pep20’, ‘Pep16’, ‘EO6’, ‘PepxEO25’ por su mayor contenido de antocianinas, en tanto que ‘EO22’, redujo de manera significativa estos pigmentos (Figura 5B).

En estas poblaciones las antocianinas tuvieron entre 312 y 646.4 mg ECG.kg⁻¹ MS, con un valor medio de 368.4 mg ECG.kg⁻¹ MS (Figura 5B), resultados que fueron semejantes a los informado por Salinas *et al.* (2013a) para diferentes razas de maíces nativos azules, e inferiores al intervalo de: 579.4-1046.1 mg ECG.kg⁻¹ MS informado por Salinas-Moreno *et al.* (2012a) para seis accesiones de maíz Chalqueño, raza adaptada a alturas superiores a los 2000 msnm, donde prevalecen las bajas temperaturas nocturnas y la alta luminosidad, lo que propicia una mayor síntesis de antocianinas (Jin-Seng *et al.*, 2006, Salinas *et al.*, 2013a). Si bien la genética de las poblaciones es importante en la producción de las antocianinas, los climas cálido sub-húmedo para el municipio de Ayala y templado sub-húmedo para Temoac, también pudieron haber contribuido.

3.5.2. Calidad de la Proteína

La calidad nutritiva del maíz como alimento, está determinada principalmente por la composición de aminoácidos de sus proteínas. Entre los aminoácidos esenciales y limitantes del maíz está el triptófano (Vázquez *et al.*, 2012). Si bien no existen valores absolutos de lisina o triptófano que definan a un maíz con calidad proteínica, Twumasi-Afiyie *et al.* (2016) sugirieron que maíces con más de 0.075 % de triptófano en muestras de grano entero, puede ser

considerado con calidad de proteína. En el presente estudio, el mayor contenido de triptófano se encontró en el ciclo PV-2014 (Cuadro 2).

Se registraron valores desde 0.064 hasta 0.090 %, con un valor medio de 0.075 %. De acuerdo con Twumasi-Afiyie *et al.* (2016), el 62 % de las poblaciones (16 de 26) tuvo un contenido de triptófano semejante al de maíces con alta calidad de proteína (QPM) (Figura 6). Las poblaciones azules con mayor contenido de triptófano fueron: 'PepxAN26' (0.090 %), 'AN18' (0.089 %), 'ECxPep15' (0.085 %), les siguieron poblaciones puras de 'Pep7' y 'EO22', en tanto que las rojas fueron; 'PepxEO19' (0.086 %) y 'EOxPep9' (0.081 %) (Figura 6).

Las poblaciones con menos triptófano fueron 'Ni21', 'ECxES11', 'ESxTAB1', 'EO10' (rojos) y 'PepxEO14' (azul), esta variabilidad muestra que el triptófano es un componente que puede verse modificado por la información genética de cada población (Krivanek *et al.*, 2007), pero también por las condiciones ambientales y el manejo agronómico (Vázquez *et al.*, 2012). El contenido de triptófano de las poblaciones del oriente del estado de Morelos fue superior a los informado por Vidal *et al.* (2008) (0.048 y 0.051 %) y menores a los resultados de Martínez *et al.* (2009) quienes encontraron un intervalo desde 0.053 hasta 0.097 %.

Se ha informado que los contenidos de triptófano y lisina en maíz, están altamente correlacionados (> 0.9), por lo que, con la cuantificación de triptófano, es posible calificar la calidad de la proteína como un indicador del su valor nutritivo (Nurit *et al.*, 2009).

Adicionalmente uno de los criterios más usados para identificar un maíz con calidad de proteína, es el índice de calidad de la proteína (IQP). En los MNP el IQP presentó valores superiores al 0.8 señalado como límite para considerar a un maíz con calidad de proteína (Twumasi-Afiyie *et al.*, 2016), por otra parte, Martínez *et al.* (2009) propusieron que la selección de maíces con

atributos nutritivos debe incluir los valores de proteína, triptófano e IQP de: 8.0 %, 0.075 % y 0.80 respectivamente.

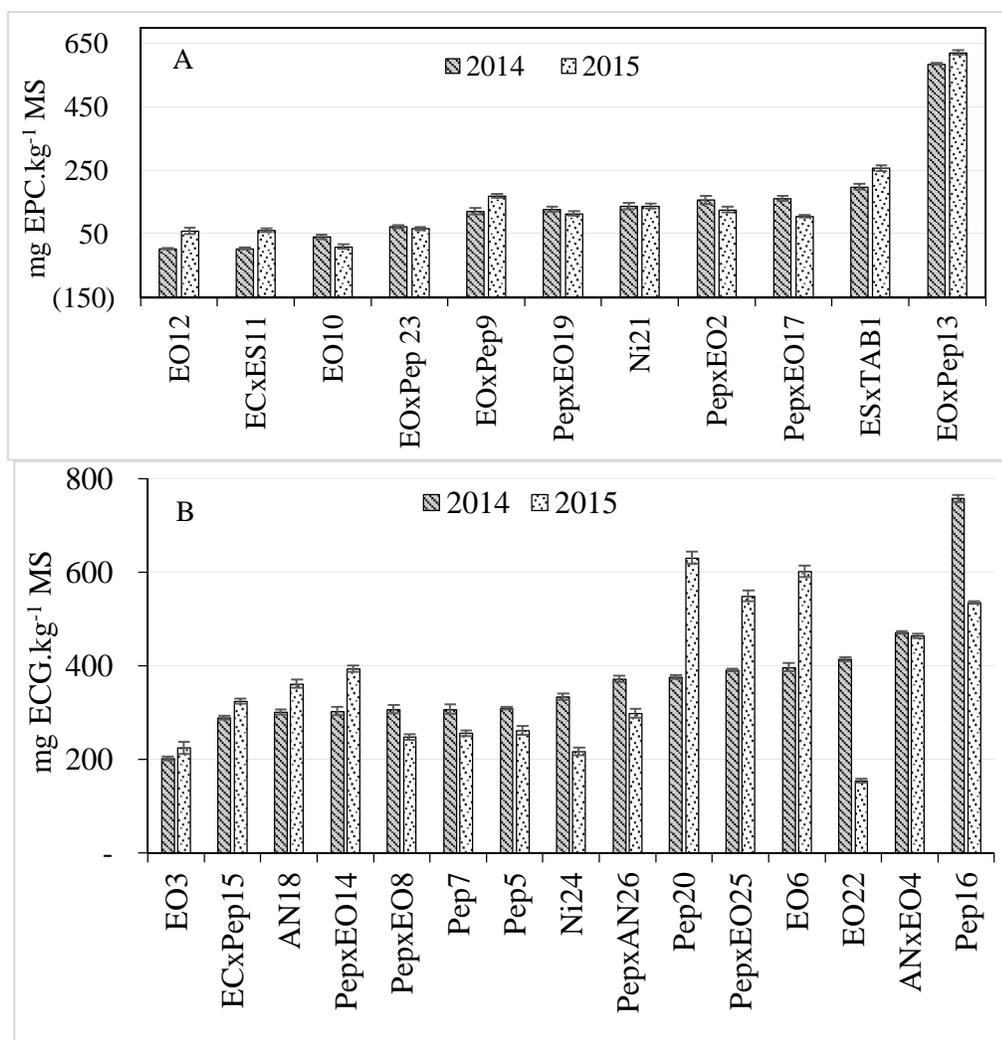


Figura 5. Antocianinas totales en poblaciones de maíces rojos (A) y azules (B) de la región oriente del estado de Morelos en los ciclos 2014 y 2015.

En el ciclo 2014 se obtuvo un mayor contenido de triptófano (Cuadro 3), no obstante, en 2015 las poblaciones ‘AN18’ (\bar{x} =0.093 %), ‘ECxPep15’ (\bar{x} =0.092 %) y ‘PepxAN26’ (\bar{x} = 0.091 %) fueron las de más TRI. En la evaluación general (los dos ciclos de estudio), muestra que el 90 % de las poblaciones de MNP tuvieron contenido de proteína por arriba del 8,0 %. En el caso

de triptófano, 15 poblaciones estuvieron por arriba del 0.075 % (Figura 6). Finalmente, el 61 % (15/26) de las poblaciones registró un IQP ≥ 0.8 (Figura 6).

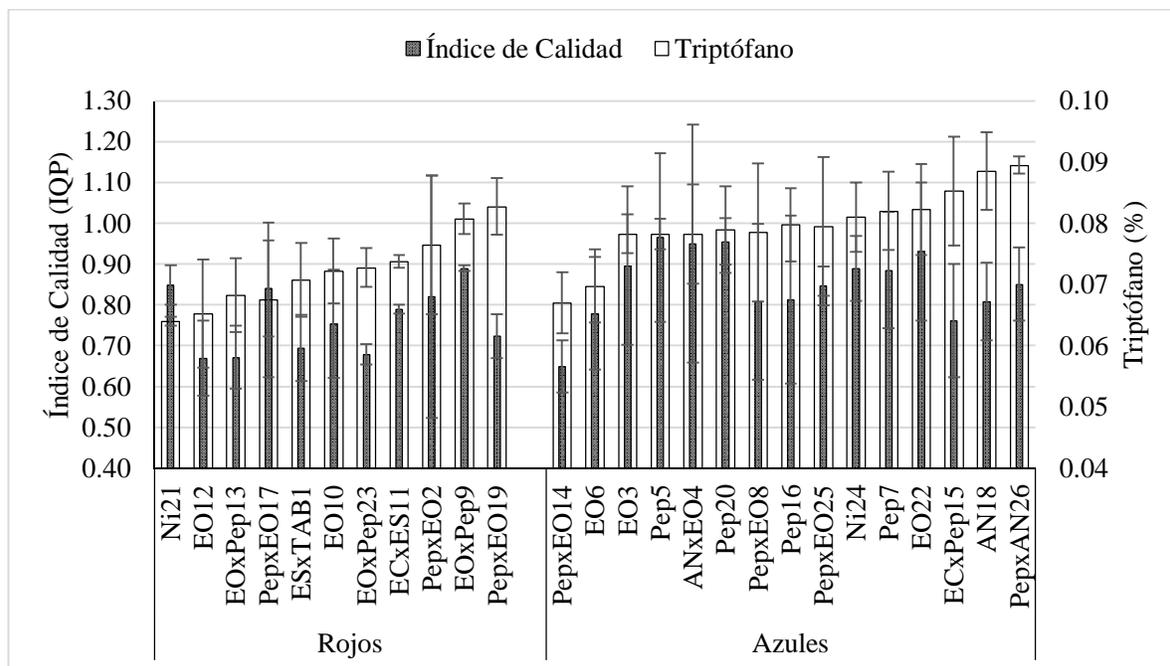


Figura 6. Triptófano e índice de Calidad de la proteína en poblaciones de maíces nativos pigmentados del oriente del estado de Morelos, México.

De acuerdo a estas tres variables sobresalieron las poblaciones; ‘Pep5’, ‘Pep20’, ‘EO22’ y ‘ANxEO4’ todos de color azul (Cuadro 4). Se caracterizaron por tener granos de endospermo muy suave, de gran tamaño, con mayor contenido de aceite y triptófano y menos proteína (Cuadro 4) que el de un maíz dentado comercial (\bar{x} = 9.0 %) (Watson, 2003). Así los maíces con mejor calidad de proteína, no fueron los de mayor proteína, tampoco los de más triptófano, sino los que equilibran los valores de estas tres variables (Cuadro 4). Los MNP pueden ser aprovechados para mejorar las condiciones nutricionales de las familias rurales en condiciones de desnutrición.

La diversidad identificada puede ser explicada por los cambios que las razas locales han experimentado a través del tiempo, derivado del entrecruzamiento con otras razas, como resultado de la selección de los productores, la cual ha estado dirigida principalmente a mantener el color y el sabor especial que presentan este tipo de maíces con respecto a las variedades mejoradas e híbridos comerciales. Por lo que los MNP del oriente del estado de Morelos son una buena opción para producirlos bajo condiciones variables del clima y para elaborar alimentos con valor agregado, y pueden contribuir a enfrentar los problemas de nutrición y salud.

Cuadro 4. Calidad nutricional y características fisicoquímicas de poblaciones sobresalientes de maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos.

Población	Índice de flotación ^Ω	Peso de cien granos (g)	Aceite [£] (%)	Proteína [£]	Triptófano ^{£, ¥}	Índice de calidad de proteína ^π
ANxE04	91 MS	52.6	4.94	8.52	0.078	0.95
EO22	87 MS	48.0	4.78	8.90	0.082	0.93
Pep5	93 MS	42.7	4.71	8.54	0.078	0.97
Pep20	89 MS	44.8	4.78	8.31	0.079	0.96

^Ω NMX-032 (2002), MS = Muy Suave, [£] Valores informados a base seca, [¥] En muestra de grano entero;

^π IQP= [(triptófano%/proteína %)100]

3.6. Conclusiones

En los maíces nativos pigmentados de Morelos predominaron las razas puras de color azul: Elotes Occidentales y Pepitilla, combinados entre ellos o con otras razas como: Ancho, Elotes Cónicos, Elotes de Sinaloa, Tabloncillo y dos no identificados. Estas poblaciones fueron de reducida densidad, con endospermo suave o muy suave, grano grande, con alto porcentaje de germen y aceite y bajo pericarpio y proteína. Los MNP azules tuvieron más antocianinas que los rojos, sobresaliendo la población ‘Pep16’ azul por su elevado contenido de este pigmento.

Se identificaron 16 poblaciones con buena calidad de proteína (IQP > 0.8) y elevado contenido de triptófano (> 0.075 %), que pueden ser usadas para mejorar la nutrición y salud de los consumidores.

El ciclo de cultivo asociado a las variaciones climatológicas, afectaron las características fisicoquímicas y el índice de calidad de los maíces nativos pigmentados. En el año 2015, la sequía extrema y el incremento de la temperatura, aumentaron la suavidad del grano y la proporción del germen, pero redujeron el tamaño del grano, el contenido de triptófano y el índice de la calidad de la proteína. Lo que evidenció, que, ante un posible escenario de aumento de temperatura y escasez de lluvia por la variabilidad climática, estos maíces nativos pigmentados pueden prosperar.

3.7. Literatura citada

Agama-Acevedo, E.; Salinas-Moreno, Y.; Pacheco-Vargas, G. y Bello-Perez, L. A. 2011.

Características físicas y químicas de dos razas de maíz azul: Morfología del almidón.

Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(3): 317-329.

Ángeles-Gaspar, E.; Ortiz-Torres, E.; López, P. A. y López-Romero, G. 2010. Caracterización

y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. Rev. Fitotec. Mex.

33(4): 287-296.

Association of Official Analytical Chemist (AOAC). 2000. Official methods of analysis,

Association of Official Analytical Chemist International. Arlington, TX, USA. 684 p.

Obtenido de: [https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac methods.1.1990.pdf](https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac%20methods.1.1990.pdf)

- Bänziger, M.; Edmeades, G. O.; Beck, D. y Bellon, M. 2012. Mejoramiento para aumentar la tolerancia a sequía y a deficiencia de nitrógeno en el maíz: De la teoría a la práctica. México, D.F. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 61 p.
- Barkin, D. y Suárez, B. 1995. El fin de la autosuficiencia alimentaria. Ed. Océano. México, D.F. 205 p.
- Castañeda-Sánchez, A. 2011. Propiedades nutricionales y antioxidantes del maíz azul (*Zea mays L.*). Temas selectos de Ingeniería de Alimentos 5(2) 75-83.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2014. Mejoramiento de Maíces Nativos. Enlace 22(6):11-15.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2016. Normales Climatológicas por Estado. Morelos: Temoac y Ayala. Obtenido de Información Climatológica: <http://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica>
- Espinosa Trujillo, E.; Mendoza Castillo, M.; Castillo González, F.; Ortiz Cereceres, J.; Delgado Alvarado, A. y Carrillo Salazar, A. 2009. Acumulación de Antocianinas en pericarpio y aleurona del grano y sus efectos genéticos en las poblaciones criollas de maíz pigmentado. Rev. Fitotec. Mex. 32(4): 303-309.
- Galicia Flores, L. A.; Islas Caballero, C.; Rosales Nolasco, A. y Palacios Rojas, N. 2012. Método económico y eficiente para la cuantificación colorimétrica de Lisina en grano de maíz. Rev. Fitotec. Mex. 34(4): 285-289.
- Gaytán-Martínez, M.; Reyes Vega, M. D.; Figueroa-Cárdenas, J. D.; Morales-Sánchez, E. y Rincón-Sánchez, F. 2013. Selección de maíces criollos para su aplicación en la industria con base en su valor agregado. Rev. Fitotec. Mex. 36(3A): 339-346.

- Gómez Montiel, N. O.; Coutiño Estrada, B. y Trujillo Campos, A. 2015. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. México D.F. Informe, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Noroeste. 22 p.
- Guzmán Maldonado, S. H.; Vázquez Carrillo, M. G.; Aguirre Gómez, J. A. y Serrano Fujarte, I. 2015. Contenido de ácidos grasos, compuestos fenólicos y claudidad industrial de maíces nativos de Guanajuato. *Rev. Fitotec. Mex.* 38(2): 213 - 222.
- Halbwirth, H.; Martens.; Wienand, U.; Forkmann, G. and Stich, K. 2003. Biochemical formation of anthocyanins in silk tissue of *Zea mays*. *Plant Sci.* 164: 489-495
- Hellin, J.; Keleman, A.; López, D.; Donnet, L. y Flores, D. (2013). La importancia de los nichos de mercado. Un estudio de caso del maíz azul y del maíz para pozole en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 36 (Especial 6): 315-328.
- Jin-Seng, K.; Byung-Hoi, L.; So-Hee, K.; Kwang-Hoon, O. and Kwang Yun, C. 2006. Responses to environmental and chemical signals for anthocyanin biosynthesis in non-chlorophyllous corn (*Zea mays* L.) leaf. *J. Plant Biol.* 49: 16-25. doi:<https://doi.org/10.1007/BF03030784>
- Krivanek, A. F.; De Groote, H.; Gunaratna, N. S.; Diallo, A. O. and Friesen, D. 2007. Breeding and disseminating quality protein maize (QPM) for Africa. *African Journal of Biotechnology*, 6(4): 312-324. Obtenido de <http://www.academicjournals.org/AJB>

- López , M. L.; Oliart , R. R.; Valerio , A. G.; Chen , H. L.; Parkin , K. and García , H. 2009. Antioxidant activity, phenolic compounds and anthocyanins content of eighteen strains of Mexican maize. *LWT - Food Sci. Tech.* 42: 1187-1192.
- López-Torres, B. J.; Rendón-Medel, R. y Camacho Villa, T. C. 2016. La comercialización de los maíces de especialidad en México: condiciones actuales y perspectivas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc. Publicación Especial* 15: 3075-3088.
- Martínez, M.; Palacios, N. y Ortiz, R. 2009. Caracterización Nutricional del grano de 50 acciones de maíz cubano. *Cultivos Tropicales* 30(2): 80-88.
- Narváez-González, E. D.; Figueroa-Cardenas, J. D.; Taba, S.; Cataño-Tostado, E. y Martínez-Peniche, R. A. 2007. Efecto del tamaño del gránulo de almidón de maíz en sus propiedades térmicas y de pastificado. *Rev. Fitotec. Mex.* 30(3): 269-277.
- Nurit, E.; Tiessen, A.; Pixley, K. and Palacios Rojas, N. 2009. A reliable and inexpensive colorimetric method for determining proteín-bound tryptophan an maize kernels. *J. Agric. Food Chem.* 57: 7233-7238.
- Revilla, P. y Ordaz B. 2016. El maíz dulce: una alternativa a diversificar en el mercado. Obtenido de *Agricultura Moderna: Conocimiento, Innovación y Productividad*: <https://www.agmoderna.com/2018/30/10/el-ma%C3%ADz-dulce-una-alternativa-a-diversificar-en-el-mercado/>
- Salinas Moreno, Y. y Vázquez Carrillo, M. G. 2006. Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz. Intituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto técnico Núm. 24. 98 p.

- Salinas-Moreno, Y., Pérez-Alonso, J. J., Vázquez-Carrillo, G., Aragón-Cuevas, F., y Velázquez-Cardelas, G. A. 2012a. Antocianinas y actividad antioxidante en maíces (*Zea mays L.*) de las razas Chalqueño, Elote Cónicos y Bolita. *Agrociencia* 46: 693-706.
- Salinas-Moreno, Y.; Cruz, C. F.; Días, O. S. y Castillo, G. F. 2012b. Granos de maíces pigmentados de Chiapas, características físicas, contenido de antocianinas y valor nutracéutico. *Rev. Fitotec. Mex.* 35(1): 33-41.
- Salinas Moreno, Y.; Aragón Cuevas, E.; Ybarra Moncada, C.; Aguilar Villarreal, J.; Altunar López, B. y Sosa Montes, E. 2013b. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones trópicas y subtrópicas de Oaxaca. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(1): 23-31.
- Salinas Moreno, Y.; García Salinas, C.; Coutiño Estrada, B. y Vidal Martínez, V. A. 2013a. Variabilidad en tipo y contenido de antocianinas en granos de color azul/morado de poblaciones mexicanas de maíz. *Rev. Fitotec. Mex.* 36 (Supl. 3-A): 285 - 294.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA). 2017. Cierre de la producción agrícola por cultivo. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola : http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp (Consulta: Agosto, 2017).
- Tanaka, A. and Yamaguchi, J. (1972). Dry Matter Production, Yield Components and Grain yield of the Maize Plant. *J. Faculty of Agriculture, Japan* 57(1): 71-132. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2115/12869>

- Twumasi-Afriyie, S.; Palacios-Rojas, N.; Friesen, D.; Teklewold, A.; Wegary, D.; De Groot, H. and Prasanna, B. M. 2016. Guidelines for the quality control of Quality Protein Maize (QPM) seed and grain. (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Ed.) Addis Ababa, Ethiopia. 40 p.
- Vázquez Carrillo, M.; Pérez Camarillo, J.; Hernández Casillas, J. M.; Marrufo Díaz, M. y Martínez Ruiz, E. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces del antiplano y valle del Mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33(4): 49-56.
- Vázquez Carrillo, M. G.; Mejía Andrade, H.; Tut Couoch, C. y Gómez Montiel, N. 2012. Características de granos y tortillas de maíces de alta calidad proteínica desarrolladas para los Valles Altos Centrales de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 36(1): 23-31.
- Vázquez-Carrillo, M. G.; Rojas-Martínez, I.; Santiago-Ramos, D.; Arellano-Vázquez, J.; Espinosa-Calderón, A.; García-Pérez, M. and Crossa, J. 2016. Stability Analysis of Yield and Grain Quality Traits for the Nixtamalization Process of Maiza Genotypes Cultivated in the Central High Valleys of Mexico. *Crop Sci.* 56: 3090-3099. doi:10.2135/cropsci2015.09.0558
- Vidal M, V. A.; Vázquez Carrillo, M. G.; Coutiño, E. B.; Ortega, C. A.; Ramírez D, J. L.; Valdivia, B. R. y Cota, A. O. 2008. Calidad proteínica en colectas de maíces criollos de la Sierra de Nayarit, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3): 15-21.
- Watson, S. A. 2003. Description, development, structure, and composition of the corn kernel. Chapter 3, 12 *In: Corn: Chemistry and Technology.* P. J. White and L. A. Johnson. (Eds.). Second edition. Paul Minnesota, USA: Association of Cereal Chemists, Inc. p 82.

Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández X, E. y Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución. México D.F. Secretaría de Agricultura y Ganadería y Fundación Rockefeller. 239 p.

Zinselmeier, C.; Lauer, M. J. and Boyer, J. S. 1995. Reversing drought-induced losses in grain yield: sucrose maintains embryo growth in maize. *Crop Sci.* 35: 1390-1400.

PROPUESTA DE ESTRATEGIA DE DESARROLLO LOCAL PARA PRODUCTORES DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS EN EL ORIENTE DE MORELOS

Para reactivar el cultivo de MNP en la región oriente de Morelos se plantea el presente plan, el cual se basa en los resultados obtenidos en las diferentes fases de investigación de seguimiento a productores, aplicación de cuestionarios y análisis de laboratorio.

Para la ejecución del plan o estrategia, se necesitan identificar los componentes de la misma:

Componente 1: Problema y objetivo

Partiendo de la situación actual que presentan las unidades de producción de MNP la cual está caracterizada por una producción bajo un esquema de agricultura tradicional, en condiciones de temporal, netamente para autoconsumo, y que es realizada por productores de edad avanzada, lo cual acentúa las condiciones de marginación y pobreza por un lado y por el otro pone en riesgo la pérdida de un recurso genético con gran valor cultural y social como lo son los MNP.

Con los análisis de laboratorio se obtuvieron datos relevantes en cuanto a que existen genotipos que presentan calidad de la proteína y un contenido de antocianinas considerables (tratándose de este tipo de maíces), lo cual los hace promisorios para su empleo para combatir los problemas de desnutrición que prevalecen en la áreas rurales del estado. Por otra parte, actualmente existe un repunte del consumo de maíces pigmentados al considerarlos “de especialidades”, debido a que existen platillos que debido a sus cualidades como sabor y textura, solo pueden ser elaborados con este tipo de maíces.

Es así como el problema se transforma en **objetivo** el cual es: *posicionar al cultivo de MNP como una opción para mejorar las condiciones de la agricultura en Morelos.*

Componente 2: Plan de acciones - actividades

Para poder cumplir el objetivo trazado, se hace necesario establecer un programa de actividades, mismas que serán realizadas por cada uno de los participantes, de acuerdo a la etapa que se esté ejecutando.

Etapa 1. Selección de materiales sobresalientes, incremento de semilla y mejoramiento genético

Tomando como base los datos obtenidos en el trabajo de investigación, en donde se obtuvieron cinco materiales promisorios con respecto al contenido de antocianinas y un material sobresaliente y promisorio en cuanto a calidad proteínica y valor nutracéutico. Éstos se incluirían en un programa de mejoramiento genético, para lo cual en primera instancia, tendrían que hacerse siembras experimentales para incrementar la semilla. Teniendo una cantidad aceptable de semilla se procederá a la siembra de parcelas para realizar mejoramiento genético, realizando cruzas de medios hermanos con algún material que haya expresado porte bajo, vigor de planta y sanidad de mazorca.

Duración de la etapa: 2 años (4 ciclos de producción).

Lugar: Campos experimental EESuX-UAEM y parcelas de productor cooperante (ambas con riego para el ciclo O-I)

Responsable de las actividades: Fitomejoradores de EESUuX, personal técnico (Ing. Agrónomos, tesistas, servicio social de EESuX y Cbta. 39), Lic. en Mercadotecnia (o Administración de empresas).

Durante la realización de esta etapa, se realizarán recorridos de parcelas con los productores con los que ya se tiene contacto y con algunos otros interesados, además de realizar talleres sobre la importancia de reactivar el cultivo de MNP en la región, cualidades que poseen y cómo su consumo puede ayudar a mejorar la dieta de las familias.

También se realizarán talleres de capacitación técnica que incluyan los siguientes aspectos:

- Época de siembra
- Densidad de población óptima
- Fertilización
- Control de malezas
- Control de plagas (si se presentan)
- Selección de mejores plantas en campo
- Cosecha
- Almacenamiento
- Además a los productores que posean fuentes de agua se les dará asesoría sobre la captación y almacenamiento de agua y la implementación de sistemas de riego por goteo para hacer un uso eficiente del agua y poder cultivar dos ciclos o hasta tres al año con materiales precoces.

Así mismo, durante este lapso se conformará un equipo encargado de gestionar la venta de la producción de MNP y con ello tener un mercado asegurado.

Se realizarán gestiones con autoridades del Gobierno municipal y Estatal, instituciones de educación superior, centros de investigación, fundación PRODUCE, para que destinen recursos

humanos, materiales y económicos para apoyar a pequeños productores de MNP, otorgando asesorías, capacitaciones, créditos baratos, o apoyo de insumos.

Etapa 2. Producción y distribución de semilla para su siembra con productores clave

Con los materiales promisorios se iniciará la fase de producción y selección de semilla para después comenzar a hacer promoción en la región oriente del cultivo de MNP con productores cooperantes (se les propondrá a los que se les hizo seguimiento de parcelas en la fase de investigación). Para ello se les regalarán de 2 a 3 maquilas (5 kg) de semillas seleccionadas y tratadas a cada uno para que las siembren en sus parcelas. Cabe señalar que el tamaño medio de la parcelas de los productores es de 3 tareas (3000 m²) y en promedio ocupan una maquila por tarea.

Durante la realización de esta etapa se continuará brindando asesoría técnica a los productores. La producción de semilla en el campo experimental de la EESuX será continua o bien con productores cooperantes.

Se estarán realizando análisis de laboratorio cada año para asegurar que las cualidades para las que fueron seleccionados los maíces no sufran modificaciones debido a la Interacción Genotipo Ambiente (permanezcan fijas), o en caso de que se modifiquen tener conocimiento si es para incrementarse o disminuirse.

Así mismo se realizarán talleres informativos con productores sobre las ventajas de conformar grupos o sociedades de producción rural y/o cooperativas de productores para dos finalidades: la primera para el procesamiento, selección y distribución de semilla e insumos para la producción y el segundo para la transformación de la materia prima en subproductos como

harinas, pinole, galletas, totopos, tostadas, pan, aceites, barras energéticas, bebidas energéticas, etc. Sin olvidar el uso principal que es la elaboración de productos a base de masa como tortillas hechas a mano, carretas, tlacoyos, atole, etc.

Para ello, también se contará con talleres de capacitación sobre la elaboración de nuevos productos a base de MNP como galletas, pinole, totopos, tesguino, licor, harina, grano precocido para pozole, extracción de colorantes, harina para tamal, etc.

Se espera que cada ciclo de cultivo sean más los productores interesados en la siembra de MNP.

Duración de la etapa: 1 año (2 ciclos de producción).

Lugar: Parcelas de productores cooperantes (con riego para el ciclo O-I)

Responsable de las actividades: Productores cooperantes, Personal técnico (Ing. Agrónomos, tesisistas, servicio social de EESuX y Cbta. 39).

Etapa 3. Formación de dos microempresas comunitarias para la venta y distribución de MNP y procesamiento

Para lograr el desarrollo local en cuanto a la producción campesina es el fortalecimiento de las organizaciones de productores, pues es la base para mejorar cuantitativa y cualitativamente los procesos productivos y la apertura de mercados de mayor escala, con precio más atractivo para los productores, lo que se reflejaría en una mayor rentabilidad. Por su parte, instituciones como FIRA-BANCO DE MÉXICO-SAGARPA (2002) proponen que para efectuar la comercialización ésta, debe ser mediante contratos formales y alianzas estratégicas asociando capacidades y recursos entre empresas relacionadas con el medio rural y organizaciones económicas de productores para incrementar el valor agregado de sus actividades.

De acuerdo con Lacki (2017), una alternativa que los productores rurales deberían de adoptar es de darle valor agregado a sus cosechas transformando su materia prima en derivados que le proporcionen mejores ingresos. Esto podrían lograrlo dejando de lado el individualismo y mediante la organización de grupos de cooperación solidaria, para poder ampliar la escala de producción que les permita acceder a mercados especiales, es decir la integración vertical del negocio agrícola.

Con los productores interesados en la organización de microempresas y con el apoyo de parte del Gobierno del Estado u Organizaciones no Gubernamentales se establecerán dos micro empresas. La primera en donde se realizará el acaparamiento de la producción de los socios (los cuales producirán el maíz bajo normas de calidad preestablecidas para conservar las cualidades nutrimentales) para la selección del grano por sanidad y tamaño para que el más grande sea, tratado y empaquetado para la venta de semilla. El grano más pequeño será empleado para su procesamiento.

La segunda microempresa será la encargada de procesar el MNP, teniendo como materia prima el maíz de grano pequeño de los socios y la compra de maíz a los demás productores, Con esto se les estaría pagando a un precio justo y al procesarse se le daría un valor agregado.

Se plantea la promoción del consumo de MNP mediante la realización de la “Feria Estatal de Maíces Nativos Pigmentados” (como la que se realiza anualmente en Huazulco del Amaranto). En esta feria se prepararán diversos platillos con MNP y serán degustados por los asistentes y vendidos a precios accesibles.

La venta de subproductos será de manera directa en la microempresa además de puntos estratégicos en las localidades como los domingos en el municipio de Zacualpan en donde

tradicionalmente se realiza el “mercado del trueque”, los sábados en el tianguis ganadero de Amayuca, los lunes en el tianguis ganadero de Yecapixtla o en tianguis itinerantes que se establecen diariamente en las diversas comunidades de la región.

Duración de la etapa: 2 a 5 años.

Lugar: Parcelas de productores cooperantes (con riego para el ciclo O-I)

Responsable de las actividades: Personal técnico (Ing. Agrónomos, tesistas, servicio social de EESuX y Cbta. 39), autoridades municipales y/o estatales, socios de las microempresas.

Componente 3: Recursos

Otro de los puntos medulares para la ejecución del plan y la realización de las actividades antes planteadas son los recursos con los que se cuenta, a continuación se hace un desglose de cada uno de ellos:

Recursos humanos

Sensibilizar, y convencer a los hijos de los productores dueños de los maíces. Presentarles el plan todas las fortalezas y debilidades. Deben ser conscientes que el éxito de la empresa depende de su compromiso y dedicación y ganas de salir adelante con una mejor calidad de vida, para ellos y para su familia.

Uno de los elementos indispensables para la realización del presente plan es contar con recursos humanos de alto nivel, los cuales serán los encargados de la transferencia de conocimientos y tecnología a los productores.

Instituciones académicas como Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc (EESuX-UAEM), Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UAEM, Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario (Cbta No. 39 de Temoac, Morelos), INIFAP: Proporcionarán equipos interdisciplinarios para realizar actividades de investigación, en transferencia de tecnología, capacitación, educación, aspectos de organización, economía, administración, mejoramiento genético, a través de seminarios, cursos de corta duración, talleres, relacionados con los sistemas de producción de los maíces nativos, así como la implementación de parcelas demostrativas.

Fitomejoradores de EESuX: serán los responsables de la selección, incremento y realización de cruzas para la obtención de variedades de MNP con alto valor proteico y nutracéutico.

Extensionistas: profesionales de carreras afines como ingeniería en producción vegetal, fitosanidad, agrónomos, Ingenieros en alimentos, Licenciados en administración de empresas, Licenciados en mercadotecnia, Contadores Públicos, Antropólogos, Sociólogos. Su participación será medular pues serán los gestores del conocimiento y los encargados de la capacitación de productores, en las parcelas, en los talleres, búsqueda de nichos de mercado y en la etapa de gestión, establecimiento y puesta en marcha de las microempresas.

Productores de MNP: La razón de ser del presente plan son los productores de la región, pues ellos han sido los custodios de este preciado recurso genético de generación en generación, poseen conocimientos que serán intercambiados con los técnicos y serán la población objetivo en la cual se pretende realizar el cambio, al capacitarlos para que sean ellos los beneficiados del consumo y venta de MNP que desde siempre han poseído y los cuales no han sido del todo aprovechados.

Recursos financieros

Otro aspecto relevante es el financiamiento, para ello, será importante la participación de instituciones de Gobierno Federal, Estatal o municipal como SAGARPA, FIRA, FIRCO, SEDESOL, SEDAGRO, Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (CONCyTEM), y Desarrollo agropecuario municipal para adquirir insumos como fertilizantes, herbicidas, créditos baratos y oportunos. También puede ser a través del financiamiento de los hijos que se encuentran en Estados Unidos para evitar el endeudamiento, aportaciones de los socios y/o cajas populares. Esto será al inicio del programa, ya que una vez que los productores logren transformar la materia prima y vender los productos a precios adecuados, ellos mismos serán los encargados de financiar sus trabajos.

Recursos tecnológicos

Un recurso tecnológico es un medio que se vale de la tecnología para cumplir con su propósito. Los recursos tecnológicos pueden ser *tangibles* (como una computadora, una impresora u otra máquina) o *intangibles* (un sistema, una aplicación virtual). Para el desarrollo del presente plan se hacen necesarios recursos tecnológicos de los dos tipos:

Tangibles: GPS, equipo para instalar sistemas de riego, estaciones meteorológicas (para el monitoreo de las condiciones ambientales), computadoras, equipo y máquinas para la elaboración de subproductos, stands, cosechadoras, desgranadoras eléctricas y manuales, seleccionadoras de maíz, envases, revolvedora para tratar químicamente, silos, entre muchos más.

Intangibles: sistemas computarizados de monitoreo del clima, programas de elaboración de proyectos, elección del capital humano, para dar seguimiento a productores, para evaluar oferta y demanda y realizar proyecciones de la producción, la realización de trípticos y propagandas, etiquetas, filosofía de la empresa, calidad y valor, estudios de investigación, actas constitutivas de microempresas, etc.

Recursos de Tierra

Se requieren extensiones de tierra de 2 a 5 tareas (en la fase inicial) y de hasta 2 hectáreas (al formar la cooperativa/organización), de ser posible con facilidad de riego para poder realizar riegos de auxilio y asegurar la producción de MNP en temporal y la producción en el ciclo O-I.

Componente 4: Incertidumbre y riesgo

Sin duda alguna este es un componente de suma relevancia a la hora de diseñar un plan pues de no considerarse pone en peligro el cumplimiento del objetivo planteado y del plan mismo. Entre los principales riesgos están los siguientes:

- Variación de cualidades proteínicas y nutraceuticas debido a la Interacción Genotipo-Ambiente.
- Falta de interés por parte de los productores.
- Falta de compromiso y conocimientos adecuados de los técnicos capacitadores.
- Variabilidad climática (vientos, granizadas, heladas, sequías, inundaciones o escasez de agua).
- Falta de recursos económicos suficientes.
- Falta de mercado potencial.

- Falta de otorgamientos de apoyos y créditos a bajo interés.
- Presencia de nuevas plagas y/o enfermedades que pongan en riesgo la producción de MNP
- Inadecuado manejo de subproductos (que se echen a perder fácilmente).
- Carencia de mercados regionales, nacionales o internacionales con el riesgo de cancelación del TLC.

Literatura citada

FIRA-BANCO DE MÉXICO-SAGARPA. 2002. Curso alianzas estratégicas empresariales: una alternativa para incrementar el valor agregado en actividades rurales. México, D. F.

Lacki P. 2017. Agricultores: Depongan el individualismo, acérquense a los extensionistas competentes, huyan de los intermediarios y actúen como eficientes protagonistas del desarrollo rural. Disponible en www.polanlacki.com.br

DISCUSIÓN GENERAL

La discusión se realizará retomando los principales resultados obtenidos en el trabajo de tesis, así como las hipótesis específicas y la general planteadas al inicio del trabajo. En relación a la primera hipótesis que textualmente dice “Los MNP de la región oriente de Morelos tienen importancia social, económica y cultural para los productores que los cultivan y sus familias”. Los resultados señalan que esta importancia, en el componente social y cultural, es de similar o de igual importancia para los dos municipios de estudio, ya que en ambos casos se siembran por agricultores de edad avanzada, tradición o por costumbre como ellos mismos lo señalan; en ambos municipios la razón principal es la satisfacción de necesidades alimenticias.

Para el caso de la importancia económica esta es diferencial para los dos municipios estudiados, mientras en el municipio de Temoac tienen alto valor cultural (religioso), para el municipio de Ayala tiene un valor económico (valor de cambio) en este municipio se comercializa prácticamente libre mientras que en Temoac se restringe su intercambio a relaciones culturales muy fuertes. Pueden haber múltiples explicaciones a esas diferencias entre las cuales se rescataría: la superficie reducida que de ellos se siembran, los bajos rendimientos o incluso la presencia de una agricultura más de tipo comercial en el municipio de Ayala. De acuerdo a la anterior, la hipótesis planteada originalmente se rechaza de manera parcial.

Para el caso de la segunda hipótesis que se planteó en términos de “El cultivo de MNP en la región oriente de Morelos se realiza empleando técnicas de cultivo tradicionales para satisfacer necesidades de autoconsumo de las familias campesinas”. Los resultados de las entrevistas y de las observaciones en los jardines de producción señalan que existe un conjunto de prácticas para ambos municipios que son tradicionales como lo son: selección de semilla de siembra, método

de siembra, beneficio o aporque del cultivo, cosecha y desgrane de mazorca. Así como otro conjunto que pertenecen al tipo de agricultura empresarial.

Para la selección de semilla, normalmente no se seleccionan las mazorcas en planta y tampoco se considera la altura de planta, el diámetro de tallo, el diámetro de las hojas, el acame de tallo y de raíz, prolificidad y cobertura de mazorca. La semilla que se utilizará en la siembra del siguiente temporal es obtenida de la parte central de la mazorca seleccionada ya que es de tamaño grande y uniforme, eso asegura que sean granos sanos y den lugar a plantas más vigorosas. Esto cuando se tiene suficiente cantidad de mazorcas para semilla, de lo contrario se desgrana completamente. Para la selección de grano, ésta es realizada principalmente por la mujer, ya que es ella la que conoce las mazorcas que pueden producir mayor cantidad de masa para elaborar las tortillas que son utilizadas en la alimentación de la familia.

En cuanto al método de siembra, debido a que las superficies que se cultivan con este tipo de maíces son pequeñas o “jardines de producción”, se siembra tirando dos o tres semillas en el fondo del surco (tapa pie). El aporque es realizado con animales de tiro que en su mayoría pertenecen a los productores.

Para realizar la cosecha, una vez que llega la madurez y el secado de las mazorcas, ésta se realiza de forma manual utilizando una aguja o cosechador de metal, costales de plástico, y en muy poca escala se utilizan costales de ixtle. Previo al desgrane, las mazorcas se asolean hasta que alcancen una humedad del grano de 12%, para ser desgranada de forma manual utilizando en algunas ocasiones “oloteras” construidas con los mismos olotes de las mazorcas desgranadas, o bien completamente a mano debido a la suavidad de desgrane que presentan este tipo de maíces,

seleccionando las mazorcas sanas y las enfermas o afectadas por alguna plaga para alimentar a las aves de corral, cerdos y animales de trabajo.

Por otra parte, el conjunto de técnicas de agricultura empresarial que emplean los productores incluyen la preparación del terreno, control de malezas y manejo post cosecha. La preparación del terreno incluye el barbecho y surcado en los cuales se emplea maquinaria y equipo agrícola. Para el control de malezas se utilizan herbicidas aplicados con aspersoras manuales, se aplican insecticidas para el control de plagas, se aplican fertilizantes y se contrata mano de obra asalariada para la realización de las actividades agrícolas. La conservación de los granos destinados al consumo de la familia consiste en envasar en costales de rafia y emplear insecticidas como fosforo de aluminio en la mayoría de los casos.

En ambos municipios los granos obtenidos derivados de la cosecha se destinan principalmente al autoconsumo de la familia. Cuando existen excedentes son comercializados con los vecinos de la comunidad o bien intercambiados por otros productos que no producen ellos como jitomates, tomates, cebollas, cacahuates, frutos, guajolotes, cerdos, gallinas y amaranto a través del trueque en los mercados de las comunidades cercanas. Otra modalidad fue la transformación del grano en masa, en tortillas o carretas (gorditas con manteca) o atoles para ceremonias religiosas. Por lo antes señalado, la hipótesis planteada originalmente no cuenta con elementos para ser rechazada.

Morelos se caracteriza por tener una gran variabilidad genética de maíz y sus parientes silvestres. Los antecedentes de descripciones de razas nativas en el estado de Morelos son los trabajos realizados por Wellhausen *et al.* (1951), quienes realizaron la descripción de 8 razas: Tuxpeño, Chalqueño, Olotillo, Tabloncillo, Vandeño, Pepitilla, Tuxpeño norteño y Ancho.

Estas mismas razas fueron corroboradas años más tarde por Sánchez y Goodman, (1992). En estudios más recientes durante 2007 a 2008 se identificaron 14 razas las cuales fueron: Ancho, Pepitilla, Elotes Occidentales, Vandeño, Tuxpeño, Chalqueño, Olotillo, Arrocillo, Bolita, Cacahuacintle, Ratón, Elotes Cónicos y Palomero Toluqueño (Gómez *et al.*, 2015).

La presente investigación reveló que en la región oriente de Morelos existe una diversidad genética de MNP, en donde las tonalidades visuales van desde el rosa pálido hasta el negro. La selección de poblaciones se realiza con base a la precocidad, resistencia a la sequía, rendimiento de grano y algunos componentes como el diámetro de olote y el número de hileras por mazorca. Se encontraron poblaciones de MNP con color de grano rojo ultra precoces (menos de 50 días a la floración masculina), esto coincide con lo reportado por Gil *et al.* (2004), quienes consideran que la precocidad es una variable importante para denotar la adaptación de las poblaciones a las condiciones de humedad imperantes.

En cuanto al rendimiento de grano, existen poblaciones que tuvieron en promedio 3 t ha⁻¹, valor que supera a la media nacional (2.3 t ha⁻¹). En algunas de estas poblaciones la estabilidad de rendimiento fue aceptable lo cual les brinda atributos para ser empleadas para servir de base en programas de mejoramiento genético y con ello, hacer frente a los diversos problemas de variabilidad climática. Por lo antes indicado, la tercera hipótesis planteada “Los MNP presentan caracteres agronómicos sobresalientes que pueden ser aprovechados en la mejora de la producción de este grano o en programas de mejoramiento genético” no tiene elementos para ser rechazada

En la verificación de la cuarta hipótesis: “Los MNP poseen propiedades fisicoquímicas que pueden ser aprovechadas para el desarrollo de productos con alto valor agregado y calidad”. Se tiene

que, con los atributos encontrados en las razas evaluadas en la fase de laboratorio y de la cual el resultado fue la identificación de 16 poblaciones con buena calidad de proteína (IQP > 0.8) y elevado contenido de triptófano (> 0.075 %), así como tres con contenido de antocianinas sobresalientes y, tomando como referencia la clasificación empírica que a través de los años los productores han realizado para satisfacer sus necesidades alimenticias: algunas son sembradas exclusivamente para ser consumidos en elotes por su dulzura y sabor, otras para masa para la elaboración de diversos productos y otros para la elaboración exclusiva de atole. Se considera que, no existen elementos para rechazarla.

En base al planteamiento de estas hipótesis particulares, la hipótesis general que dice “Las características sociotécnicas, la amplia diversidad morfoagronómica y las propiedades fisicoquímicas asociadas con los MNP del oriente de Morelos tienen potencialidades para emplearse en el desarrollo de productos con alto valor agregado en la promoción del Desarrollo Local” no existen elementos para su rechazo. En todo caso, habrá que precisar y validar la viabilidad y aceptación de productos con valor agregado; en el transcurso de la tesis se proponen varias opciones entre las que se señalan como principales: carretas, totopos, pinole, entre otros.

Por otro lado este aprovechamiento de los MNP será factible si es que se avanza en el diseño de una estrategia de Desarrollo Local que se bosqueja en una primera aproximación en el capítulo anterior de la presente tesis.

Literatura citada

Gil, M. A.; López, P. A.; Muñoz, O. A. y López, S. H. 2004. Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el Estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *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: 18–25.

Gómez Montiel, N. O.; Coutiño Estrada, B. y Trujillo Campos, A. 2015. Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. México D.F. Informe, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Noroeste. 22 p.

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

Wellhausen, E. J.; Roberts, L. M.; Hernández, X. E., en colaboración con P Mangelsdorf, P. C. 1951. Razas de Maíz en México, su origen, características y distribución. Folleto Técnico no.5, Oficina de Estudios Especiales, Secretaría de Agricultura y Ganadería y Fundación Rockefeller. México, D.F.

CONCLUSIONES GENERALES

La edad de los productores es un factor limitante en la continuidad del cultivo de MNP. El cultivo de MNP es primordial para satisfacer las necesidades alimenticias y mantener la tradición en los municipios de Temoac y Ayala Morelos. A pesar de ello, con el paso del tiempo la superficie de cultivo se ha reducido drásticamente, lo cual representa un gran peligro pues de continuar la tendencia se estaría poniendo en riesgo la continuidad del cultivo por parte de familias campesinas.

La tecnología empleada para el cultivo de MNP es diferente entre municipios y está influenciada por aspectos culturales y económicos.

A pesar de no ser un cultivo que contribuya al ingreso a familia, los productores de MNP continúan sembrándolo porque lo prefieren para satisfacer necesidades alimenticias, además de poseer un arraigo cultural y religioso (en Temoac).

La conservación de este recurso genético es importante debido a que posee variación genética que puede servir de base para el desarrollo de materiales adaptados a diferentes ambientes de la región oriente de Morelos, en donde algunas variedades mejoradas que ofrece el mercado actualmente no prosperan. Lo cual se corroboró con la evaluación del rendimiento de grano y sus componentes, pues en los municipios de estudio, existen poblaciones nativas pigmentadas con alto potencial agronómico para ser aprovechadas de manera local y en ambientes similares. La mejor expresión del rendimiento de grano de todas las poblaciones se observó en el ambiente TE.

En los maíces nativos pigmentados del oriente de Morelos: raza Pepitilla y raza Elotes Occidentales, predominan los granos de tamaño del grano grande, con un germen grande, alto contenido de aceite ($x= 5.14 \%$) y triptófano.

El ciclo de cultivo asociado a las diferentes precipitaciones y temperaturas, afectó el tamaño del grano, sus componentes estructurales, la calidad de la proteína y los contenidos de antocianinas. En el año 2015 se presentaron condiciones climáticas adversas, sin embargo, los granos fueron de mayor tamaño. Lo que evidencia que ante un posible escenario de aumento de temperatura y escasez de lluvia por el cambio climático estos materiales nativos pueden prosperar.

Las poblaciones '9', '16', '18' y '26' obtuvieron los mejores valores de proteína, triptófano e IQ que los hace potenciales para su producción encaminada a mejorar las condiciones nutricionales de las familias rurales.

Las colectas de maíz azul tuvieron el pigmento en la capa de aleurona y mostraron mayores contenidos de antocianinas, destacando la población '16' de "Pepitilla" con 610 mg kg^{-1} ; le siguieron las poblaciones: '4', '6', '20' y '25' de grano azul con un promedio de 487 mg kg^{-1} y la colecta 13 de grano rojo con pigmentos en pericarpio que tuvo 600 mg kg^{-1} de antocianinas.

La población '16' de la raza Pepitilla obtuvo valores de 5.51% de aceite, 10.05% de proteína, 0.080% de triptófano y un índice de calidad de 0.812, lo que la convierte en la más sobresaliente y promisoría por calidad proteínica y valor nutraceutico.

ANEXOS

Anexo A1. Hoja pasaporte

PASAPORTE PARA COLECTAS DE MAÍZ NATIVO PIGMENTADO EN LA REGIÓN ORIENTE DE MORELOS													
NOMBRE(S) DE COLECTOR(ES):													
INICIAL(ES) DE COLECTOR(ES):					INSTITUCIÓN DEL COLECTOR:								
TIPO DE EJEMPLAR: Observado () Colectado ()													
FECHA DE COLECTA: Día: Mes: Año:					NÚMERO DE COLECTA/OBS:								
ESTADO:			MUNICIPIO:			LOCALIDAD:							
LOCALIZACIÓN:													
NOMBRE DEL AGRICULTOR:					EDAD:		ETNIA:						
DOMICILIO DEL AGRICULTOR:					TELÉFONO:								
SITIO DE COLECTA: Troje() Terreno agrícola() Bodega Rural() Mercado() Institución() Otro:													
LATITUD N: grad		min		seg		LONGITUD W: grad		min		seg		ALTITUD m:	
NOMBRE DEL LOTE:					SUPERFICIE ha:								
TIPO DE SUELO:			PENDIENTE:			ORIENTACIÓN:			DRENAJE DEL SUELO:				
HÁBITAT: Llanura() Valle() Montaña() Cuenca() Meseta() Ladera() Colina() Barranca() Otra:													
¿CUÁNTOS TIPOS DIFERENTES DE MAÍZ CULTIVA?					¿CUÁLES SON?								
NOMBRE LOCAL(COMÚN, MÁS CONOCIDO):													
UA:									LENG				
TAMAÑO DE LA MUESTRA: Cantidad de mazorcas () Gramos por semilla () Cantidad de plantas()													
VARIEDAD DEL AGRICULTOR: ()			¿CULTIVADAS POR CUÁNTOS AÑOS?				PROCEDENCIA:						
MEZCLA VARIETAL: ()			¿CULTIVADAS POR CUÁNTOS AÑOS?				PROCEDENCIA:						
¿CUÁLES VARIETADES ESTÁN INCLUIDAS EN LA MEZCLA?													
VARIEDAD INTRODUCIDA: ()			¿CULTIVADAS POR CUÁNTOS AÑOS?				PROCEDENCIA:						
VARIEDAD MEJORADA: ()			¿CULTIVADAS POR CUÁNTOS AÑOS?				PROCEDENCIA:						
USOS: Grano () Nixtamal () Forraje () Combustible () Hoja () Otro:													
DESTINO DE LA PRODUCCIÓN: Autoconsumo() Mercado() Ambos()													
ÉPOCA DE SIEMBRA: a) b)					ÉPOCA DE FLORACIÓN: a) b)								
ÉPOCA DE MADUREZ: a) b)					ÉPOCA DE COSECHA: a) b)								
RENDIMIENTO: a) b)					DENSIDAD DE PLANTAS: a) b)								
MÉTODO DE SIEMBRA: Mecanizado () Tracción animal () Espeque () Otro:													
SISTEMA DE SIEMBRA: Monocultivo () Policultivo ()					CULTIVOS ASOCIADOS:								
PROBLEMAS OBSERVADOS EN ALMACENAMIENTO:							CONTROL:						
¿FERTILIZA EL MAÍZ?			¿QUÉ TIPO DE FERTILIZANTE UTILIZA?										
TIPO DE RIEGO: Temporal () Con riego suplementario () Solo riego () Humedad residual ()													
¿CUALES SON LAS CARACTERÍSTICAS QUE LE GUSTAN DE LA VARIEDAD?													
¿CUALES SON LAS CARACTERÍSTICAS QUE NO LE GUSTAN DE LA VARIEDAD?													
¿QUIERE USTED CAMBIAR SU VARIEDAD?													
ES LA VARIEDAD RESISTENTE A:					Resistente () Susceptible () No sabe ()								
GENERO:		ESPECIE:		SUBESPECIE:		RAZA:		RAZA SECUNDARIA:					
DETERMINADOR:				INICIALES:		FECHA DE DETERMINACIÓN:							
No. DE CATALOGO:			NOMBRE DE COLECCIÓN:				SIGLAS:						
INSTITUCIÓN DE LA COLECCIÓN:					SIGLAS:								
PAÍS DE LA COLECCIÓN:					ESTADO DE LA COLECCIÓN:								
REGISTRO DE FOTOGRAFÍAS:													
OBSERVACIONES:													
DATOS DE MAZORCA					DATOS DE GRANO								
Forma:		Longitud (cm):			Color:		Ancho/Longitud:						
No. De hileras:		Diámetro (cm):			Textura:		Grosor/Ancho:						
Granos/hilera:		Longitud/Diámetro:			Ancho (mm):		Volumen de 100 granos:						
Diámetro de olote (cm):		Color de olote:			Longitud (mm):		Peso de 100 granos:						
					Grosor (mm):								

Anexo A2. Cuestionario a productores de MNP de Temoac y Ayala, Morelos.



Universidad de Morelos

INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN PARA PRODUCTORES DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS

El presente cuestionario tiene la finalidad de recabar información en el momento de la colecta de maíces nativos pigmentados de la región Oriente de Morelos para la caracterización de la unidad de producción y el sistema de producción bajo el cual el agricultor cultiva la variedad donada. Esta información es relevante para el desarrollo del trabajo de investigación doctoral de la MC. Elizabeth Broa Rojas, titulado:

"USOS POTENCIALES BASADOS EN CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS Y NUTRACÉUTICAS DE MAÍCES NATIVOS PIGMENTADOS DE LA REGIÓN ORIENTE DE MORELOS"

No. de Cuestionario: ____ Fecha: ____/____/2015.

NOMBRE DEL PRODUCTOR:		
DOMICILIO:	LOCALIDAD:	MUNICIPIO:
COORDENADAS: LONGITUD _____	LATITUD _____	ALTITUD _____ msnm
NÚMERO TELEFÓNICO:	ENTREVISTADOR:	

I. Caracterización del productor

- 1.- Sexo []
 1) Masculino
 2) Femenino
- 2.- Edad cumplida []
3. Estado civil []
 1. Soltero
 2. Casado
 3. Unión Libre
 4. Divorciado
 5. Viudo
- 4.- Edad cumplida del cónyuge []
- 5.- ¿Usted y su cónyuge, saben leer y escribir? []
 1) Si
 2) No (pase a la pregunta 7) cónyuge []
- 6.- ¿Cuál es su nivel máximo de escolaridad? []
 1. Primaria completa
 2. Primaria incompleta cónyuge []
 3. Secundaria completa
 4. Secundaria incompleta
 5. Preparatoria o Carrera Técnica
 6. Profesional
 7. Sin estudios
7. Número de personas que dependen del jefe de familia: []
8. ¿Tiene hijos? []
 1) Si
 2) No (pase a la pregunta 12)
9. Número de hijos Hombres [] Mujeres []
10. Información general sobre los hijos:

Anexo A3. Clasificación de la precocidad de poblaciones con referencia a Floración masculina, femenina y ASI.

Poblaciones	Temoac			Ayala			Combinado			Denominación
	DFM	DFP	ASI	DFM	DFP	ASI	DFM	DFP	ASI	
1	64.33	67.33	3.00	59.67	63.67	4.00	62.00	65.50	3.50	Intermedia
2	65.00	67.67	2.67	61.33	65.00	3.67	63.17	66.33	3.17	Intermedia
3	67.00	70.67	3.67	68.67	70.67	2.00	67.83	70.67	2.83	Tardía
4	62.67	64.33	1.67	59.33	61.33	2.00	61.00	62.83	1.83	Semiprecoz
5	65.00	67.33	2.33	57.67	61.00	3.33	61.33	64.17	2.83	Semiprecoz
6	63.00	65.00	2.33	58.67	62.00	3.33	60.83	63.50	2.67	Semiprecoz
7	63.67	65.00	1.33	60.67	64.33	3.67	62.17	64.67	2.50	Semiprecoz
8	70.00	72.67	2.67	68.33	72.33	4.00	69.17	72.50	3.33	Tardía
9	66.67	70.00	3.33	69.33	71.67	2.33	68.00	70.83	2.83	Tardía
10	64.00	66.33	2.33	60.33	63.33	3.00	62.17	64.83	2.67	Semiprecoz
11	64.00	65.67	1.67	61.00	62.67	1.67	62.50	64.17	1.67	Semiprecoz
12	67.00	69.33	2.33	71.00	72.33	1.67	69.00	70.83	1.83	Tardía
13	63.67	66.00	2.33	59.67	63.00	3.33	61.67	64.50	2.83	Semiprecoz
14	80.33	82.67	2.33	64.00	68.00	4.00	72.17	75.33	3.17	Ultratardía
15	66.33	69.67	3.33	61.33	64.33	3.00	63.83	67.00	3.17	Intermedia
16	66.00	67.67	1.67	59.33	62.33	3.00	62.67	65.00	2.33	Semiprecoz
17	66.00	69.33	3.33	66.00	69.33	3.33	66.00	69.33	3.33	Intermedia
18	64.67	66.67	2.33	60.67	64.00	3.33	62.67	65.33	2.67	Intermedia
19	66.00	69.00	3.00	61.00	65.33	4.33	63.50	67.17	3.67	Intermedia
20	68.00	71.00	3.00	68.00	71.00	3.00	68.00	71.00	3.00	Tardía
21	66.00	69.67	3.67	67.67	70.33	2.67	66.83	70.00	3.17	Intermedia
22	67.33	70.00	2.67	70.33	73.33	3.00	68.83	71.67	2.83	Tardía
23	70.67	73.00	2.33	69.00	72.67	3.67	69.83	72.83	3.00	Tardía
24	63.67	66.33	2.67	61.00	64.00	3.00	62.33	65.17	2.83	Semiprecoz
25	69.00	71.00	2.33	69.67	72.00	2.33	69.33	71.50	2.17	Tardía
26	63.67	66.33	2.67	59.00	61.67	2.67	61.33	64.00	2.67	Semiprecoz
27	65.33	66.67	1.33	61.33	65.67	4.33	63.33	66.17	2.83	Intermedia
28	66.33	69.00	2.67	61.00	66.33	5.33	63.67	67.67	4.00	Intermedia
29	62.33	64.33	2.33	60.00	62.00	2.00	61.17	63.17	2.00	Semiprecoz
30	64.67	66.67	2.33	62.00	65.33	3.33	63.33	66.00	2.67	Intermedia
31	63.33	66.00	2.67	61.00	67.00	6.00	62.17	66.50	4.33	Intermedia
32	67.33	68.33	1.00	61.33	63.67	2.33	64.33	66.00	1.67	Intermedia
33	60.67	62.33	1.67	54.33	58.00	3.67	57.50	60.17	2.67	Precoz
34	64.67	66.33	1.67	59.67	61.33	1.67	62.17	63.83	1.67	Semiprecoz
35	65.67	67.33	1.67	64.33	65.67	1.33	65.00	66.50	1.50	Intermedia
36	67.33	69.33	2.33	61.00	66.00	5.00	64.17	67.67	3.50	Intermedia
37	61.33	64.00	2.67	56.00	58.67	2.67	58.67	61.33	2.67	Semiprecoz
38	65.67	68.00	2.33	62.00	66.33	4.33	63.83	67.17	3.33	Intermedia
39	67.33	70.00	2.67	64.33	68.33	4.00	65.83	69.17	3.33	Intermedia
40	67.00	69.67	2.67	62.33	66.33	4.00	64.67	68.00	3.33	Intermedia
41	65.67	67.33	1.67	59.33	62.67	3.33	62.50	65.00	2.50	Semiprecoz
42	65.33	67.67	2.33	61.00	63.67	2.67	63.17	65.67	2.50	Intermedia
43	63.33	66.00	2.67	58.67	62.00	3.33	61.00	64.00	3.00	Semiprecoz
44	65.33	68.33	3.00	62.00	68.33	4.33	63.67	67.33	3.67	Intermedia
45	63.00	67.00	4.00	58.00	60.33	2.33	60.50	63.67	3.17	Semiprecoz
46	63.67	67.33	3.67	61.33	65.00	3.67	62.50	66.17	3.67	Intermedia
47	68.67	72.00	3.33	64.67	70.67	6.00	66.67	71.33	4.67	Tardía
48	64.33	66.00	1.67	59.33	62.67	3.33	61.83	64.33	2.50	Semiprecoz
49	65.67	67.00	1.33	68.00	69.67	1.67	66.83	68.33	1.50	Intermedia

Continuación...

Poblaciones	Temoac			Ayala			Combinado			Denominación
	DFM	DFP	ASI	DFM	DFP	ASI	DFM	DFP	ASI	
50	64.00	66.33	2.33	59.67	62.67	3.00	61.83	64.50	2.67	Semiprecoz
51	64.33	65.00	.67	61.00	62.33	1.33	62.67	63.67	1.00	Semiprecoz
52	66.00	68.33	2.33	63.67	67.33	3.67	64.83	67.83	3.00	Intermedia
53	63.67	64.33	.67	59.33	62.00	2.67	61.50	63.17	1.67	Semiprecoz
54	65.00	67.67	2.67	64.33	67.67	3.33	64.67	67.67	3.00	Intermedia
55	61.33	63.00	1.67	59.00	61.33	2.33	60.17	62.17	2.00	Semiprecoz
56	57.67	61.33	3.67	56.67	59.67	3.00	57.17	60.50	3.33	Semiprecoz
57	66.33	68.00	1.67	66.00	68.00	2.00	66.17	68.00	1.83	Intermedia
58	57.67	59.67	2.33	57.33	60.00	2.67	57.50	59.83	2.33	Precoz
59	57.67	58.67	1.00	53.67	55.67	2.00	55.67	57.17	1.50	Precoz
60	67.00	68.67	1.67	66.67	70.33	3.67	66.83	69.50	2.67	Intermedia
61	63.67	66.00	2.33	61.00	62.67	1.67	62.33	64.33	2.00	Semiprecoz
62	61.00	62.33	1.33	60.67	62.33	1.67	60.83	62.33	1.50	Semiprecoz
63	62.33	64.00	1.67	60.67	62.67	2.00	61.50	63.33	1.83	Semiprecoz
64	65.00	67.33	2.33	71.00	73.00	2.00	68.00	70.17	2.17	Intermedia
65	55.33	56.67	1.33	52.33	55.33	3.00	53.83	56.00	2.17	Precoz
66	59.00	60.00	1.33	60.33	62.67	2.33	59.67	61.33	1.67	Semiprecoz
67	67.67	70.33	2.67	76.00	79.67	3.67	71.83	75.00	3.17	Tardía
68	62.67	63.67	1.33	62.67	63.67	1.00	62.67	63.67	1.00	Semiprecoz
69	53.00	54.33	1.33	53.67	55.67	2.00	53.33	55.00	1.67	Ultraprecoz
70	51.00	52.33	1.33	50.33	52.67	2.33	50.67	52.50	1.83	Ultraprecoz
71	62.00	65.00	3.00	62.33	65.33	3.00	62.17	65.17	3.00	Semiprecoz
72	59.67	62.00	2.33	58.67	61.33	2.67	59.17	61.67	2.50	Semiprecoz
73	56.00	58.33	2.33	55.33	59.00	3.67	55.67	58.67	3.00	Precoz
74	50.33	50.33	0.00	48.00	51.33	3.33	49.17	50.83	1.67	Ultraprecoz
75	59.67	61.00	1.33	57.33	60.00	2.67	58.50	60.50	2.00	Semiprecoz
76	63.33	66.00	2.67	65.67	68.00	2.33	64.50	67.00	2.50	Intermedia
77	53.33	54.33	1.00	51.33	54.00	2.67	52.33	54.17	1.83	Ultraprecoz
78	64.00	66.00	2.33	61.00	65.00	4.00	62.50	65.50	3.00	Intermedia
79	63.00	66.00	3.00	65.67	67.67	2.00	64.33	66.83	2.50	Intermedia
80	65.00	67.33	2.33	63.33	65.33	2.00	64.17	66.33	2.17	Intermedia
81	60.67	62.33	1.67	60.00	61.67	1.67	60.33	62.00	1.67	Semiprecoz
82	53.00	55.00	2.33	53.00	55.33	2.33	53.00	55.17	2.17	Ultraprecoz
83	63.67	65.33	1.67	66.00	67.67	1.67	64.83	66.50	1.67	Intermedia
84	57.00	57.67	.67	58.00	58.67	0.67	57.50	58.17	1.00	Precoz
85	65.00	66.67	1.67	65.67	70.00	4.33	65.33	68.33	3.00	Intermedia
86	61.33	62.33	1.00	59.00	60.33	1.33	60.17	61.33	1.17	Semiprecoz