



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS PUEBLA**

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

### **ASPECTOS TRADICIONALES Y GENÉTICOS ASOCIADOS AL MAÍZ RAZA JALA**

**LUIS ALBERTO MONTES HERNÁNDEZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**DOCTOR EN CIENCIAS**

**PUEBLA, PUEBLA**

**2014**



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

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

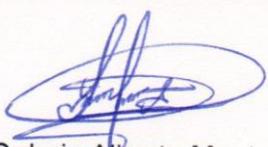
SUBDIRECCIÓN DE EDUCACIÓN  
CAMPUS PUEBLA

CAMPUE- 43-2-03

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

En correspondencia al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Luis Alberto Montes Hernández**, alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. J. Arahón Hernández Guzmán**, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **Aspectos tradicionales y genéticos asociados al maíz raza Jala**, y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla, 25 de julio de 2014.

  
M. C. Luis Alberto Montes Hernández  
Nombre completo y Firma

  
Dr. J. Arahón Hernández Guzmán  
Vo. Bo. Profesor Consejero y Director de Tesis  
Nombre completo y Firma

La presente tesis, titulada: **Aspectos tradicionales y genéticos asociados al maíz raza Jala**, realizada por el alumno: **Luis Alberto Montes Hernández**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS

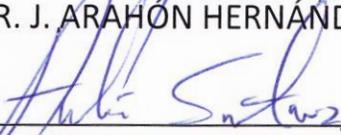
ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

CONSEJO PARTICULAR

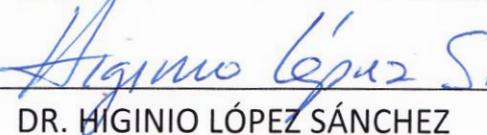
CONSEJERO:

  
DR. J. ARAHÓN HERNÁNDEZ GUZMÁN

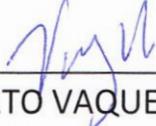
ASESOR:

  
DR. AMALIO SANTACRUZ VARELA

ASESOR:

  
DR. HIGINIO LÓPEZ SÁNCHEZ

ASESOR:

  
DR. HUMBERTO VAQUERA HUERTA

ASESOR:

  
DR. ROBERTO VALDIVIA BERNAL

Puebla, Puebla, México, agosto del 2014

## ASPECTOS TRADICIONALES Y GENÉTICOS ASOCIADOS AL MAÍZ RAZA JALA

Luis Alberto Montes Hernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2014

En México el maíz presenta una gran diversidad genética y una gran diversidad de usos en cada región. El maíz raza Jala se encuentra adaptado a las condiciones microclimáticas existentes en la región del Valle de Jala, Nayarit, México, y se sigue cultivando por un número cada vez más reducido de agricultores, además de que sus usos están fuertemente ligados a la tradición y cultura de la región, lo que probablemente es factor determinante para su conservación. En una primera etapa de esta investigación se colectó la diversidad actual del maíz raza Jala para caracterizarla *in situ* con base en variables morfológicas y fenológicas; en una segunda etapa se evaluó el efecto de la profundidad de siembra (10, 15 y 20 cm) para la emergencia de plántulas del maíz Jala; y finalmente, en una tercera etapa el objetivo fue describir los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociado a este maíz. En la primera etapa se evaluaron en tres sitios 25 genotipos, 18 poblaciones fueron maíz Jala, la accesión 2244 de CIMMYT, una población de maíz San Juaneño y cinco compuestos derivados de la raza Jala, en un diseño experimental láctice  $5 \times 5$ ; el efecto de la profundidad de siembra se evaluó en condiciones de invernadero, utilizando el diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas; y por último se aplicó un cuestionario, a todos los agricultores que sembraron maíz Jala en el ciclo agrícola 2012. Los resultados de la primera etapa sugieren que existe una base genética común entre las poblaciones evaluadas. En la segunda etapa indican que el porcentaje de establecimiento, velocidad de emergencia y peso seco de la parte aérea de la plántula están involucrados en la capacidad de éstas para emerger más rápido a diferentes profundidades. En la tercera etapa se observó que el manejo de este cultivo sigue siendo de manera tradicional y sus usos son principalmente como elote, tortillas, y pozole. Esto nos proporciona elementos para diseñar programas de conservación *in situ* con características propias de la raza, de tal manera que se aumente la diversidad genética y morfológica para evitar su extinción.

Palabras clave: Agricultura tradicional, caracterización, conservación *in situ*, diversidad genética, vigor.

## TRADITIONAL AND GENETIC ASPECTS LINKED TO JALA MAIZE LANDRACE

Luis Alberto Montes Hernández, Dr.

Colegio de Postgraduados, 2014

Maize in Mexico has a great genetic diversity and a wide variety of uses in each region. Jala maize landrace is adapted to the microclimatic conditions prevailing in Jala Valley, Nayarit, Mexico and it continues being cultivated by a reducing number of farmers, in addition, its uses are strongly linked to tradition and culture in the region, which is likely to be a determining factor for its conservation. In a first stage of this research the current diversity of the Jala maize landrace was collected to perform *in situ* characterization based on morphological and phenological traits; in a second stage the effect of planting depth (10, 15 and 20 cm) for the emergence of Jala maize seedlings was evaluated; and finally, in a third stage the aim was to describe the farming systems and traditional knowledge associated to Jala maize. The first stage was assessed in three places where 25 genotypes were evaluated: 18 Jala maize landrace populations, CIMMYT accession 2244, a population of San Juaneño maize and five compounds derived from Jala landrace, in a  $5 \times 5$  lattice experimental design; the effect of planting depth was carried out under greenhouse conditions, the experimental design was a randomized complete block arranged in split plots; and finally a questionnaire was applied to all farmers who planted Jala maize in the 2012 agricultural cycle. The results of the first stage suggest a common genetic basis between the populations evaluated. In the second stage showed that the percentage of establishment, emergence rate and dry weight of the aerial part of the seedling are involved in the ability of them to emerge quickest at different depths. In the third stage it was noted that the management of this crop is still in the traditional manner and their uses are primarily as fresh corn, tortillas, and pozole. This provides elements for designing *in situ* conservation programs with their own race, in such a manner that both genetic and morphological diversity are increased to avoid its extinction.

Key words: Characterization, genetic diversity, *in situ* conservation, traditional agriculture, vigour.

## AGRADECIMIENTOS

"Dad gracias en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros en Cristo Jesús"

1 Tesalonicenses 5:18

Gracias Dios Altísimo, porque en ti ha confiado mi alma y me has permitido concluir una etapa más de mi vida a pesar de todas las incertidumbres que hay en mí.

A mis padres Isaías y Lidia porque han sido, son y serán los pilares de mi vida, porque me han exhortado cuando es necesario, consolado, apoyado y cuidado a pesar de mi conducta.

También a mis hermanas Edith y Leticia porque me han brindado su cariño y apoyo en los momentos difíciles de mi vida.

A la futura Dra. Martha del Carmen Flores Rosales por su apoyo incondicional desde el inicio hasta el término de esta etapa de mi vida, por brindarme su tiempo, paciencia, por escucharme, aconsejarme y darme ánimo moralmente cuando más lo necesitaba; pero sobre todo por ser una parte primordial de mi vida desde hace mucho tiempo.

A mis queridos y amados sobrinos Erick Ariel y Lidia Shaiel que han sido un maravilloso regalo de Dios.

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

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

A los integrantes de mi consejo particular:

Dr. J. Arahón Hernández Guzmán: Por haberme brindado la oportunidad de ser mi tutor y guía, por su brillante dirección de este trabajo, por trasmitirme parte de sus conocimientos y por haber tenido la paciencia necesaria para ayudarme.

Dr. Amalio Santacruz Varela: Por su grata colaboración, por su apoyo en las revisiones minuciosas a este escrito, por sus valiosas aportaciones y sus consejos sobre este trabajo.

Dr. Higinio López Sánchez: Por su enseñanza y por sus valiosos consejos para mejorar esta investigación.

Dr. Humberto Vaquera Huerta: Por su apoyo, su atención y accesibilidad al dedicarme parte de su valioso tiempo.

Dr. Roberto Valdivia Bernal: Por formar parte de mi Consejo, por su apoyo, su atención y accesibilidad para mejorar este trabajo.

A los Doctores Néstor Estrella Chulim, Antonio Macías López, Samuel Vargas López, Abel Gil Muñoz, Enrique Ortiz Torres, Pedro Antonio López, por apoyarme académicamente y moralmente, por brindarme su tiempo y paciencia, por aconsejarme para mejorar el escrito de esta investigación.

A Ma. de Lourdes Rivas Romero quien es la encargada de la Biblioteca del Colegio de Posgraduados *Campus* Puebla por su apoyo brindado en la búsqueda de la información bibliográfica.

A cada uno de mis maestros, por todas sus enseñanzas y sabios consejos en este trayecto.

## CONTENIDO

	<b>Páginas</b>
<b>CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN GENERAL .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problema de Investigación .....	2
1.2. Objetivos.....	4
1.3. Hipótesis .....	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Antecedentes.....	6
1.6 Organización de la tesis.....	8
1.7. Referencias Bibliográficas.....	10
<b>CAPÍTULO II EXPRESIÓN FENOTÍPICA <i>in situ</i> DE CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Resumen .....	15
2.2 Abstract.....	16
2.3 Introducción.....	17
2.4 Materiales y Métodos .....	18
2.4.1 Área del estudio .....	18
2.4.2 Material genético .....	18
2.4.3 Establecimiento de experimentos y variables evaluadas.....	19
2.4.4 Análisis estadístico .....	20
2.5 Resultados y Discusión.....	21
2.6 Conclusiones.....	30
2.7 Agradecimientos.....	30
2.8 Referencias Bibliográficas.....	30
<b>CAPÍTULO III CAPACIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA ESTABLECIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA .....</b>	<b>35</b>
3.1 Resumen. ....	36
3.2 Abstract.....	37
3.3 Introducción.....	38
3.4 Materiales y Métodos .....	40
3.4.1. Análisis estadístico .....	42

3.5 Resultados y Discusión.....	42
3.6 Conclusiones.....	47
3.7 Referencias Bibliográficas.....	47
<b>CAPÍTULO IV ASPECTOS TRADICIONALES ASOCIADOS AL MAÍZ RAZA JALA</b> .....	<b>51</b>
4.1 Resumen .....	52
4.2 Abstract.....	53
4.3 Introducción.....	54
4.4 Materiales y Métodos. ....	55
4.4.1 Área del estudio .....	56
4.4.2 Levantamiento de la Información.....	56
4.4.3 Análisis de la Información.....	56
4.5 Resultados y Discusión.....	57
4.5.1 Uso y aprovechamiento del maíz de húmedo raza Jala .....	60
4.5.2 Selección, almacenamiento y conservación de semilla del maíz raza Jala .....	63
4.5.3 Conocimiento tradicional del maíz de húmedo raza Jala. ....	65
4.6 Conclusiones.....	68
4.7 Referencias Bibliográficas.....	69
<b>CAPÍTULO V ESTRATEGIA PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL</b> <b>MAÍZ RAZA JALA</b> .....	<b>75</b>
5.1 Resumen .....	76
5.2 Abstract.....	77
5.3 Introducción.....	78
5.4 Propuesta para la conservación y aprovechamiento in situ y ex situ de la raza Jala .....	81
5.5 Conclusiones.....	84
5.6. Referencias Bibliográficas.....	85
<b>CAPÍTULO VI CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Páginas

### CAPÍTULO II. EXPRESIÓN FENOTÍPICA *in situ* DE CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA.....14

**Cuadro 1.** Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de las variables morfológicas evaluadas en 18 poblaciones nativas del maíz raza Jala y siete testigos, Jala, Nayarit, México, 2010. .... 22

**Cuadro 2.** Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de nueve variables generadas mediante cocientes entre variables evaluadas en 18 poblaciones nativas del maíz raza Jala y siete testigos. Jala, Nayarit, México, 2010. .... 23

**Cuadro 3.** Vectores característicos, valor característico y proporción de varianza para los tres primeros componentes principales de las variables registradas de 18 poblaciones del maíz raza Jala y siete testigos evaluados en el municipio de Jala, Nayarit, México, 2010. .... 24

**Cuadro 4.** Promedios de nueve caracteres de los tres grupos obtenidos en el dendrograma de 18 poblaciones de maíz raza Jala, y siete testigos en el valle del municipio Jala, Nayarit. .... 25

### CAPÍTULO III. CAPACIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA ESTABLECIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA.....35

**Cuadro 1.** Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza de siete variables evaluadas en 20 genotipos de maíz. .... 42

**Cuadro 2.** Comparación de medias de siete variables en prueba de emergencia de 20 genotipos de maíz. .... 43

**Cuadro 3.** Comparación de medias de siete variables en una prueba de emergencia de 20 genotipos de maíz a diferentes profundidades de siembra. .... 44

**Cuadro 4.** Análisis de correlación entre siete variables en prueba de emergencia de 20 genotipos de maíz a diferentes profundidades de siembra. .... 45

**CAPÍTULO IV. CAPACIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA ESTABLECIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA.**.....49

**Cuadro 1.** Importancia que otorgan los entrevistados a diversos factores que pudieran incrementar la producción del maíz raza Jala..... 63

**Cuadro 2.** Principales características de selección de semilla para la próxima siembra. .... 64

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>CAPÍTULO II. EXPRESIÓN FENOTÍPICA <i>in situ</i> DE CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA.....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 1.</b> Dendrograma de 18 poblaciones de maíz y siete testigos, obtenido con el método de Ward. ....	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO IV. CAPACIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA ESTABLECIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 1.</b> Rangos de edad de los agricultores que siembran maíz raza Jala.....	<b>58</b>
<b>Figura 2.</b> Superficie de siembra de maíz de húmedo.....	<b>59</b>
<b>Figura 3.</b> Rangos de tiempo que tienen sembrando maíz de húmedo. ....	<b>59</b>
<b>Figura 4.</b> Usos tradicionales en que se emplea el maíz de húmedo. ....	<b>61</b>

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN GENERAL

De los cultivos originarios y/o domesticados en Mesoamérica, el maíz, frijol, chile, calabaza y tomate son los más importantes en la dieta de los mexicanos, siendo el maíz la base de la alimentación y el producto de mayor consumo nacional y *per cápita*. En México la producción anual de maíz en 2012 fue de 22 069 254 t de grano (SIAP, 2012); ocupa más de la mitad de la superficie cultivada (ocho millones de hectáreas), y aproximadamente tres millones de agricultores siembran este cultivo. Cerca del 86% de la superficie que se siembra con maíz, principalmente en el centro-suroeste del país, es en condiciones de temporal y la producción es principalmente para autoconsumo; mientras que el 14% restante se produce en la parte del Norte, con fines comerciales, generalmente en condiciones de riego, áreas favorables y uso de insumos industriales, obteniendo altos rendimientos (Bellon *et al.*, 2009; Kato *et al.*, 2009).

En los sistemas de agricultura tradicional las poblaciones nativas de maíz juegan un papel muy importante, no sólo por la gran diversidad de usos que se da al cultivo sino por ser fuente de proteínas y carbohidratos. Además de su importancia en la alimentación humana (elaboración de tortillas, tamales, atole, pinole, pozole, elotes y huitlacoche), el maíz tiene muchos otros usos como es la nutrición del ganado (en grano, forraje verde y rastrojo), en el aprovechamiento artesanal e industrial, aunado a su relevancia en aspectos sociales, religiosos y culturales (Gil-Muñoz *et al.*, 2004; Gil y Álvarez, 2007; Kato *et al.*, 2009).

México posee gran diversidad de maíz y en cada región existen materiales locales que están adaptados a manejos muy particulares, condiciones climáticas, edáficas y altitudinales. Dicha diversidad también se expresa en la forma, tamaño y composición de la semilla (Boyer y Hannah, 2001). Para el agricultor la calidad de la semilla de maíz es importante, debido a que de ello depende el número de plantas existentes en un área determinada de cultivo; es por ello que prefiere aquellas que muestran alto vigor (Delouche and Caldwell, 1962).

Las diversas condiciones ambientales crean agroecosistemas para cada región de temporal, y la interacción con las diferentes culturas étnicas genera esa diversidad genética en las poblaciones locales de maíz, que es conservada por uno o varios grupos étnicos hasta

nuestros días (Muñoz, 2005; Kato *et al.*, 2009). Es importante conocer la diversidad genética de una especie, debido a que agricultores y fitomejoradores aplican procesos de selección sobre dicha diversidad; por ello es necesario caracterizarla, ya que esto permite formular esquemas para su conservación y aprovechamiento de ese recurso (Romero y Muñoz, 1996; Jarvis *et al.*, 2006). Es por ello que en condiciones de agricultura tradicional se deben hacer trabajos de conservación *in situ* y con los métodos participativos entre fitomejoradores y campesinos (ortega, 2003; Muñoz, 2005).

El maíz raza Jala está altamente especializado a las condiciones microclimáticas existentes en el Valle de Jala, y sus usos están altamente ligados a la tradición y cultura de la sociedad de la región. En la actualidad se cultiva en pequeñas superficies, los agricultores utilizan su propia semilla para la siembra de maíz de húmedo, la cual la seleccionan año con año, de tal modo que se van adaptando a condiciones ambientales y edáficas presentes en los terrenos agrícolas, incluyendo también sus recursos culturales, sociales y económicos. El conocimiento del sistema de producción agrícola predominante en la región contribuye a la conservación de las poblaciones de maíz; asumiéndose que son precisamente la tradición y la cultura los factores determinantes en su conservación; no obstante, esta raza de maíz se encuentra en peligro de extinción, pudiéndose citar entre los factores que están contribuyendo de manera importante así como en la pérdida de su cultivo y de su diversidad al cambio climático, la introducción tanto de variedades de maíz nativas de otras regiones como de variedades mejoradas, la sustitución del maíz por cultivos industriales como tabaco, agave y caña de azúcar; la disminución de humedad residual del suelo por las lluvias del ciclo anterior; la construcción de redes carreteras, casas-habitación, estaciones de servicios y centros educativos; entre otros (Hernández-Guzmán, 2007).

## **1.1 Problema de Investigación**

La investigación aborda tres aspectos relacionados con el maíz raza Jala:

1. Existen pocos estudios en los que se describe fenotípicamente a la raza Jala; aunado a ello, estos se han conducido fuera del ambiente de adaptación de esta raza, como el

que reportan Kempton (1924); Wellhausen *et al.*, (1951). Otros estudios como el de Aguilar (2006) quizá han utilizado germoplasma poco representativo de esa raza, ya que generalmente se recurre a semilla regenerada en bancos de germoplasma, o procedente de colectas poco representativas aun cuando estas se hayan obtenido directamente en la región de origen, por ello se consideró necesario coleccionar la diversidad actual y estudiarla *in situ*, lo cual permitió generar información apropiada para proponer acciones para su mantenimiento y conservación, para apoyo a programas convencionales de mejoramiento genético y su resguardo en bancos de germoplasma. Esto es importante porque la información disponible, al haberse generado *ex situ*, puede estar proporcionando características fenotípicas distintas a lo que realmente es la raza Jala, y ello puede tener serias implicaciones en la conservación de la misma.

2. La siembra del maíz raza Jala tiene lugar en suelos de humedad residual. En la actualidad, debido a la disminución de la humedad residual por las lluvias del ciclo anterior, las siembras tienen que realizarse a mayor profundidad; por ello se consideró pertinente evaluar el efecto de la profundidad de siembra en la emergencia de plántulas, dado que a la fecha no se ha realizado, ya que dada la tendencia a la baja en la humedad residual del suelo, se asume que llegará el momento en que la profundidad de siembra será factor limitante y determinante para que se siga practicando o no la siembra del maíz raza Jala; a menos de que exista, en el futuro cercano, la posibilidad de sembrar *in situ* con auxilio de riego.
3. Otro aspecto considerado en la presente investigación fue la descripción de los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociado al maíz raza Jala, ya que no hay ningún estudio sistemático al respecto. Si se extingue este maíz se extinguirán también experiencias valiosas desarrolladas por agricultores a través del tiempo; de ahí la pertinencia de su documentación.

## 1.2. Objetivos

1. Colectar la diversidad actual del maíz raza Jala y caracterizarla *in situ* con base en descriptores morfológicos y fenológicos, que genere información apropiada para proponer acciones para su mantenimiento y conservación encaminados a programas de fitomejoramiento, conservando las características deseables para agricultores de la región.
2. Evaluar el efecto de la profundidad de siembra en la emergencia de plántulas del maíz raza Jala, dado que a la fecha no se ha realizado, por lo que es importante determinar la máxima profundidad de siembra, para seleccionar las mejores poblaciones con mayor vigor.
3. Describir los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociados al maíz raza Jala, para documentar experiencias exitosas basadas en el conocimiento tradicional de los agricultores, lo que permite conservar las características propias de la raza.

## 1.3. Hipótesis

1. Existe variación en descriptores morfológicos y fenológicos medidos en poblaciones actuales obtenidas y mantenidas *in situ*, lo que permite su diferenciación.
2. Existe relación negativa entre profundidad de siembra y el grado de emergencia de plántulas del maíz raza Jala; la capacidad de emergencia tiene relación con la longitud del mesocótilo-coleóptilo.
3. Existe similitud entre los sistemas de cultivo asociados al maíz raza Jala; en contraste, hay amplia divergencia en lo que se refiere al conocimiento tradicional

#### 1.4. Justificación

El maíz raza Jala está en riesgo de extinción, lo que es evidente dada la reducida superficie dedicada a su cultivo, su altura de planta se ha reducido de manera considerable, al igual que su longitud de mazorca (Aguilar, 2006; Rice, 2007). Si bien es cierto que parte de la diversidad original de esta raza se conserva en bancos de germoplasma (*ex situ*), en estas condiciones las razas no evolucionan como lo hacen en su ambiente natural de adaptación y distribución; aunado a lo anterior, el proceso de regeneración de semilla de estas razas se lleva a cabo generalmente en ambientes distintos a su área de adaptación, por lo que es probable que ocurran cambios importantes en la constitución genética, donde la deriva juega un papel importante, dando lugar a poblaciones que no necesariamente corresponden a la raza original. Ante esta situación, surge la necesidad de coleccionar la diversidad actual de la raza Jala y caracterizarla *in situ*, con la finalidad de documentar el estado actual de la misma y, con base en ello, proponer una estrategia para su mantenimiento y conservación.

Por otra parte, dada la tendencia a la baja en la humedad residual del suelo por las lluvias del ciclo anterior, se asume que llegará el momento en que la profundidad de siembra será un factor determinante para que se siga sembrando éste maíz; por este hecho se considera de interés realizar un estudio para determinar el efecto de la profundidad de siembra en la emergencia de plántulas del maíz raza Jala.

De acuerdo a la opinión de productores, para producir el maíz raza Jala se deben tomar en consideración diversos factores, ya que es un cultivo de ciclo largo (7 meses) y se siembra en suelos de humedad residual, en donde la profundidad de siembra y la densidad de población son determinantes (Rice *et al.*, 2006). Asimismo, se argumenta que este maíz es preferido por sobre otros tipos, ya que tiene cualidades para diversos usos especiales; no obstante, no se han documentado los sistemas de cultivo ni el conocimiento tradicional asociados al maíz raza Jala, ni que tanto su longitud de mazorca y eventos tradicionales relacionados a este carácter han contribuido a su conservación; uno de esos eventos es sin duda alguna el “Concurso del elote más grande del mundo”, el cual, de acuerdo con Listman y Pineda (1992), se realiza en Jala a partir de 1981. Por estas razones, se considera pertinente documentar lo anterior.

## 1.5. Antecedentes

La evidencia escrita más antigua relacionada con el maíz raza Jala en sin duda la de Kempton (1924), quien menciona que en 1907, cuando visitó Jala, el Valle de este lugar era ocupado por alrededor de 300 ha de maíz nativo, cuyas plantas superaban los 6 m de altura y producían mazorca con longitudes superiores a los 50 cm; reporta que las mazorcas de mayor longitud que encontró midieron 56 cm. Tibón y Beltrán (1979) afirman que en Jala se producían mazorcas de hasta 60 cm de longitud. Este tipo de maíz es conocido localmente como “maíz de húmedo”, y a partir de la exploración etnobotánica realizada en México en la década de los 1940's se le denominó “Raza Jala” (Wellhausen *et. al.*, 1951).

El maíz raza Jala tiene gran importancia en la alimentación, tradición, cultura, economía, ciencia, academia e historia regionales, aunado al gran potencial que su longitud de mazorca representa para programas de mejoramiento genético y que en la actualidad no ha sido aprovechado, sobre todo por la alta especialización que dicho maíz tiene en su lugar de origen, adaptación y distribución. Variantes actuales de la raza Jala producen semilla fuera de su ambiente debido a que ha existido recombinación genética con germoplasma de mayor adaptación, pero sin lograr las longitudes de mazorca expresadas en Jala (Hernández-Guzmán, 2007).

Estudios realizados por Rice (2004) y Aguilar (2006) en el maíz raza Jala demuestran que hay interés por seguir conservándolo; sin embargo, en la actualidad, tanto el área de cultivo dedicada a esta raza como su diversidad genética y longitud de mazorca se han reducido drásticamente, y su riesgo de extinción es inminente (Hernández-Guzmán, 2007). Rice (2007) afirma que la raza Jala es sembrada por menos del 20% de los agricultores de la región y ocupa menos del 5% del área dedicada al cultivo del maíz. Pese a ello, aún es posible encontrar poblaciones procedentes de esta raza en donde se han registrado longitudes de hasta 45 cm, como la registrada en el concurso del elote realizado en Jala en agosto de 2005 (Hernández-Guzmán, 2007).

Hernández-Guzmán (2009) desarrolló un proyecto en Jala, Nayarit, con la finalidad de recuperar la variación genética del maíz Jala, recuperar en lo posible su longitud de mazorca, aprovechar su potencial en programas de mejoramiento y coadyuvar en el desarrollo de metodologías útiles para la recuperación, conservación y mejoramiento *in situ* del maíz. Como

resultado de esta investigación se han logrado seleccionar familias ajustadas al fenotipo de la raza Jala y sobresalientes en longitud, las cuales se han integrado en un programa especial a largo plazo para la recuperación de longitud de mazorca en esta raza de maíz. Estos materiales genéticos provienen de colectas efectuadas en Nayarit entre 1999, 2000 y 2007, y fueron parte fundamental para el desarrollo de la presente investigación.

Por otra parte, con relación al papel que juegan el mesocótilo y coleóptilo en la emergencia de plántulas, existe la evidencia de que en numerosos cultivos la profundidad de siembra influye en la longitud de estas estructuras, lo que a su vez se relaciona con una mejor emergencia de plántulas (Turner *et al.*, 1982). El coleóptilo crece a partir de un punto intermedio más o menos a la mitad de distancia entre la semilla y la superficie del suelo. Desde la semilla hasta donde el coleóptilo desarrolla el tallo y las hojas seminales, crece una especie de tubo o tallo subterráneo llamado mesocótilo. Cuando la semilla se siembra a más profundidad de la normal, el mesocótilo se alarga y hace posible que el coleóptilo emerja sobre la superficie del terreno. Si la profundidad de siembra es excesiva o el terreno está en malas condiciones, el mesocótilo queda detenido en su crecimiento más abajo del punto en que el desarrollo subsecuente del coleóptilo llevaría a la plántula a emerger a la superficie (Gola *et al.*, 1965; Rahman, *et al.*, 1994; Strassburger *et al.*, 1994).

En lo que se refiere al conocimiento tradicional, éste es el resultado de un proceso complejo coevolutivo entre sistemas naturales y sociales; en la mayoría de los casos, el conocimiento indígena que subyace a la modificación del entorno físico es sumamente detallado, y son la etnobotánica y la taxonomía de especies nativas las que representan tal vez las formas más complejas del conocimiento indígena (Brokensha y Riley, 1980). El hecho de que los Tzeltales, los Purépechas y los Mayas de Yucatán reconozcan respectivamente más de 1200, 900 y 500 especies de plantas respectivamente, da cuenta de lo elaborado del conocimiento etnobotánico de ciertos campesinos en México (Toledo *et al.*, 2000).

Hay científicos que, pese a las evidencias, consideran al conocimiento tradicional como algo anticuado o como producto de la ignorancia, y un reto fundamental para la investigación científica sigue siendo lograr una verdadera comprensión de cómo los campesinos tradicionales mantienen, conservan y manejan la biodiversidad. Algunos científicos y promotores del desarrollo, no han podido a la fecha reconocer que los recursos fitogenéticos son mucho más que un conjunto de alelos y genotipos de variedades nativas y

sus parientes silvestres; que incluyen también tanto las interacciones ecológicas, por ejemplo, el flujo génico a través de la polinización cruzada entre poblaciones y especies de cultivo, como la selección y el manejo humano con base en sistemas de conocimiento y prácticas asociados a la diversidad genética, taxonomías autóctonas particularmente complejas y la selección para la adaptación a condiciones ambientales heterogéneas (Delouche, 1986; Yang y Baker, 1991).

## **1.6 Organización de la tesis**

El presente trabajo se encuentra organizado por capítulos, donde los resultados de la investigación se presentan a partir del Capítulo II como artículos científicos, de tal manera que permiten explicar el problema de investigación y alcanzar los objetivos planteados. Los capítulos se estructuran de la siguiente manera:

### **Capítulo I. Introducción general**

En este primer capítulo se desarrolla la introducción general, así como sus antecedentes relacionados con maíz, con énfasis en el maíz raza Jala.

### **Capítulo II. Expresión fenotípica *in situ* de caracteres agronómicos y morfológicos en poblaciones de maíz raza Jala**

Se evaluó la variación existente en poblaciones de la raza Jala en su lugar de origen, Jala, Nayarit, México, con base en caracteres morfológicos y agronómicos. Los resultados mostraron que existe similitud entre las poblaciones evaluadas. El análisis de componentes principales, así como el análisis de conglomerados revelaron que las variables con mayor influencia para explicar la variación son caracteres de espiga, mazorca y grano. El

agrupamiento resultante del análisis de conglomerados y las distancias relativamente pequeñas entre grupos sugiere una base genética común entre las poblaciones estudiadas

### **Capítulo III. Capacidad de emergencia de plántula en poblaciones de maíz raza Jala establecidas a diferentes profundidades de siembra**

Se presentan los resultados relacionados con la capacidad de emergencia del maíz raza Jala establecida a diferentes profundidades de siembra. Se buscó explicar si esta capacidad está determinada o no por la longitud del mesocótilo-coleóptilo. Se evaluó velocidad de emergencia, contabilizando diariamente el número de plántulas emergidas (plúmula visible); el porcentaje de establecimiento, considerando el porcentaje de plántulas emergidas al final de la prueba; la longitud de mesocótilo y coleóptilo, y el peso seco de la parte aérea. Los resultados indican una respuesta diferencial de los genotipos evaluados para la emergencia de plántulas a diferentes profundidades de siembra; razón por la cual puede aseverarse que las poblaciones que lograron emerger a la profundidad de 20 cm tendrán mayor ventaja en el sistema de siembra de humedad residual, por lo que se sugiere realizar la selección de genotipos y/o mediante productividad en la producción de la semilla con alto vigor y otros atributos que determinan la calidad fisiológica, a fin de mejorar la capacidad de plántulas para emerger y establecerse en campo.

### **Capítulo IV. Aspectos tradicionales asociados al maíz raza Jala**

En este capítulo se documentan los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociados al maíz raza Jala. El instrumento de investigación utilizado fue un cuestionario con preguntas cerradas y abiertas a 13 agricultores quienes fueron todos los que sembraron maíz raza Jala en el ciclo agrícola 2012. Los resultados muestran que los agricultores entrevistados consideraron importante sembrar maíz porque contribuye con el abasto para el consumo de la familia. Se emplea principalmente en la elaboración de tortillas, pozole o como elote. Se encontró que el concurso de elote es factor determinante para que se conserve este cultivo por cuestiones de identidad, tradición, orgullo y satisfacción.

## Capítulo V. Estrategia propuesta para la conservación del maíz raza Jala

Se propone una estrategia práctica que permita conservar y generar una mayor diversidad de las poblaciones de maíz de húmedo con características propias identificadas por los agricultores de la región, promoviendo la participación de los jóvenes, para que haya un relevo generacional; sin embargo, se plantea que no sólo se involucre a los jóvenes sino que la conservación sea una responsabilidad equitativa entre los científicos y agricultores; quienes son los encargados de generar un concepto de producción segura, mediante metodologías generadas por el método tradicional y adaptado para su aplicación *in situ* por ellos mismos.

### 1.7. Referencias Bibliográficas

- Aguilar C J A (2006)** Recuperación, conservación y aprovechamiento de la raza Jala de maíz: Una alternativa para las razas en peligro de extinción. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. México. 126 p.
- Bellon M R, A F Barrientos-Priego, P Colunga-García Marín, H Perales, J A Reyes A, R Rosales S, D Zizumbo Villarreal (2009)** Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *En: Capital Natural de México. Volumen II: Estado de Conservación y Tendencias de Cambio.* CONABIO, México, D.F. pp:355-382.
- Boyer C D, L C Hannah (2001)** Kernel mutants of corn. *In: Specialty Corns.* 2nd edition. Hallauer, A. R. (ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida. USA. pp:1-31
- Brokensha D W, B Riley (1980)** Mbeere knowledge of their vegetation, and its relevance for their development. *In: D. Brokensha, D. Warren and O. Werner (eds). Indigenous Knowledge Systems and Development.* University Press of America. Washington, D.C. pp. 113-129.
- Delouche J C (1986).** Physiological seed quality. Proceeding 191. Short course for seeds men. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. 27:51-59.
- Delouche J C, W P Caldwell (1962)** Seed vigor and vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 50:124-129.

- Gil-Muñoz A, P A López, A Muñoz O, H López-Sánchez (2004)** Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *En: Chávez-Servia, J. L., J. Tuxill, D. I. Jarvis (eds.). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp:18-25.*
- Gil M A, N M Álvarez C (2007)** El maíz criollo en la alimentación de las familias campesinas de Santiago Xalitzintla, Puebla. Fundación Produce Puebla y Colegio de Postgraduados. Puebla, Pue. 23 p.
- Gola G, G Negri, C Cappelletti (1965)** Tratado de Botánica. 2da. ed. Editorial Labor. Barcelona, España. 1110 p.
- Hernández-Guzmán J A (2007).** Raza Jala; maíz único en el mundo y en peligro de extinción. *En: II Foro Internacional Biológico Agropecuario. Celebrado en Tuxpan, Veracruz, 24 a 27 de Septiembre de 2007. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, Ver. pp:37-47.*
- Hernández-Guzmán J A (2009)** Proyecto integral para el mejoramiento, conservación y aprovechamiento del maíz en Nayarit. Informe Técnico. Colegio de Postgraduados-Fundación Produce Nayarit, A.C. Texcoco, Edo. de México 29 p.
- Jarvis D I, L Myer, H Klemick, L Guarino, M Smale, A H D Brown, M Sadiki, B Sthapit, T Hodgkin (2006)** Guía de Capacitación para la Conservación *in situ* en Fincas. Versión 1. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma, Italia. 189 p.
- Kato Y T A, C Mapes S, L M Mera O, J A Serratos H y R A Bye B (2009)** Origen y Diversificación del Maíz. Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Kempton J H (1924)** Jala maize: a giant variety from Mexico. *The Journal of Heredity* 15:337-344.
- Listman G M, F Pineda E (1992)** Mexican prize for the giant maize of Jala: source of community pride and genetic resources conservation. *Diversity* 8:14-15.

- Muñoz O A (2005)** Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico, Glosario Centli-Maíz. 2ª ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 210 p.
- Ortega P R (2003)** La diversidad del maíz en México. *En: Sin Maíz no Hay País*. Esteva, G. y C. Marielle (Coords). CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México, D.F. pp:123-154.
- Rahman H, Z W Wicks, T E Schumacher, Z A Swati (1994)** Synthesis of maize populations based on seedling root indices. II. Field evaluations for yield and related traits. *Journal Genetics and Breeding* 48:245-252.
- Rice E B (2004)** Conservation and change: a comparison of *in-situ* and *ex-situ* conservation of Jala maize germplasm in Mexico. Ph.D. Dissertation. Cornell University. Ithaca, N.Y., USA. 120 p.
- Rice E B (2007)** Conservation in a changing world: *in situ* conservation of the giant maize of Jala. *Genetic Resource Crop Evolution* 54:701-713.
- Rice E B, M E Smith, S E Mitchell, S Kresovich (2006)** Conservation and change: a comparison of *in situ* and *ex situ* conservation of Jala maize germplasm. *Crop Science* 46:428-436.
- Romero P J, A Muñoz O (1996)** Patrón varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas en la región de Tierra Caliente. *Agrociencia* 30:63-73.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2012)** Cierre de la producción agrícola por estado. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. México. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/> (consultado en septiembre 2013)
- Strassburger E, P Sitte, H Ziegler (1994)** Tratado de Botánica. 8ª ed. Editorial Omega. Barcelona, España. 1088 p.
- Tibón G, A Beltrán (1979)**. Mensaje a los nayaritas. Editorial Posada. México, D.F. 56 p.
- Toledo V M, J Carabias, C Mapes, C Toledo (2000)** Ecología y Autosuficiencia Alimentaria. 5ª edición. Siglo XXI Editores. México, D.F. 118 p.
- Turner F T, C C Chen, C N Bollich (1982)** Coleoptile and mesocotyl lengths in semidwarf rice seedlings. *Crop Science* 22:43-46.

**Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X, en colaboración con P C Mangelsdorf**

(1951) Razas de Maíz en México: Su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.

**Yang R-C, R J Baker (1991)** Genotype-environment interactions in two wheat crosses. Crop Science 31:83-87.

## CAPÍTULO II

### EXPRESIÓN FENOTÍPICA *in situ* DE CARACTERES AGRONÓMICOS Y MORFOLÓGICOS EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA

#### *In situ* PHENOTYPIC EXPRESSION OF AGRONOMIC AND MORPHOLOGICAL TRAITS IN POPULATIONS OF THE JALA MAIZE RACE

**Luis Alberto Montes-Hernández<sup>1</sup>, J. Arahón-Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Higinio-López Sánchez<sup>1</sup>, Amalio Santacruz-Varela<sup>2</sup>, Humberto Vaquera-Huerta<sup>2</sup>, Roberto Valdivia-Bernal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla, 72760. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, Puebla, México. Tel. (222) 2850013.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, km 9 Carretera Tepic-Compostela, 63780, Xalisco, Nayarit, México.

## 2.1 Resumen

La conservación *in situ* de la diversidad genética del maíz (*Zea mays* L.) la han realizado los agricultores tradicionales durante años, mediante la siembra de poblaciones nativas como es el caso de la raza Jala, cuya conservación está amenazada por crecimiento urbano y factores naturales, y actualmente en ella han disminuido características distintivas como altura de planta y longitud de mazorca. El número de agricultores que cultivan *in situ* poblaciones de la raza Jala es pequeño y con frecuencia intercambian entre ellos semilla de esta raza, por lo que es pertinente evaluar, con base en características morfológicas y agronómicas, si existe o no variación fenotípica entre poblaciones actuales de la raza Jala, conservadas y evaluadas en Jala, Nayarit, México, su lugar de origen y distribución primaria. Para la caracterización morfológica *in situ*, en 2010 se evaluaron 18 poblaciones del maíz raza Jala y siete testigos, en diseño Látice 5x5 con dos repeticiones, en tres ambientes ubicados en el Valle de Jala. Con el promedio de variables a través de ambientes se realizó análisis de varianza combinado, prueba de comparación de medias de Tukey, análisis de componentes principales (ACP) y análisis de conglomerados (ADC). El ACP definió que las variables con mayor influencia para explicar la variación observada fueron longitud de mazorca, altura de planta y altura de mazorca. El ADC delimitó tres grupos de poblaciones, en los que hubo mayor similitud fenotípica entre la mayoría de las poblaciones actuales. Se concluye que, con base en los materiales evaluados, en la raza de maíz Jala existe poca variación fenotípica entre poblaciones actuales conservadas *in situ*, lo que presupone una base genética reducida y común.

**Palabras clave:** Caracterización *in situ*, poblaciones nativas, variación fenotípica, *zea mays*.

## 2.2 Abstract

*In situ* conservation of genetic diversity in maize (*Zea mays* L.) have been made for years by traditional farmers, through planting native populations, as is the case of the Jala landrace, whose preservation is threatened by urban growth and natural factors. This landrace has now decreased distinctive characteristics such as plant height and ear length. The number of farmers who grow *in situ* population of the Jala landrace is low and often they exchange seed of this landrace among them. For these reasons is relevant to assess whether or not there is phenotypic variation among current populations of the Jala landrace, conserved and evaluated in Jala, Nayarit, México, its place of origin and primary distribution. To realize *in situ* morphological characterization, 18 Jala landrace populations and seven testers were evaluated in 2010, using a 5x5 Lattice design, with two replications at three environments within the Jala Valley. With the averages of variables through environments, a combined analysis of variance, means comparison test of Tukey, principal component analysis (PCA) and cluster analysis (ADC) were performed. The PCA defined that the most influential variables to explain the observed variation were ear length, plant height and cod height. ACD defined three groups of populations, in which there was a greater phenotypic similarity among most of the current populations. Based on the evaluated material, it is concluded that in the Jala landrace there is low phenotypic variation among current *in situ* conserved populations, which presuppose a reduced and common genetic base.

**Key words:** *In situ* characterization, landrace, phenotypic diversity, *zea mays*.

## 2.3 Introducción

La diversidad genética de una especie representa la variación heredable dentro y entre sus poblaciones, y en las especies cultivadas ésta tiene trascendencia pues es sobre la cual operan los procesos de selección que aplican los agricultores y fitomejoradores. Por ello es necesario caracterizarla, a fin de plantear esquemas más eficientes para su aprovechamiento y conservación (Romero y Muñoz, 1996). El maíz (*Zea mays* L.) cuenta con una gran diversidad genética en el mundo, lo que le permite amplia adaptabilidad a diferentes nichos ecológicos y mayores opciones para su aprovechamiento en mejoramiento genético, teniendo como finalidad satisfacer principalmente las necesidades alimenticias de los seres humanos y animales (Muñoz, 2005; Kato *et al.*, 2009).

Los estudios de diversidad genética de maíz en su mayoría se han realizado en el continente americano (Sánchez *et al.*, 2000b), especialmente en países como México (Sánchez *et al.*, 2000a), en donde las poblaciones nativas de maíz se siembran de manera regional, se cultivan en forma tradicional, y contribuyen a la conservación y generación de diversidad genética *in situ* (Muñoz, 2005; Gil-Muñoz *et al.*, 2004; Kato *et al.*, 2009); misma que puede caracterizarse utilizando, de manera independiente o complementaria, marcadores morfológicos (Wellhausen *et al.*, 1951), isoenzimáticos (Sánchez *et al.*, 2000a), o a nivel de marcadores de ADN como microsatélites (Reif *et al.*, 2006; Vigoroux *et al.*, 2008).

Dentro de las razas de maíz clasificadas por Wellhausen *et al.* (1951) se encuentra la raza Jala, cuya característica distintiva es la longitud de mazorca (Kempton, 1924; Aguilar *et al.*, 2006; Rice *et al.*, 2006).

Esta raza tiene gran importancia en la alimentación, tradición y cultura regional, aunado al potencial que representa su longitud de mazorca para mejorar otros maíces de mayor adaptación. De acuerdo con Kempton (1924) en 1907 el Valle de Jala contaba con alrededor de 300 ha de maíz nativo, cuyas plantas superaban los 6 m de altura y producían mazorca con longitudes superiores a los 50 cm. En la década de los cuarenta a este tipo de maíz se le denominó raza Jala (Wellhausen *et al.*, 1951), conocido localmente como maíz de húmedo. En la actualidad, la superficie agrícola del valle de Jala se ha reducido por cambios en el uso del suelo (crecimiento urbano, construcción de autopistas, centros educativos, etc.) y se han introducido otras razas, poblaciones y variedades de maíz, así como otras especies

cultivadas, de manera que, como lo documentó Rice *et al.* (2006) la raza Jala ocupa menos de 5% del área dedicada al cultivo del maíz, lo que se traduce en una superficie no mayor a 30 ha; se siembra por menos del 20% de los agricultores de la región; la altura actual de la planta es inferior a los 4 m y también ha ocurrido reducción considerable en la longitud de su mazorca y entre agricultores existe un importante intercambio de semilla de esta raza.

El objetivo de esta investigación fue caracterizar *in situ*, con base en atributos morfológicos y agronómicos, la variación fenotípica entre poblaciones actuales del maíz raza Jala, colectadas en tres localidades del área: Jala, Jomulco y Coapan, pertenecientes al municipio de Jala, Nayarit, México. El tener una referencia del grado de variación fenotípica existente permitirá sugerir opciones para su mantenimiento o ampliación, en su caso.

## **2.4 Materiales y Métodos**

### **2.4.1 Área del estudio**

La investigación se desarrolló en el municipio de Jala, Nayarit, México, localizado entre 21°21' de latitud Norte y 21°03' de latitud Sur; 104°14' de longitud Este y 104°33' de longitud Oeste, a una altitud promedio de 1080 m. El clima es del tipo Acw<sub>1</sub> (semicálido subhúmedo con lluvias en verano), con precipitación promedio anual de 837.4 mm (García, 1988). Las unidades de suelos predominantes en el municipio son cambisol (32.60%), regosol (26.75%), leptosol (19.26%), feozem (19.09%), luvisol (2.71%) y andosol (0.05%) (INEGI, 2014).

### **2.4.2 Material genético**

Se evaluaron 18 poblaciones de la raza Jala (CPNAY1 al CPNAY18), y se incluyeron como testigos la accesión 2244 del CIMMYT, clasificada como raza Jala (identificada en lo sucesivo como CIMMYT); una población utilizada a nivel local denominada “San Juaneño”, que aparentemente corresponde a una generación avanzada de algún híbrido comercial, cuya mazorca muestra similitud fenotípica a la de la raza Tuxpeño Norteño (CPNAY19), así como los compuestos COMPACC (derivado de la raza Jala y proporcionado por el Dr. Aquiles Carballo Carballo, Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados), COMPGP (derivado de la raza Jala para producción de grano blanco para pozole), así como COMPRJC1,

COMPRJC2 y COMPRJC3. Los últimos tres materiales se obtuvieron de la siguiente manera: entre 1999 y 2007 se colectó la variación que del maíz raza Jala existía en la región. En 2007, con las 22 accesiones obtenidas se formó un compuesto balanceado y se sometió a recombinación en lote aislado; de este lote se seleccionaron 300 familias de medios hermanos (FMH) fenotípicamente correspondientes a la raza Jala, con las cuales se formó el compuesto balanceado denominado COMPRJC1. En 2008, el COMPRJC1 se estableció en lote aislado para su recombinación genética, de donde fueron seleccionadas 300 FMH con las cuales se formó el COMPRJC2. Este proceso se repitió en 2009 y así se obtuvo el COMPRJC3. Los tres ciclos de selección y recombinación tuvieron lugar en el Valle de Jala.

#### **2.4.3 Establecimiento de experimentos y variables evaluadas**

Para llevar a cabo la caracterización fenotípica *in situ*, en abril de 2010 se establecieron en suelo tipo Feozem y condiciones de humedad residual, tres experimentos en igual número de ambientes, con diferencias entre ellos atribuibles de manera principal al manejo y a su ubicación dentro del valle de Jala. Uno de los sitios se localizó al centro del valle, a 1050 msnm, junto a un arroyo de corriente intermitente (sólo en temporal); en este sitio, durante los 4 años previos al establecimiento del experimento se incorporaron al suelo los restos de cosecha de maíz y malezas. Un segundo sitio se ubicó a una altitud de 1057 m, a una distancia aproximada de 120 m de donde termina el valle e inicia la parte cerril que circunda a dicho valle; en este sitio, durante los últimos años se ha sembrado maíz de manera continua, sin incorporación al suelo de residuos de cosecha. El tercer sitio, con altitud de 1066 m, se localizó en las cercanías de la comunidad de Jomulco, que se caracteriza por presentar textura al tacto ligeramente más arenosa que los otros sitios descritos, y en él se ha sembrado principalmente maíz, con rotaciones eventuales de cacahuete o garbanzo.

Se evaluaron 25 materiales genéticos, mediante un diseño experimental el látice  $5 \times 5$ , con dos repeticiones. La unidad experimental constó de dos surcos de  $0.8 \times 8$  m. Se depositaron 40 semillas por surco y en junio, ya establecida la temporada de lluvias, se realizó un aclareo para dejar 20 plantas por surco para dejar una densidad de población de 31,250 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . En todos los casos se fertilizó con el tratamiento 140N-40P-00K, con urea y superfosfato triple de calcio, como fuentes de nitrógeno y fósforo, respectivamente. Todo el

fósforo y 1/3 parte del nitrógeno se aplicaron en la primera escarda, al momento en que se establecieron las lluvias. El resto del nitrógeno se aplicó en la segunda escarda.

Se registraron datos de caracteres vegetativos, agronómicos, de espiga, de mazorca y de grano; también, se calcularon los índices señalados por Sánchez y Goodman (1992). En cada unidad experimental se registró la floración masculina y femenina en días después de la siembra, cuando 50% de espigas en la parcela experimental presentó emisión de polen y tenía estigmas expuestos en el jilote de la mazorca superior, respectivamente; y también se registró la asincronía floral. Se etiquetaron cinco plantas con competencia completa en las cuales se cuantificó la altura de planta y mazorca en cm, longitud total de espiga (cm), longitud de ramas laterales primarias de la espiga (cm), longitud entre rama lateral inferior y superior (cm), longitud de la rama central de la espiga (cm) y de pedúnculo (cm), así como el número de ramas de la espiga, a los 15 d después de ocurrida la floración.

A la cosecha, en noviembre de 2010, se colectaron las mazorcas de las plantas etiquetadas previamente, de las que se obtuvo el peso de la mazorca (g), se midió longitud y diámetro de mazorca (cm), se contó el número de hileras y granos por hilera, se tomaron 10 granos de la parte central para registrar la longitud, ancho y grosor (mm), se midió longitud y diámetro de olote (cm), peso del olote (g), peso de 100 granos de cada mazorca (g), volumen de grano (se obtuvo al multiplicar el largo por el ancho por el grosor del grano). Adicionalmente, se determinó el porcentaje de humedad y el factor de desgrane, el cual resultó de dividir peso del grano de las cinco mazorcas entre el peso del grano más olote de las mismas mazorcas. Se registró el peso de campo (kg) y se estimó el rendimiento de grano ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) ajustado a 14% de humedad.

Las variables asociadas a planta, espiga y mazorca se promediaron por unidad experimental a través de ambientes para proceder a los análisis subsecuentes. A partir de las variables originales se generaron nuevas variables, para valorar su contribución adicional a la interpretación de resultados.

#### **2.4.4 Análisis estadístico**

Cada variable se sometió al análisis de varianza combinado a través de sitios de evaluación para determinar los efectos de la interacción genotipo x ambiente. A las variables que resultaron significativas se les realizó la prueba de comparación de medias de Tukey

mediante el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS, 2004). Luego se aplicó un análisis de componentes principales a partir de la matriz de correlaciones entre los caracteres, con el procedimiento PRINCOMP del SAS (SAS, 2004). También se efectuó un análisis de conglomerados con la matriz de distancias euclidianas, con el método de agrupamiento de mínima varianza dentro de grupos de Ward y el procedimiento CLUSTER (SAS, 2004). Para mejorar la presentación de la gráfica se aplicó el coeficiente de determinación como escala de disimilitud entre conglomerados (Mohammadi y Prasanna, 2003).

## **2.5 Resultados y Discusión**

En los Cuadros 1 y 2 se muestra el análisis de varianza combinado de las variables originales y transformadas, evaluadas en poblaciones nativas establecidas en el Valle de Jala, Nayarit, en 2010. De las 35 variables consideradas en este análisis, hubo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre genotipos en 25.7% de los casos, para ambientes se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en 87.5% de las variables y en 47.5% de ellas para la interacción genotipo  $\times$  ambiente. Las variables asociadas directamente con rendimiento como fueron aquellas derivadas de los caracteres grano, olote y mazorca aunado al rendimiento mismo, fueron las que mostraron significancia estadística para la interacción Gen  $\times$  Amb, así como niveles de variación en los caracteres (Cuadro 1), lo que indica que estos rasgos se expresan de manera diferente en ambientes contrastantes, como lo reportaron López *et al.* (1995) y Aguilar-Castillo *et al.* (2006). Por lo tanto son menos apropiadas para propósitos de caracterización fenotípica, comparadas con las variables derivadas de características morfológicas y fenológicas cuya interacción con el ambiente resultó no significativa.

La variable ancho de grano (Cuadros 1 y 2) contrasta con los hallazgos de Wellhausen *et al.* (1951) y Aguilar-Castillo *et al.* (2006), ya que el ancho de grano es superior, tal vez porque ésta la variable es de las más importantes que usan los agricultores para mantener la identidad de un maíz (Louette *et al.*, 1997; Louette y Smale, 2000; Muñoz, 2003).

**Cuadro 1. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de 26 variables morfológicas evaluadas en 18 poblaciones nativas del maíz raza Jala, Jala, Nayarit, México, 2010**

Variables	Cuadrados medios				CV (%)
	Gen	Amb	Gen × Amb	Error	
Altura de planta	1484.00ns	49516.00**	1256.00ns	1395.00	11
Altura de mazorca	1337.00 *	42144.00**	686.00ns	679.00	12
Días a floración masculina	28.00**	408.08.00**	6.73ns	10.14	3
Días a floración femenina	21.00**	465.72.00**	1.10ns	3.08	2
Asincronía floral	12.00 *	18.68ns	7.10ns	7.27	70
Peso de olote	12298.00ns	9546.00ns	7368.00 *	4025.00	26
Peso de mazorca	245972.00ns	266666.00ns	197902.00**	100505.00	27
Rendimiento	499423.00ns	16831191.00**	428435.00**	75992.00	15
Factor de desgrane	0.03ns	0.08**	0.02**	0.01	4
Número de ramas de la espiga	25.00ns	142.00**	19.00**	8.00	13
Longitud de pedúnculo	7.00ns	156.00**	8.00ns	8.00	12
Longitud entre rama lateral inferior y superior	14.00ns	496.00**	14.00ns	10.00	7
Longitud de la rama central	7.00ns	53.86.00**	9.00ns	9.00	9
Longitud de ramas laterales	7.00ns	13.00ns	11.00ns	7.79	10
Longitud total de espiga	44.00 ns	855.00**	46.00 ns	36.00	6
Diámetro de mazorca	18.00ns	42.00**	27.00**	5.00	4
Número de hileras	1.00ns	1.00 *	1.00**	0.45	5
Granos por hileras	45.00ns	163.00**	40.00 *	24.00	11
Longitud de mazorca	11.00 *	54.00**	5.00 *	3.00	8
Longitud de olote	13.00 *	88.00**	6.00 *	3.00	8
Diámetro de olote	11.00ns	5.00ns	7.00**	3.00	5
Ancho de grano	0.69 *	3.00**	0.36ns	0.27	4
Longitud de grano	0.95ns	2.00**	1.00**	0.48	5
Grosor de grano	0.17ns	2.00**	0.11ns	0.10	7
Peso de 100 granos	61.23ns	1214.45**	46.49 *	29.28	12
Volumen de grano	10570.00 *	130792.00**	5463.00 *	3088.00	8

\*  $p \leq 0.05$ , \*\*  $p \leq 0.01$ , ns = no significativa, Gen = Genotipos, Amb = Ambientes, Gen × Amb = Interacción genotipo × ambiente; CV = coeficiente de variación

Estos resultados indican que los caracteres agronómicos de espiga, de la mazorca y de grano son las variables que más influyen en la diversidad fenotípica de las poblaciones evaluadas de la raza Jala. Los datos obtenidos en este trabajo para las variables de altura de planta y longitud de mazorca en promedio presentan 3 m y 21 cm respectivamente, lo que

indica una disminución en estos caracteres que son característicos de esta raza, lo que contrasta con lo reportado por Kempton (1924), quien menciona que el maíz Jala tenía en promedio una altura de planta de aproximadamente 6 m y producía mazorcas con una longitud en promedio de aproximadamente 50 cm, mientras que Wellhausen *et al.* (1951) mencionan que la altura de planta de este maíz en promedio fue de aproximadamente 3.1 m y para el caso de la longitud de mazorca el promedio fue de 30.5 cm. Por lo tanto, estas dos variables que son características principales de la raza se han reducido.

**Cuadro 2. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza combinado de nueve variables generadas mediante cocientes entre variables evaluadas en 18 poblaciones nativas del maíz raza Jala y siete testigos. Jala, Nayarit, México, 2010**

Variables	Cuadrados medios				
	Gen	Amb	Gen × Amb	Error	CV (%)
Altura de planta/Altura de mazorca	0.040ns	0.870**	0.030ns	0.030	11.00
Altura de planta+Longitud de espiga/Longitud de espiga	0.240ns	9.530**	0.180ns	0.220	10.00
Longitud de pedúnculo/Longitud de espiga	0.000ns	0.005**	0.000ns	0.000	12.00
Longitud de las ramas laterales/Longitud de espiga	0.000ns	0.003**	0.000	0.000	8.00
Longitud de la rama central/Longitud de espiga	0.006ns	0.010**	0.000ns	0.000	6.00
Longitud de mazorca/Diámetro de mazorca	0.110ns	0.790**	0.070ns	0.040	9.00
Ancho de grano/Longitud de grano	0.004ns	0.010 *	0.007**	0.002	6.34
Grosor de grano/Longitud de grano	0.002ns	0.010**	0.002 *	0.001	11.00
Grosor de grano/Ancho de grano	0.001 *	0.006 *	0.001ns	0.001	8.00

\*  $p \leq 0.05$ , \*\*  $p \leq 0.01$ , ns = no significativa, Gen = Genotipos, Amb = Ambientes, Gen × Amb = Interacción genotipo × ambiente; CV = coeficiente de variación

El Cuadro 3 muestra el análisis de componentes principales aplicado a los promedios de las 25 variables seleccionadas en las poblaciones evaluadas. Este análisis mostró que los tres primeros componentes en conjunto explicaron el 75.9% de la variación fenotípica observada, donde el primer componente (CP1) con un valor característico de 6.45 explicó el

41.9% del total de la varianza; el segundo componente (CP2), cuyo valor característico fue 4.67, explicó el 17.5%, y el tercer componente (CP3) explicó el 16.5% del total de la varianza.

**Cuadro 3. Vectores característicos, valor característico y proporción de varianza para los tres primeros componentes principales de las variables registradas de 18 poblaciones del maíz raza Jala evaluados en el municipio de Jala, Nayarit, México, 2010**

Variables	Vectores característicos		
	CP1(6.45) <sup>1</sup> [41.9%] <sup>2</sup>	CP2(4.67) <sup>1</sup> [17.5%] <sup>2</sup>	CP3(2.97) <sup>1</sup> [16.5%] <sup>2</sup>
Altura de planta	<b>0.3070</b> <sup>3</sup>	0.2511	-0.2511
Altura de mazorca	<b>0.3234</b>	0.1208	-0.1164
Días a floración masculina	0.2467	-0.2726	-0.1672
Días a floración femenina	0.2155	-0.1704	-0.0533
Asincronía floral	-0.1296	0.2165	0.1880
Factor de desgrane	-0.1140	0.1194	-0.0462
Longitud de espiga	0.1867	-0.1306	0.2765
Longitud de ramas laterales	0.1465	-0.2440	<b>0.3268</b>
Peso de mazorca	0.0389	<b>0.2840</b>	0.2750
Diámetro de mazorca	0.1757	<b>0.2965</b>	0.1669
Longitud de mazorca	<b>0.3357</b>	0.1284	0.0121
Número de hileras	-0.0384	0.1365	-0.0013
Granos por hilera	0.1350	<b>0.3110</b>	0.0990
Peso de 100 granos	0.2142	0.0702	0.2135
Altura de planta/Altura de mazorca	0.2311	0.0334	-0.0719
Longitud de mazorca/Diámetro de mazorca	-0.2694	0.0513	0.0963
Altura de planta+Longitud de espiga/Longitud de espiga	0.1162	0.2678	-0.3351
Longitud de pedúnculo/Longitud de espiga	-0.1235	0.1760	<b>0.3612</b>
Longitud de ramas laterales/Longitud de espiga	0.0201	-0.1552	0.2245
Longitud de la rama central/Longitud de espiga	-0.0330	-0.0222	<b>0.3736</b>
Ancho de grano/Longitud de grano	0.1439	-0.1620	-0.0587
Grosor de grano/Longitud de grano	0.1805	-0.3190	-0.1641
Grosor de grano/Ancho de grano	0.1218	-0.2733	-0.1578
Volumen de grano	0.2442	0.1591	0.0991

<sup>1</sup>Valor característico del componente, <sup>2</sup>porcentaje de varianza explicado por cada componente,

<sup>3</sup>vectores propios en negritas denotan variables originales con mayor asociación al componente principal respectivo

Las variables originales con mayor influencia en el CP1 fueron altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca. En el CP2 las variables originales de mayor valor

discriminatorio fueron peso de mazorca, diámetro de mazorca y granos por hilera; mientras que para el CP3 las variables originales de mayor importancia fueron longitud de ramas laterales, y los índices longitud de pedúnculo/longitud total de espiga, longitud de la rama central/longitud total de espiga. Estos resultados indican que los rasgos de espiga, grano y mazorca son importantes para describir el nivel de variación fenotípica existente entre las poblaciones evaluadas en el Valle de Jala.

Para el caso de los componentes principales (Cuadro 3) y de los promedios de los 9 rasgos de los tres grupos obtenidos (Cuadro 4), se puede observar que las variables de mayor magnitud se asocian con características de espiga, grano y mazorca, los cuales se utilizaron para separar los grupos, lo que indica que existe una estrecha correspondencia entre la diversidad genética local, lo cual concuerda con el ciclo largo que tiene la raza Jala, tomando en cuenta que la diversidad de maíz se encuentra particularmente en un nicho o microrregión, así como en un periodo específico que depende de la humedad del suelo; siendo principalmente en condiciones de temporal y sistemas campesinos de producción, además de que los agricultores disponen de variedades nativas adaptadas a los ambientes que prevalecen en el lugar (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010, Herrera *et al.*, 2000; Muñoz 2003; Romero y Muñoz 1996).

**Cuadro 4. Promedios de nueve características de los tres grupos obtenidos en el dendrograma de 18 poblaciones de maíz raza Jala, y siete testigos en el valle del municipio Jala, Nayarit**

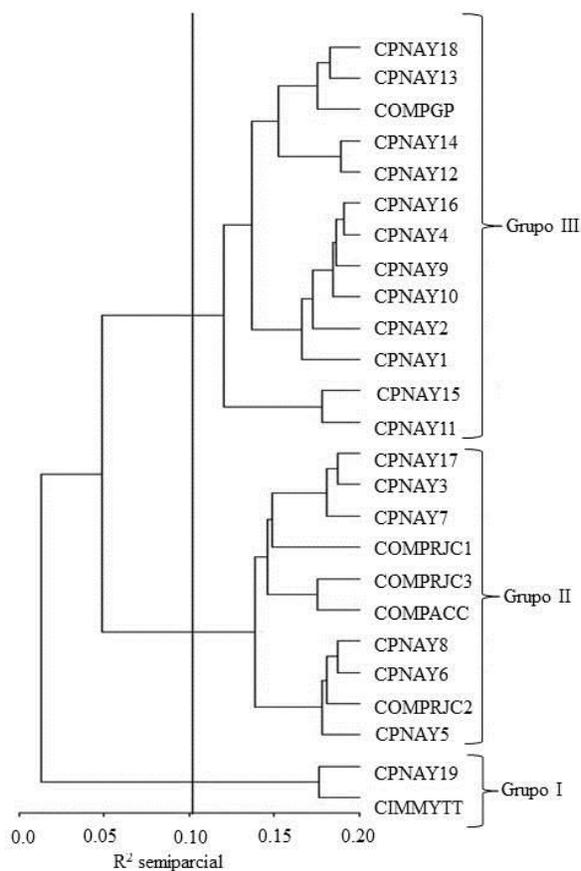
Grupo	ALPL	ALMZ	LRL	LMZ	GPH	ALPLE	LPEDLE	LRCLE	GGLG
I	298	165	27	18	39	4	0.24	0.33	0.35
II	327	206	28	21	40	4	0.22	0.32	0.37
II	339	209	27	22	44	4	0.23	0.32	0.35

ALPL = Altura de planta (cm), ALMZ = Altura de mazorca (cm), LRL = Longitud de ramas laterales (cm), LMZ = Longitud de mazorca (cm), GPH = Granos por hilera, ALPLE = Altura de planta+longitud de espiga/Longitud de espiga, LPEDLE = Longitud de pedúnculo/Longitud de espiga, LRCLE = Longitud de la rama centra/Longitud de espiga, GGLG = Grosor de grano/Longitud de grano

En el Cuadro 4 se muestran los promedios de los tres grupos obtenidos en el dendrograma generado por el análisis de conglomerados. El Grupo I presentó los promedios

más bajos excepto en dos índices, mientras que los Grupos II y III presentan diferencias en las características de altura de planta, altura de mazorca, longitud de mazorca y granos por hilera. Lo anterior permite aseverar que estos rasgos constituyen el criterio morfológico más importante para explicar la diversidad fenotípica existente entre los materiales genéticos evaluados.

Con la aplicación del análisis de conglomerados se obtuvo la Figura 1, que muestra la variación fenotípica entre los 25 materiales evaluados. Este análisis detectó los Grupos I, II y III que se formaron con dos, 10 y 13 genotipos, respectivamente, con base en las 24 variables que más contribuyeron a la variabilidad total. El Grupo I, formado por la población San Juaneño (CPNAY19) y la accesión 2244 del CIMMYT (CIMMYT), se caracterizó por su precocidad (80 y 83.5 d promedio a floración masculina y femenina, respectivamente), porte bajo de planta y posición baja de la mazorca.



**Figura 1.** Dendrograma de 18 poblaciones de maíz y siete testigos, obtenido con el método de Ward

La completa separación de ambos materiales del resto se explica en parte porque el genotipo CPNAY19, que se cultiva localmente por algunos agricultores, aparentemente es una generación avanzada de un híbrido, y es más precoz, de menor porte y más rendidor que el maíz raza Jala; la accesión CIMMYT, por su parte, al mantenerse en ambientes que no corresponden a aquellos en donde prospera la raza Jala, probablemente ha sufrido cambios en su estructura genética, suficientes como para alejarse fenotípicamente de los atributos que caracterizan a las poblaciones de la raza Jala, mantenidas *in situ* (Dr. J. Arahón Hernández-Guzmán, comunicación personal)<sup>1</sup>.

Los materiales del Grupo II presentaron el ciclo más largo (85 y 88 d promedio a floración masculina y femenina, respectivamente) con respecto a los otros dos grupos. El Grupo III se caracterizó por tener la mayor altura de planta y mazorca con respecto a los otros dos grupos, así como mayor peso, diámetro y longitud de mazorca.

Las estructuras vegetativas de espiga, grano y mazorca, fueron el criterio morfológico más importante para la agrupación de las poblaciones, lo que coincidió parcialmente con las localidades donde éstas fueron colectadas, y esto sugiere adaptación de las mismas a esas condiciones particulares, en donde la selección realizada por los agricultores a través de los años es fundamental, explica la disponibilidad de poblaciones nativas adaptadas a ambientes específicos (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010, Herrera *et al.*, 2000; Muñoz 2003; Romero y Muñoz 1996).

De la Figura 1 destaca también que el Grupo III concentró 66.7% de las poblaciones actuales de la raza Jala, y el resto de estas poblaciones se ubicaron en el Grupo II. La poca divergencia fenotípica entre poblaciones actuales conservadas *in situ*, presupone una base genética reducida y común, que en parte podría explicarse por el intercambio frecuente de semilla entre productores que conservan y cultivan a la raza Jala en su lugar de origen y principal distribución.

El intercambio de semilla es un aspecto que se está perdiendo (Pressoir y Berthaud, 2004a, b; Perales *et al.*, 2005), y que de acuerdo con Louette y Smale (2000) contribuye a generar y mantener la diversidad genética del maíz. Sin embargo, para el caso de la raza Jala, dicho intercambio se da entre un número muy reducido de agricultores, y en ocasiones es sólo

---

<sup>1</sup> Dr. J. Arahón Hernández-Guzmán, Profesor-Investigador, Campus Puebla, Colegio de Postgraduados.

la semilla de los agricultores que mejor mantienen el maíz raza Jala la que es requerida por otros agricultores. Por ello la contribución a la diversidad genética a través del intercambio de semilla pudiera resultar poco significativa, debido a que en algún momento la semilla que se intercambia puede tener una base genético común.

La alta similitud entre poblaciones actuales del maíz raza Jala puede explicarse también por el hecho de que la mayoría de los terrenos agrícolas destinados a su cultivo se localizan a distancias relativamente cercanas entre ellos, lo que impide un aislamiento apropiado, de modo que podría haber cruzamiento y recombinación entre poblaciones de maíz genéticamente cercanas. La poca divergencia fenotípica pudiera eventualmente poner en riesgo las posibilidades de adaptación y supervivencia del maíz raza Jala ante los cambios ambientales, cada vez más notorios en el Valle de Jala y áreas contiguas.

Los resultados sugieren reducida diversidad genética de la raza Jala, así como de sus características distintivas como son altura de planta y longitud de mazorca; según reportó Rice (2007). Las poblaciones correspondientes a la raza Jala se congregaron sólo en dos grupos, lo que evidencia la reducida variación fenotípica; en contraste, Aguilar-Castillo *et al.* (2006) encontraron seis grupos en las localidades de Jala, lo que evidencia una mayor variación fenotípica. Puede afirmarse que en la raza Jala hay erosión genética, en la cual se involucra al ambiente debido a que éste tiene un papel fundamental en la estructura de la diversidad.

La formación de tres grupos y las diferencias en las distancias obtenidas con el método de Ward (Figura 1), tal como lo observó Frey (1964), permite suponer que hay una asociación entre el ambiente dado por sitio de evaluación y la diversidad fenotípica existente que fue menor. Las distancias relativamente pequeñas entre los grupos de las diferentes poblaciones sugieren una base genética común, posiblemente porque este maíz ha evolucionado principalmente en el Valle de Jala, con procesos similares de selección por parte de agricultores para características fisiológicas, de planta y mazorca (Soleri y Cleveland, 2001; Pressoir y Berthaud, 2004b), así como para su adaptación natural a micronichos y gradientes altitudinales (Muñoz *et al.*, 2002; Mercer *et al.*, 2008; Ruiz *et al.*, 2008).

Con el uso de microsatélites, Rice *et al.* (2006), identificó alta similitud genética en las poblaciones actuales de la raza Jala que mantienen los agricultores de las comunidades de Jala, Jomulco y Coapan. Pressoir y Berthaud, (2004a y 2004b), mencionan que en los sistemas tradicionales de Valles Centrales Oaxaca, las características morfológicas como: tamaño de

mazorca, color de grano y período de floración, varían de acuerdo con el manejo que le da cada agricultor, pero con el uso de marcadores genéticos a nivel de genoma, muestran similitud entre las poblaciones de maíz de una misma localidad.

Para estudios relevantes de diversidad en la razas de maíz, tanto a nivel inter- como intra-racial se han utilizado rasgos morfológicos como los reportados por Wellhausen *et al.* (1951), Benz (1986), Herrera *et al.* (2000), Herrera-Cabrera *et al.* (2004), López-Romero *et al.* (2005), Hortelano *et al.* (2008), Ángeles-Gaspar *et al.* (2010), entre otros.

Este tipo de caracterización permite conocer el proceso evolutivo de la diversidad genética a través de la variación de los órganos reproductivos y la determinación de sus patrones de variación, así como detectar la materia prima para los programas de mejoramiento genético y diseñar estrategias para la conservación; sin embargo, el método utilizado en este estudio sólo aplica para conocer la diversidad de la raza Jala, debido a que está altamente especializada a las condiciones ambientales específicas que se encuentran en el Valle de Jala-Jomulco y en la localidad de Coapan, en Nayarit, México.

El método empleado en esta investigación se considera útil para caracterizar la diversidad en las razas de maíz, así como para detectar la materia prima para los programas de mejoramiento genético y diseñar estrategias para la conservación. Al respecto se sugiere reunir las diferentes accesiones de la raza Jala conservadas en bancos de germoplasma, evaluarlas *in situ* junto con poblaciones actuales que los productores conservan *in situ*, seleccionar accesiones y poblaciones con características de planta y mazorca distintivas de la raza Jala, utilizarlas para ampliar la base genética de esta raza, y llegar hasta la etapa de producción y distribución de semilla a productores interesados en su conservación. Esta metodología se puede complementar con el uso de marcadores moleculares y bioquímicos para tener una mayor precisión (Doebly, 1990; Bretting y Widrlechner, 1995; Yee *et al.*, 1999; Sánchez *et al.*, 2000a; Reif *et al.*, 2006; Vigoroux *et al.*, 2008).

## 2.6 Conclusiones

La evidencia experimental indica escasa divergencia fenotípica entre la mayoría de las poblaciones actuales de la raza Jala conservadas y caracterizadas *in situ*, lo que presupone una base genética reducida y común

Altura de planta, altura de mazorca y longitud de mazorca fueron los criterios morfológicos más importante para explicar la variación fenotípica existente entre los materiales genéticos evaluados; mientras que las características de grano y mazorca aunadas a las estructuras vegetativas de espiga tuvieron la mayor contribución en su agrupación.

## 2.7 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca doctoral otorgada al primer autor. Al Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), por el financiamiento que a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) ha venido otorgando para la conservación *in situ* de la raza Jala, lo cual facilitó el desarrollo de la presente investigación; y en este mismo sentido, al Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Al Ing. Israel Ruvalcaba Rivas, por el apoyo en la conducción de experimentos.

## 2.8 Referencias Bibliográficas

- Aguilar C J A (2006)** Recuperación, conservación y aprovechamiento de la raza Jala de maíz: Una alternativa para las razas en peligro de extinción. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. México. 126 p.
- Aguilar-Castillo J A, A Carballo-Carballo, F Castillo-González, A Santacruz-Varela, J A Mejía-Contreras, J Crossa-Hiriarte, G Baca-Castillo (2006)** Diversidad fenotípica y variantes distintivas de la raza Jala de maíz. Agricultura Técnica en México 32:57-66.

- Ángeles-Gaspar E, E Ortiz-Torres, P A López, G López-Romero (2010)** Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:287-296.
- Benz B F (1986)** Taxonomy and evolution of Mexican maize. Ph.D. Dissertation. University of Wisconsin. Madison, USA. 466 p.
- Bretting P K, M P Widrlechner (1995)** Genetic markers and plant genetic resources management. *In: Plant Breeding Reviews*. Vol. 13. Janick J (ed) John Wiley and Sons. New York, USA. pp:11-86.
- Doebley J F (1990)** Molecular systematic of *Zea* (Gramineae). *Maydica* 35:143-150.
- Frey K J (1964)** Adaptation reaction of oat strains selected under stress and non-stress environmental conditions. *Crop Science* 4:55-58.
- García E (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 4ta ed. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 217 p.
- Gil-Muñoz A, P A López, A Muñoz O, H López-Sánchez (2004)** Variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) en el estado de Puebla, México: diversidad y utilización. *En: Chávez-Servia, J. L., J. Tuxill, D. I. Jarvis (eds.). Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp:18-25.
- Hernández-Guzmán J A (2007)** Raza Jala; maíz único en el mundo y en peligro de extinción. *En: II Foro Internacional Biológico Agropecuario*. Celebrado en Tuxpan, Veracruz, 24 a 27 de Septiembre de 2007. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, Ver. pp:37-47.
- Herrera C B E, F Castillo G, J J Sánchez G, R Ortega P, M M Goodman (2000)** Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:335-354.
- Herrera-Cabrera B E, F Castillo González, J J Sánchez-González, J M Hernández-Casillas, R A Ortega-Pazkca, M M Goodman (2004)** Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.

- Hortelano S R R, A Gil M, A Santacruz V, S Miranda C, L Córdova T (2008)** Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agricultura Técnica en México* 34:189-200.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2014)** Compendio de Información Geográfica Municipal. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. Consultado en línea el 28 de enero de 2014. Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/topografia/compendio.aspx>
- Kato Y T A, C Mapes S, L M Mera O, J A Serratos H y R A Bye B (2009)** Origen y Diversificación del Maíz. Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Kempton J H (1924)** Jala maize: a giant variety from Mexico. *The Journal of Heredity* 15:337-344.
- López R A, T A Kato Y, F Castillo G (1995)** Karyotypic characterization of the race Jala of maize. *Maydica* 40:233-244.
- López-Romero G, A Santacruz-Varela, A Muñoz-Orozco, F Castillo-González, L Córdova-Téllez, H Vaquera-Huerta (2005)** Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México. *Interciencia* 30:284-290.
- Louette D, M Smale (2000)** Farmers' seed selection practices and traditional maize varieties in Cuzalapa, Mexico. *Euphytica* 113:25-41.
- Louette D, A Charrier, J Berthaud (1997)** *In situ* conservation of maize en México: genetic diversity and maize seed management in a traditional community. *Economic Botany* 51:20-38.
- Mercer K, A Martínez-Vásquez, H R Perales (2008)** Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient. *Evolutionary Applications* 1:489-500.
- Mohammadi S A, B M Prasanna (2003)** Analysis of genetic diversity in crop plants– salient statistical tools and considerations. *Crop Science* 43:1235-1248.
- Muñoz O A (2003)** Centli-maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 210 p.

- Muñoz O A (2005)** Centli Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. Ed. América. 2da ed. México, D. F. 210 p.
- Muñoz O A, G Pérez, P A López, R J Salvador (2002)** Maíz de cajete: agrosistema y resistencia a sequía. *En: Antología sobre Pequeño Riego. Vol. III. Sistemas de Riego no Convencionales.* Palerm, J (ed.). Colegio de Postgraduados, Texcoco, Edo. de México. pp:137-164.
- Perales H R, B F Benz, S B Brush (2005)** Maize diversity and ethnolinguistic diversity in Chiapas, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:949-954.
- Pressoir G, J Berthaud (2004a)** Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico. *Heredity* 92:88-94.
- Pressoir G, J Berthaud (2004b)** Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces. *Heredity* 92:95-101.
- Reif J C, M L Waburton, X C Xia, D A Hoisington, J Crossa, S Taba, J Muminović, M Bohn, M Frisch, A E Melchinger (2006)** Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers. *Theoretical and Applied Genetics* 113:177-185.
- Rice E B (2007)** Conservation in a changing world: *in situ* conservation of the giant maize of Jala. *Genetic Resource Crop Evolution* 54:701-713.
- Rice E B, M E Smith, S E Mitchell, S Kresovich (2006)** Conservation and change: a comparison of *in situ* and *ex situ* conservation of Jala maize germplasm. *Crop Science* 46:428-436.
- Romero P J, A Muñoz O (1996)** Patrón varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas en la región de Tierra Caliente. *Agrociencia* 30:63-73.
- Ruiz C J A, N Durán P, J J Sánchez G, J Ron P, D R González E, J B Holland, G Medina G (2008)** Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 Mexican maize races. *Crop Science* 48:1502-1512.
- Sánchez G J J, M M Goodman (1992)** Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany* 46:72-85.
- Sánchez G J J, M M Goodman, C W Stuber (2000a)** Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Economic Botany* 54:43-59.

- Sánchez G J J, M M Goodman, C W Stuber (2000b)** Isozymatic diversity of the races of maize of the Americas. *Maydica* 45:185-203.
- Soleri D, D A Cleveland (2001)** Farmers' genetic perceptions regarding their crop populations: an example with maize in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Economic Botany* 55:106-128.
- SAS Institute (2004)** The SAS<sup>®</sup> System for Windows<sup>®</sup> (Ver. 9.0). SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Vigouroux Y, J C Glaubitz, Y Matsuoka, M M Goodman, J Sánchez G, J Doebley (2008)** Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by DNA microsatellites. *American Journal of Botany* 95:1240-1253.
- Wellhausen E J, L M Roberts, E Hernández X, en colaboración con P C Mangelsdorf (1951)** Razas de Maíz en México: Su Origen, Características y Distribución. Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaria de Agricultura y Ganadería. México, D.F. 237 p.
- Yee E, K K Kidwell, G R Sills, T A Lumpkin (1999)** Diversity among selected *Vigna angularis* (Azuki) accessions on the basis of RAPD and AFLP markers. *Crop Science* 39:268-275.

### **CAPÍTULO III**

#### **CAPACIDAD DE EMERGENCIA DE PLÁNTULA EN POBLACIONES DE MAÍZ RAZA JALA ESTABLECIDAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES DE SIEMBRA**

#### **EMERGENCE PLANT ABILITY IN JALA MAIZE RACE POPULATIONS ESTABLISHED AT DIFFERENT OF PLANTING DEPTH**

**Luis Alberto Montes-Hernández<sup>1</sup>, J. Arahón Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>1</sup>, Amalio Santacruz-Varela<sup>2</sup>, Humberto Vaquera-Huerta<sup>2</sup>, Roberto Valdivia-Bernal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla, 72760. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, Puebla, México. Tel. (222) 2850013.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, km 9 Carretera Tepic-Compostela, 63780, Xalisco, Nayarit, México.

### 3.1 Resumen

México posee una gran diversidad de maíz (*Zea mays* L.) en los materiales locales de cada región, los cuales están adaptados a condiciones muy particulares, también se expresa en la forma, tamaño y composición de la semilla, por lo que el vigor y la calidad de la semilla es importante para el agricultor. El objetivo de la investigación fue determinar la capacidad de emergencia del maíz raza Jala establecido a diferentes profundidades de siembra. Se evaluaron 18 poblaciones de maíz de la raza Jala, tres poblaciones de la raza Chalqueño y una población de maíz de Cajete. El estudio se realizó en condiciones de invernadero, utilizando profundidades de siembra de 10, 15 y 20 cm. Las variables evaluadas fueron velocidad de emergencia, porcentaje de establecimiento, longitud de mesocótilo y coleóptilo y peso seco de la parte aérea. Cada variable se sometió a un análisis de varianza y a las variables que resultaron significativas se les realizó una prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05). Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de establecimiento, velocidad de emergencia, longitud de mesocótilo, longitud de coleóptilo, longitud de la parte aérea y peso seco de la parte aérea en los genotipos CAJ17, CHAL18, CHAL19 y CHAL20 fueron superiores estadísticamente en comparación con el resto de los genotipos. Con base en esas variables, resultaron también sobresalientes las poblaciones de la raza Jala identificadas como JAL4, JAL11, JAL14, y JAL15. Ambos grupos de genotipos mostraron los mayores porcentajes de establecimiento, lo que sugiere que los atributos de vigor de semilla evaluados fueron determinantes en la capacidad de emergencia de plántulas, lo que a su vez permite asumir que genotipos con esas características podrán emerger más rápido cuando la siembra se realice a profundidades considerables. La longitud de mesocótilo y de coleóptilo no contribuyeron a explicar la mayor capacidad de emergencia de plántulas.

**Palabras clave:** Agricultura tradicional, calidad de semilla, velocidad de emergencia, vigor, *zea mays*.

### 3.2 Abstract

Mexico has a great diversity of maize (*Zea mays* L.) in local populations of each region, which are adapted to very specific conditions; it is also expressed in the shape, size and composition of the seed, so the vigour and seed quality is important for the farmer. The aim of the research was to determine the ability of emergence Jala maize race established at different depths of planting. Eighteen Jala maize race populations, three populations of Chalqueño and a population of maize Cajete were evaluated. The study was conducted under greenhouse conditions, using planting depths of 10, 15 and 20 cm. The variables evaluated were emergence speed, percentage of establishment, mesocotyl and coleoptile length and dry weight of the aerial part. Each variable was subjected to analysis of variance and the significant variables a comparison test (Tukey, 0.05) was performed. Results showed that the percentage of establishment, emergence speed mesocotyl length, coleoptile length, length of aerial parts as well as dry weight of the aerial part in CAJ17, CHAL18, CHAL19 and CHAL20 genotypes were statistically higher compared to the other genotypes. Based on these variables, populations identified as the race Jala JAL4, JAL11, JAL14 and JAL15 were also outstanding. Both groups of genotypes showed the highest percentages of establishment, suggesting that the attributes of seed vigour evaluated were determinant in the ability of seedling emergence, which allows assuming that genotypes with those characteristics may emerge faster when planting is done at considerable depths. Length of mesocotyl and coleoptile didn't explains the greater ability of seedling emergence.

**Key words:** Emergence speed, seed quality, traditional farming, vigour, *zea mays*.

### 3.3 Introducción

A nivel mundial existe una gran diversidad genética de maíz (*Zea mays* L.), por lo que su adaptabilidad a diversos nichos ecológicos es amplia, ofrece múltiples opciones para su aprovechamiento en mejoramiento genético y permite satisfacer necesidades alimenticias de humanos y animales (Muñoz, 2005; Kato *et al.*, 2009).

Dicha diversidad también se expresa en la forma, tamaño y composición de la semilla (Boyer y Hannah, 2001). Al respecto, existen diferencias estructurales de mayor importancia en la semilla como son tamaño, forma y tipo de endospermo, el cual es el mayor componente con aproximadamente 82%, seguido del germen con 12%, pericarpio con 5% y pedicelo con 1% (FAO, 1993); componentes y estructuras que pudieran tener relación con el vigor de la semilla, entendiendo por vigor como “la suma de las propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de la semilla durante la germinación y emergencia de la plántula”.

Las semillas de buen comportamiento se denominan de alto vigor y las de pobre comportamiento de bajo vigor (ISTA, 2005). Esta definición lleva implícitas características particulares asociadas con el vigor como son: procesos bioquímicos, reacciones en la actividad respiratoria y reacciones enzimáticas durante la germinación, velocidad y uniformidad de la germinación de la semilla; además del crecimiento de la plántula, la velocidad y uniformidad de la emergencia de la plántula, crecimiento en el campo, así como la capacidad de emergencia bajo condiciones desfavorables.

Factores como la constitución genética, condiciones ambientales y nutrición de la planta, tamaño, peso y densidad de la semilla, así como su condición física e integridad mecánica, y presencia de patógenos, están involucrados en el vigor de la semilla (Perry, 1984).

Heydecker (1972) menciona que el vigor de semilla se expresa de cuatro maneras: a) capacidad para establecer plántulas, donde el vigor de semilla está dado por la suficiente cantidad de reservas adecuadas que son utilizadas durante las fases de crecimiento heterótrofo y de transición; b) capacidad de crecimiento autótrofo, para tener una planta vigorosa; c) sobrevivencia cuando es sembrada en campo, mediante la resistencia a las condiciones adversas imperantes, y d) sobrevivencia cuando culmina una condición de quiescencia.

Para el agricultor la calidad de la semilla de maíz es importante, debido a que de ello depende el número de plantas existentes en un área determinada de cultivo, es por ello que prefiere aquellas que muestran alto vigor (Delouche y Caldwell, 1962).

Los agricultores que emplean el sistema de siembra de humedad residual colocan la semilla hasta 20 cm de profundidad, con la finalidad de que tenga suficiente humedad para que ocurra la germinación y emergencia, generalmente siembran de seis a ocho semanas antes de que inicie la temporada de lluvia (Castro *et al.*, 1997). La capacidad de la semilla para emerger como plántula a esas profundidades de siembra se debe a la interacción de diferentes factores como los genéticos, fisiológicos, condiciones de siembra, entre otros; aunado a ello, la capacidad que presenta la semilla para adaptarse a condiciones ambientales desfavorables, es el resultado de los cambios que ocurren y que se van acumulando, siendo difíciles de medir individualmente (Tollenaar *et al.*, 1993); sin embargo, a medida que se incrementa la profundidad de siembra se presenta mayor dificultad para emerger, y eso depende de la capacidad de las poblaciones (Veneciano *et al.*, 1992; Ruíz *et al.*, 2001); capacidad con la cual algunas estructuras de la semilla pudieran tener relación.

En sorgo se encontró que la longitud del mesocótilo está relacionado con la emergencia de la plántula a profundidades de siembra considerables, y esto se debe a que puede existir una mayor reserva de las sustancias requeridas para que se presente este crecimiento (Milthorpe y Moorby, 1982; Maiti y Carrillo, 1989). En otros estudios en genotipos de sorgo reportados por Maiti y Carrillo (1989) también se afirma que estos materiales genéticos pueden emerger a mayores profundidades de siembra debido al alargamiento del mesocótilo. De manera similar, en *Tetrachne dregei*, *Panicum coloratum* y *Eragrostis curvula* (gramíneas perennes) se encontró que los mesocótilos se alargaron conforme se incrementó la profundidad de siembra (Martínez *et al.*, 2003).

En lo que se refiere a maíz, se reporta un trabajo con genotipos del valle de Chalco donde se observaron diferencias entre tipos y poblaciones sembradas a 20 cm de profundidad (García, 2004), mientras que Pérez *et al.* (2007) evaluaron poblaciones de maíz Chalqueño que se siembran bajo el sistema de humedad residual y encontraron que el alargamiento del mesocótilo está involucrado con la velocidad de emergencia, así como con rendimiento y sus componentes.

Las poblaciones del maíz raza Jala se cultivan bajo el sistema nominado “humedad residual”, como es el caso del maíz Chalqueño, en el cual la semilla se deposita a una profundidad superior a 10 cm para encontrar la humedad del suelo (Romero, 1996). Por lo anterior, el vigor de la semilla, y en particular el alargamiento de estructuras como el mesocótilo y coleóptilo, en este tipo de sistema de siembra juegan un papel muy importante para la emergencia y desarrollo de una plántula normal (Delouche y Baskin, 1973).

En zonas donde se practica la agricultura tradicional y que emplean el sistema de cultivo de humedad residual, se presentan condiciones desfavorables por la profundidad de siembra requerida, así como por la temperatura y humedad del suelo, llevando a comprometer la germinación y emergencia de la plántula (Albuquerque y Carvalho, 2003). Brooking (1990) menciona que existe una estrecha relación entre bajas temperaturas y el tiempo de emergencia de plántulas de maíz, la tasa relativa de movilización de reservas y la eficiencia de utilización de éstas en la nueva plántula.

Varias investigaciones sobre el cultivo de maíz en campo han reconocido la importancia de la longitud del mesocótilo y coleóptilo (Collins, 1914; Martín *et al.*, 1935; Allan *et al.*, 1962), porque permite que las hojas no se desdoblén bajo la superficie del suelo (Tillmann *et al.*, 1994).

En este contexto, la presente investigación tuvo el propósito de estudiar la capacidad de emergencia en poblaciones de maíz raza Jala establecidas a diferentes profundidades de siembra, y dilucidar si esta capacidad está determinada por la longitud del mesocótilo-coleóptilo.

### **3.4 Materiales y Métodos**

El estudio se desarrolló en abril de 2011, en condiciones de invernadero, en la Unidad Académica Huejotzingo del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Se evaluaron 16 poblaciones de la raza Jala (JAL1 a JAL16), una población de maíz de cajete (CAJ17) y tres poblaciones de maíz raza Chalqueño (CHAL18 a CHAL20). Cabe mencionar que en este trabajo se usaron poblaciones de maíz raza Jala, poblaciones de la raza Chalqueño y la población de maíz de Cajete que no han sido sometidas a un mejoramiento genético sistemático, por lo que pueden ser consideradas como poblaciones nativas.

El establecimiento tuvo lugar en suelo franco arenoso (que es la textura predominante en donde se cultiva la raza Jala), utilizando un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas y tres repeticiones, correspondiendo las parcelas grandes a profundidades de siembra y las parcelas chicas a genotipos. Las profundidades de siembra fueron 10, 15 y 20 cm. La unidad experimental constó de dos hileras de 25 semillas cada una, con separación de 7 cm entre semillas y de 10 cm entre hileras. Se aplicó un primer riego después de la siembra hasta capacidad de campo; después de ello se aplicaron riegos regulares para mantener un nivel de humedad apropiado.

Las variables evaluadas fueron: 1) velocidad de emergencia, contabilizando diariamente el número de plántulas emergidas (plúmula visible) entre el sexto y décimo cuarto día después de la siembra, para posteriormente calcular el coeficiente de velocidad de emergencia mediante la expresión de Maguire (1962); 2) porcentaje de establecimiento, considerando el porcentaje de plántulas emergidas al final de la prueba; 3) longitud de mesocótilo y coleóptilo, midiendo estas estructuras de manera individual (cm) en 5 plántulas tomadas al azar del total de aquellas emergidas por unidad experimental; 4) longitud de parte aérea, considerada como la suma de la longitud del mesocótilo y coleóptilo; 5) peso seco de parte aérea de las 5 plántulas usadas para medir las variables anteriores.

La extracción de plántulas se llevó a cabo a los 22 días después de la siembra. Se removió el sustrato con la ayuda de una pala plana y se extrajeron de manera individual, ignorando raíces, pero cuidando que no se dañara la parte aérea. Las plántulas se lavaron con agua corriente para remover residuos de arena, se colocaron en sobres y se secaron en estufa a 70 °C por 72 h, para proceder a su pesado (g).

La velocidad de emergencia se determinó con base en el conteo diario del número de plántulas emergidas por unidad experimental, una vez que se inició la emergencia. Este dato se calculó mediante la siguiente expresión:

$$VE = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{e_i}{i}$$

Dónde:

$e_i$ = número de plántulas emergidas en el *i-ésimo* día

$i$ = número de días después de la siembra

n= días del último conteo después de la siembra.

### 3.4.1. Análisis estadístico

La información sistematizada se sometió a un análisis de varianza mediante el procedimiento GLM del programa Statistical Analysis System (SAS). A las variables que resultaron significativas se les realizó una prueba de comparación de medias (Tukey, 0.05), además se realizó un análisis de correlación para el análisis conjunto de las variables (SAS Institute, 2004).

### 3.5 Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestra el análisis de varianza de las variables evaluadas en las 20 poblaciones de maíz. Este análisis muestra diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre genotipos, profundidades de siembra y para la interacción genotipo  $\times$  profundidad de siembra en todas las variables.

**Cuadro 1. Cuadrados medios y coeficientes de variación del análisis de varianza de siete variables evaluadas en 20 genotipos de maíz**

Variable	Cuadrados medios				CV (%)
	Gen	PS	Gen $\times$ PS	Error	
Porcentaje de establecimiento	1713.13**	41747.03**	239.22**	33.48	16.30
Velocidad de emergencia	5.28**	76.22**	0.44**	0.17	28.75
Peso de 50 semillas	52.48**	150.10**	6.32**	0.36	2.21
Peso seco parte aérea	41.64**	906.49**	6.40**	2.14	28.96
Longitud mesocótilo	41.47**	147.44**	10.95**	3.29	22.78
Longitud coleóptilo	2.75**	36.23**	2.20**	0.72	21.83
Longitud parte aérea	46.28**	230.59**	22.17**	6.45	21.422

\*\* = ( $p \leq 0.01$ ) Gen= Genotipos; PS= Profundidad de siembra; Gen  $\times$  PS=Interacción Genotipo  $\times$  Profundidad de Siembra; CV= coeficiente de variación (%)

La evidencia experimental indica que las diferentes profundidades de siembra propician una diferente expresión del vigor; donde también influye la disponibilidad de sustancias de reserva de la semilla para que se dé el crecimiento (Copeland y McDonald 2001; Milthorpe y Moorby 1982).

Estos resultados están asociados a la capacidad genética, fisiológica y bioquímica que tienen las semillas de los genotipos evaluados para emerger a las diferentes profundidades de

siembra, lo que causa una diferencia en la expresión de vigor (Boyer y Hannah 2001; ISTA, 2005); asimismo, Copeland y McDonald (2001) mencionan que los factores genéticos de los genotipos juegan un papel importante en la composición de la semilla, atributos que le permiten tener un buen vigor.

El Cuadro 2 concentra los resultados derivados de la prueba de comparación de medias; con base en esta información, los genotipos CAJ17, CHAL18, CHAL19 y CHAL20 resultaron estadísticamente superiores a los demás en porcentaje de establecimiento, velocidad de emergencia, longitud de mesocótilo, longitud de coleóptilo, longitud de parte aérea y peso seco de parte aérea; quizás esto obedece a que los cuatro genotipos mencionados han evolucionado en siembras de humedad residual, lo que les ha permitido una mayor capacidad de respuesta en relación a otros genotipos ante mayores profundidades de siembra.

**Cuadro 2. Comparación de medias de siete variables en prueba de emergencia de 20 genotipos de maíz**

Gen	P50SEM	VE	LM	LC	LPA	PE	PSPA
JAL1	29.01bc	4.03 c	6.73cde	3.90abc	10.63 cd	31.55cdefg	5.28bcde
JAL2	25.12 f	4.46 c	7.00cde	3.78abc	10.78 cd	30.44cdefg	4.25 cde
JAL3	28.28 c	3.93 c	8.81bcd	4.90 ab	13.72abc	28.22. defg	4.04 cde
JAL4	30.06 a	3.90 c	6.12 de	3.67abc	9.80 cd	31.77cdefg	3.81 cde
JAL5	26.73de	4.71 c	6.22 de	3.54 bc	9.76 cd	32.88 cdef	4.35 cde
JAL6	28.97bc	4.05 c	5.14 e	2.81 c	7.95 d	25.66 fg	3.84 cde
JAL7	29.62ab	4.56 c	7.11cde	3.84abc	10.95 cd	28.88 defg	4.61 cde
JAL8	23.85 g	4.82 c	7.20cde	4.16abc	11.37bcd	36.66 cde	4.52 cde
JAL9	28.15 c	3.61 c	7.58cde	3.99abc	11.57bcd	30.66cdefg	4.03 cde
JAL10	30.37 a	4.28 c	6.13 de	3.59 bc	9.72 cd	28.11 efg	4.51 cde
JAL11	25.71ef	2.82 c	6.56 de	3.58 bc	10.15 cd	22.11 g	3.20 de
JAL12	30.06 a	5.41b c	7.94cde	5.11 a	13.05abc	38.00 cd	6.19 bc
JAL13	26.70de	4.80 c	8.74 cd	4.84 ab	13.58abc	33.44 cdef	4.63 cde
JAL14	28.96bc	5.12bc	6.78cde	3.72abc	10.51 cd	37.44 cde	5.26bcde
JAL15	29.00bc	2.57 c	7.29cde	3.58 bc	10.87 cd	22.88 g	2.98 e
JAL16	26.88 d	4.46 c	7.15cde	4.46 ab	11.61bcd	30.44cdefg	4.25 cde
CAJ17	21.84 h	5.57bc	9.77abc	3.68abc	13.45abc	39.22 c	4.89 cde
CHAL18	23.63 g	13.68 a	12.58 a	3.51bc	16.10a	84.00a	13.02a
CHAL19	25.36 f	8.71 b	11.87 ab	3.77abc	15.64ab	58.44b	7.73b
CHAL20	28.06c	6.23bc	12.46 a	3.51bc	15.97a	38.88c	5.56bcd

Valores con la misma letra dentro de las columnas no son diferentes estadísticamente (Tukey, 0.05)

Gen= Genotipos, P50SEM= peso de 50 semillas, VE= velocidad de emergencia, LM= longitud de mesocótilo, LC= longitud de coleóptilo, LPA= longitud de la parte aérea, PE= porcentaje de establecimiento, PSPA= peso seco de la parte aérea

La expresión de las características de vigor en los genotipos que sobresalen (testigos CAJ17, CHAL18-CHAL20 y las poblaciones de maíz Jala JAL3, JAL9, JAL12, y JAL13) puede estar explicada por los procesos de germinación y emergencia, donde la imbibición, reactivación metabólica, la emisión de la radícula y el alargamiento del mesocótilo intervienen en el establecimiento de las plántulas (Collins, 1914; Albuquerque y Carvalho, 2003).

Los resultados obtenidos de la comparación de medias a tres profundidades de siembra (Cuadro 3) indican que hay diferencias estadísticas en el porcentaje de establecimiento, velocidad de emergencia, longitud de mesocótilo, longitud de coleóptilo, longitud de la parte aérea, peso seco de la parte aérea en las tres profundidades de siembra. Todas estas variables de vigor son importantes en las etapas de germinación, emergencia y establecimiento de plántula determinadas por otros factores importantes como son calidad fisiológica de la semilla, temperatura y humedad de suelo (Tollenaar *et al.*, 1993; Finch-Savage, 1995; Helms *et al.*, 1997).

**Cuadro 3. Comparación de medias de siete variables en una prueba de emergencia de 20 genotipos de maíz a diferentes profundidades de siembra**

Profundidad de siembra	P50SEM	PSPA	VE	LM	LC	LPA	PE
10 cm	28.13a	9.460a	9.66a	9.212a	4.715a	13.927a	64.01a
15 cm	25.50b	3.577b	4.27b	8.472b	3.822b	11.639b	30.46b
20 cm	28.33a	2.117c	1.33c	6.203c	3.166c	10.025c	11.98c

Valores con la misma letra dentro de las columnas no son diferentes estadísticamente (Tukey, .05), P50SEM= peso de 50 semillas, PSPA= peso seco de la parte aérea, VE= velocidad de emergencia, LM= longitud de mesocótilo, LC= longitud de coleóptilo, LPA= longitud de la parte aérea, PE= porcentaje de establecimiento

Los resultados generados en el análisis de varianza de las poblaciones sobresalientes, principalmente en las de maíz Chalqueño, Cajete y de cuatro poblaciones sobresalientes de la raza Jala, en cuanto a la máxima profundidad de siembra, indican que entre las diferentes poblaciones la emergencia de las plántulas se debe en parte a la velocidad de emergencia, porcentaje de establecimiento y peso seco de parte aérea de plántula; que son variables indicativas de vigor de la semilla. De acuerdo con estos resultados se puede mencionar que

estas poblaciones están más adaptadas a mayores profundidades de siembra y por consecuencia a la ausencia de luz durante el crecimiento de las estructuras de la plántula.

Algunos investigadores mencionan que las plántulas de maíz que se mantienen en oscuridad desarrollan mejor la longitud del mesocótilo que las que son irradiadas con luz roja (Frolov *et al.*, 1999). Otros autores mencionan que la disminución de la longitud del mesocótilo se debe a una respuesta a la cantidad de luz presente (Markelz *et al.*, 2003). Tomando en consideración lo antes mencionado se plantea que profundidad de siembra y el efecto de luz juegan un papel fundamental sobre el vigor de las semillas.

En los resultados del análisis de correlación (Cuadro 4) se observan correlaciones positivas y altamente significativas entre PE y VE ( $r > 0.94$ ,  $p \leq 0.01$ ), entre PE y PSPA ( $r > 0.95$ ,  $p \leq 0.01$ ), entre VE y PSPA ( $r > 0.93$ ,  $p \leq 0.01$ ). Con base en ello, materiales genéticos con alta velocidad de emergencia lograrán un mayor porcentaje de establecimiento; similarmente, materiales con mayor peso seco aéreo expresarán mayor velocidad de emergencia y porcentaje de establecimiento. En otras palabras, fueron variables de vigor y no longitud de mesocótilo y coleóptilo las que mejor relación tuvieron con la capacidad de emergencia de plántulas. La correlación mostrada entre longitud de mesocótilo y coleóptilo con longitud de parte aérea, implica que están influyendo en la longitud de parte aérea.

**Cuadro 4. Análisis de correlación entre siete variables en prueba de emergencia de 20 genotipos de maíz a diferentes profundidades de siembra**

Variables	PE	VE	P50SEM	LM	LC	LPA	PSPA
PE	1	0.9410**	-0.1199	0.0550	0.1570	0.0936	0.9537**
VE		1	-0.1052	0.0500	0.1095	0.0746	0.9318**
P50SEM			1	-0.3808**	-0.2116	-0.3716**	-0.0086
LM				1	0.5136*	0.9625**	0.0362
LC					1	0.7270*	0.1027
LPA						1	0.0614
PSPA							1

\* = significativo ( $p \leq 0.05$ ); \*\* = ( $p \leq 0.01$ ), PE= porcentaje de establecimiento, VE= velocidad de emergencia, P50SEM= peso de 50 semillas, LM= longitud de mesocótilo, LC= longitud de coleóptilo, LPA= longitud de parte aérea, PSPA= peso seco de parte aérea

Los resultados encontrados en el presente estudio coinciden con los reportados por Estrada *et al.* (1999), indicando que hay mejor respuesta entre genotipos en las variables más

importantes para identificar los materiales sobresalientes por vigor inicial como son las plántulas normales, peso seco de la parte aérea y de raíz y germinación al primer conteo. En otro estudio se menciona que en campo o invernadero velocidad de emergencia y porcentaje de germinación al primer conteo son importantes para evaluar el vigor de plántulas (Perry, 1981) lo cual concuerda con los resultados de este estudio.

Si bien en diferentes estudios se menciona que el tamaño de la semilla afecta positivamente la germinación, vigor, peso seco y emergencia de plántulas (Villaseñor, 1984; Magaña, 1992; Moreno-Martínez *et al.*, 1998); por el contrario, el coeficiente de correlación entre las variables peso de 50 semillas, longitud de mesocótilo y longitud de parte aérea presentaron valores altamente significativos pero de valor negativo lo que denota una disminución en vigor; de manera que esto coincide con lo reportado por Shieh y McDonald (1992), quienes indican que hay una correlación negativa entre tamaño de semilla y vigor de plántulas, por lo que esto se puede atribuir a que probablemente el tamaño de la semilla de maíz este dando un efecto negativo en la expresión de la estructura del mesocótilo y por consecuencia también se afecte la longitud de la parte aérea de la plántula.

Maiti y Carrillo (1989) mencionan que en especies como el sorgo, la longitud del mesocótilo es una característica importante que se puede emplear como criterio de selección en el mejoramiento genético para obtener un mayor número de plántulas emergidas y de esta manera estudiar las etapas de su crecimiento y el comportamiento de los genotipos bajo diferentes condiciones de estrés

En cuanto a las poblaciones de maíz que lograron emerger de 20 cm de profundidad tendrán mayor ventaja en el sistema de siembra de humedad residual. En suelos donde hay poca disponibilidad de agua se requiere depositar la semilla a profundidades considerables, razón por la cual la profundidad de siembra llega a ser un factor determinante (Maiti y Carrillo, 1989). Por lo anterior, se sugiere seleccionar genotipos con un alto índice de vigor en semilla para que tengan mayor capacidad para emerger a mayores profundidades de siembra y lograr un mejor establecimiento de plántulas en campo (Pérez *et al.*, 2007).

### 3.6 Conclusiones

Las poblaciones de maíz de la raza Chalqueño, incluido el tipo Cajete fueron superiores en cuanto a la expresión de características de vigor comparadas a las de la raza Jala, en variables que pueden considerarse como índices del vigor en semilla, tales como velocidad de emergencia, longitud de mesocótilo, longitud de coleóptilo y peso seco de parte aérea de la plántula.

Las poblaciones de maíz raza Jala que presentaron un alto índice de vigor fueron JAL3, JAL9, JAL12, y JAL13 por lo que dichos genotipos tendrán mayor capacidad para emerger a una profundidad de siembra de hasta 20 cm.

Las longitudes del mesocótilo y coleóptilo no mostraron relación con velocidad de emergencia ni con porcentaje de establecimiento.

### 3.7 Referencias Bibliográficas

- Albuquerque M C F, N M Carvalho (2003)** Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. *Seed Science and Technology* 31:465-479.
- Allan R E, O A Vogel, C J Peterson (1962)** Seedling emergence rate of fall-sown wheat and its association with plant height and coleoptile length. *Agronomy Journal* 54:347-350.
- Boyer C D, L C Hannah (2001)** Kernel mutants of corn. *In: Specialty Corns*. 2nd edition. Hallauer, A. R. (ed.). CRC Press. Boca Raton, Florida. USA. pp:1-31.
- Brooking I R (1990)** Variation amongst races of maize from México and Peru for seedling emergence time at low soil temperatures. *Maydica* 35:35-40.
- Castro V, T B Daynard, G W Thurtell (1997)** Studies on the root and shoot water relations of an unusual Mexican maize and a typical corn belt hybrid. *In: Developing Drought- and Low N-Tolerant Maize*. G. O. Edmeades, M. Bänziger, H. R. Mickelson and C. B. Peña-Valdivia (eds.). Proceedings of a Symposium March 25-29. CIMMYT. El Batán, México. pp:192-199.

- Collins G N (1914)** A drought-resisting adaptation in seedling of Hopi maize. *Journal of Agricultural Research* 1:293-302.
- Copeland L O, M B McDonald (2001)** *Principles of Seed Science Technology*. 4 ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota, USA. 467 p.
- Delouche J C, C C Baskin (1973)** Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology* 1:427-452.
- Delouche J C, W P Caldwell (1962)** Seed vigor and vigor tests. *Proceedings of the Association of Official Seed Analysts* 50:124-129.
- Estrada G J A, A Hernández L, F Hernández O, A Carballo C, F V González C (1999)** Tipos de endospermo en maíz y su relación con la calidad de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 22:99-109.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (1993)** *El Maíz en la Nutrición Humana*. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. No. 25. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Roma, Italia. 160 p.
- García C E (2004)** Variabilidad genética para capacidad de emergencia en dos poblaciones nativas de maíz de la raza Chalqueño. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 80 p.
- Finch-Savage W E (1995)** Influence of seed quality on crop establishment, growth and yield. *In: Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications*. Basra, A. S. (ed.). Food Products Press. New York, USA. pp:361-384.
- Frolov K B, N P Demchenko, V V Polevoi (1999)** Growth and cell division of mesocotyls of *Zea mays* Poaceae seedlings in darkness and under red light. *Botanicheskii Zhurnal* 84(6):59-63.
- Helms T C, E L Deckard, P A Gregoire P (1997)** Corn, sunflower, and soybean emergence influenced by soil temperature and soil water content. *Agronomy Journal* 89:59-63.
- Heydecker W (1972)** Vigour. *In: Viability of Seeds*. E. H. Roberts (ed.). Chapman and Hall. London. pp:209-252.
- ISTA (International Seed Testing Association) (2005)** *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association. Bassersdorf, Switzerland. 243 p.

- Kato Y T A, C Mapes S, L M Mera O, J A Serratos H y R A Bye B (2009)** Origen y Diversificación del Maíz. Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Magaña L S (1992)** Calidad física y fisiológica de semillas de líneas endogámicas de maíz (*Zea mays* L.) de valles altos en México. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 72 p.
- Maguire J D (1962)** Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2:176-177.
- Maiti R K, M J Carrillo G (1989)** Effect of planting depth on seedling emergence and vigor in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Seed Science and Technology* 17:83-90.
- Markelz N H, D E Costich, T P Brutnell (2003)** Photomorphogenic responses en maize seedling development. *Plant Physiology* 133:1578-1591.
- Martin J H, J W Taylor, R W Leukel (1935)** Effect of soil temperature and depth of planting on the emergence and development of sorghum seedlings in the green house. *Journal of the American Society of Agronomy* 27:660-665.
- Martínez O, M A Ruiz, F J Babinec (2003)** Implantación de gramíneas forrajeras perennes estivales de importancia para la región pampeana semiárida. *Boletín Técnico, INTA. ANGUIIL* 79(4):22-25.
- Milthorpe F L, J Moorby (1982)** Introducción a la Fisiología de los Cultivos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 272 p.
- Moreno-Martinez E, M E Vazquez-Badillo, A Rivera, R Navarrete, F Esquivel-Villagrana (1998)** Effect of seed shape and size on germination of corn (*Zea mays* L.) stored under adverse conditions. *Seed Science and Technology* 26:439-448.
- Muñoz O A (2005)** Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. 2a edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 210 p.
- Perry D A (1981)** Seedling growth and seedling evaluation tests. *In: Perry, D. A. (ed.). Handbook of Vigour Test Methods. International Seed Testing Asociation. Zurich, Switzerland. pp:10-20.*

- Perry D A (1984)** Manual de Métodos de Ensayos de Vigor. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 56 p.
- Pérez C F J, L Córdova T, A Santacruz V, F Castillo G, E Cárdenas S, A Delgado A (2007)** Relación entre vigor inicial, rendimiento y sus componentes en poblaciones de maíz Chalqueño. Agricultura Técnica en México 33:5-16.
- Romero P J (1996)** La producción de maíz: La producción agropecuaria y forestal de la Sierra Purépecha, Michoacán. Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Centro Occidente. Morelia, Michoacán, México. pp:101-135.
- Ruiz M A, O Martínez, A D Golberg (2001)** Germinación de semillas de *Tetrachne dregei* (Poaceae). Actas XXVIII Jornadas Argentinas de Botánica 88:39-41.
- SAS Institute (2004)** The SAS<sup>®</sup> System for Windows<sup>®</sup> (Ver. 9.0). SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Shieh W J, M B McDonald (1982)** The influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. Seed Science and Technology 10:307-313.
- Tillmann M A A, Z Piana, C Cavariani, A Minami (1994)** Effects of sowing depth on the emergence of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings. Sientia Agrícola 51:260-263.
- Tollenaar M, D E McCullough and L M Dwyer (1993)** Physiological basis of the genetic improvement of corn. *In: Genetic Improvement of Field Crops*. G. A. Slafer (ed.). Marcel Dekker Inc. New York, USA. pp:183-236.
- Veneciano J H, O A Terenti y I L Massa (1992)** Evaluación de una población clonal de *Tetrachne dregei* Nees. II. Profundidad y sistema de siembra. Revista de la Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de la Pampa 6:17-34.
- Villaseñor M H E (1984)** Factores genéticos que determinan el vigor en plántulas de maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Genética. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 149 p.

## **CAPÍTULO IV**

### **ASPECTOS TRADICIONALES ASOCIADOS AL MAIZ RAZA JALA**

#### **TRADITIONAL ASPECT RELATED TO JALA MAIZE RACE**

**Luis Alberto Montes-Hernández<sup>1</sup>, J. Arahón Hernández-Guzmán<sup>1</sup>, Higinio López-Sánchez<sup>1</sup>, Amalio Santacruz-Varela<sup>2</sup>, Humberto Vaquera-Huerta<sup>2</sup>, Roberto Valdivia-Bernal<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla, 72760. Santiago Momoxpan, Municipio de San Pedro Cholula, Puebla, México. Tel. (222) 2850013.

<sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, km 9 Carretera Tepic-Compostela, 63780, Xalisco, Nayarit, México.

## 4.1 Resumen

El conocimiento tradicional es el resultado de un proceso complejo coevolutivo entre sistemas naturales y sociales; donde el conocimiento indígena que subyace a la modificación del entorno físico es sumamente detallado, y son la etnobotánica y la taxonomía de especies nativas las que representan las formas más complejas del conocimiento indígena. La presente investigación tuvo como objetivo describir los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociados al maíz raza Jala, ya que no existe ningún estudio sistemático al respecto. Si se extingue este maíz se extinguirán también experiencias valiosas desarrolladas por agricultores a través del tiempo, de ahí la urgencia de su documentación. Se aplicó un cuestionario de preguntas abiertas y cerradas a los 13 agricultores que en 2012 sembraron maíz raza Jala, conocido localmente como maíz de húmedo. Se encontró que la edad promedio de los agricultores fue de 67 años y que destinan una superficie de 0.25 a 0.75 ha para la siembra de maíz raza Jala, en condiciones de humedad residual. La mayoría de los agricultores considera importante sembrar maíz porque contribuye con el abasto de grano para el consumo familiar. Este maíz se emplea principalmente como elote, tortillas, y pozole. Un factor determinante para que se conserve este cultivo es el “concurso del elote”, por cuestiones de identidad, tradición, orgullo y satisfacción. El maíz raza Jala presenta ventajas con respecto a otras variedades como es forraje de buena calidad, mazorca larga, y excelente para consumo en elote, pozole y tortillas. El tamaño del totomoxtle es otro atributo aprovechado como envoltura para tamales.

**Palabras clave:** Conocimiento tradicional, poblaciones locales, usos y costumbres, *zea mays*.

## 4.2 Abstract

Traditional knowledge is the result of a complex coevolutionary process between natural and social systems; where indigenous knowledge underlying the modification of the physical environment is extremely detailed, being the ethnobotany and taxonomy of native species which represent the most complex forms of indigenous knowledge. The present study aimed to describe the farming systems and traditional knowledge associated with race Jala maize, since there is no systematic study on the subject. If this maize is extinguished also valuable experiences developed by farmers over time will be extinguished too hence the urgency of their documentation. Open-ended questionnaire was applied and to 13 farmers who planted Jala maize race in 2012, locally known as “maize humid”. It was found that average age of farmers was 67 years and allocated an area of 0.25 to 0.75 ha for planting Jala maize race, under residual moisture. Most of the farmers plant maize considered important because it contributes to the supply of grain for family consumption. This maize is used primarily as fresh corn, tortillas, and pozole. A determining factor for this crop is kept the “fresh corn content”, about issues of identity, tradition, pride and satisfaction. Jala maize race has advantages over other varieties such as forage quality, long ear, and excellent for use in fresh corn, pozole and tortillas. Cornhusk size is another advantage as wrapper for tamales.

**Key words:** Local populations, manners and customs, traditional knowledge, *zea mays*.

### 4.3 Introducción

México cuenta con una población absoluta de 119 millones 224 mil 847 habitantes y una población económicamente activa de 51.8 millones, de la cual los trabajadores agrícolas constituyen alrededor de 6.7 millones (INEGI, 2014). La mayor parte de la población absoluta tiene como alimento base al maíz, que se consume de formas distintas, como tortillas, tamales y pozole. Existen numerosas formas regionales y locales en cada uno de estos alimentos, que muestran su gran antigüedad y adaptación cultural, como por ejemplo, bebidas elaboradas con maíz, como son los atoles (Gil y Álvarez 2007).

El cultivo de maíz, además de ser un grano básico a nivel nacional, también es un eje alrededor del cual se asocian otros cultivos, así como la economía, las creencias, los ciclos rituales anuales, las distintas formas de organización en la vida cotidiana y del trabajo (Blanco, 2006; González, 2007).

Los agricultores de pequeña escala se ven afectados por la disminución en la diversidad social, cultural y ecológica, colocándolos en una frágil situación económica y política en el contexto nacional. Los sistemas agrícolas enseñan que las acciones humanas construyen o destruyen la diversidad que es necesaria para el futuro; de ahí la importancia de mantener por escrito aquellos conocimientos que pueden coadyuvar en esta difícil tarea. El sistema de agricultura tradicional cumple con dos funciones: a) la conservación de la diversidad del germoplasma y b) la continua mejora y adaptación de las variedades criollas a diversas condiciones productivas (clima, falta de riego, suelos pobres y topografía desfavorable) que caracterizan a la agricultura de subsistencia o campesina (Gil-Muñoz *et al.*, 2004). Bellon *et al.* (2009) mencionan que el sistema tradicional empleado en maíz es dinámico incorporando nuevos tipos de tecnologías y variedades. La incorporación de variedades mejoradas, que son sometidas al mismo manejo que las variedades criollas, da lugar a tipos adaptados localmente que los propios agricultores reconocen como “acriollados” y finalmente como criollos.

En México los grupos étnicos son los guardianes de la enorme riqueza de germoplasma de maíces nativos del país y los preservan mediante la agricultura tradicional. La definición de “tradicional” implica actividades que se han practicado y mejorado con la experiencia durante

muchas generaciones en las comunidades, hasta llegar a los actuales procesos de producción (Tuxill y Nabhan, 2001).

La diversidad de los maíces nativos, o criollos, se encuentra principalmente donde imperan condiciones de temporal, esto sucede en los sistemas tradicionales que generalmente están desarrollados por uno o varios grupos étnicos, los cuales han resguardado este germoplasma hasta nuestros días (Kato *et al.*, 2009).

Gil-Muñoz *et al.* (2004) mencionan que el fitomejoramiento se debe enfocar a las variedades criollas, las cuales no se están aprovechando en todo su potencial; es por ello que en condiciones de agricultura tradicional se deben hacer trabajos de conservación *in situ* y mejoramiento genético con los métodos participativos entre fitomejoradores y campesinos (Ortega, 2003; Muñoz, 2005).

En el municipio de Jala, Nayarit, los agricultores utilizan su propia semilla para la siembra de maíz de húmedo, la cual la seleccionan año con año, de tal modo que se va adaptando a condiciones ambientales y edáficas presentes en los terrenos agrícolas, incluyendo también sus recursos culturales, sociales y económicos. El conocimiento del sistema de producción agrícola predominante en la región contribuye a la conservación de las poblaciones de maíz.

La descripción y conocimiento de los sistemas de producción campesina es una pieza fundamental para formular estrategias que permitan la conservación de la diversidad. Además coadyuva a la identificación de los usos y costumbres que giran en torno al maíz.

Por lo mencionado anteriormente, en este trabajo se planteó como objetivo describir los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociados al maíz de la raza Jala

#### **4.4 Materiales y Métodos**

La investigación planteó identificar la manera en que se vinculan diversas variables entre sí; se trata de una investigación de carácter descriptivo-explicativo. Durante la investigación se obtuvo información original que tiene dos aplicaciones: 1) describir los sistemas de cultivo y el conocimiento tradicional asociados al maíz raza de la Jala; y 2) realizar un dictamen informado sobre cómo estos aspectos sociales, culturales y del manejo del cultivo están involucrados en la conservación del maíz de húmedo raza Jala.

#### **4.4.1 Área del estudio**

El trabajo se desarrolló en el Valle de Jala, Nayarit, México. El municipio de Jala se localiza entre los paralelos 21°03' y 21°21' de latitud norte y los meridianos 104°14' y 104°33' de longitud oeste. Los suelos son del tipo cambisol éutrico y regosol éutrico (INEGI, 2009). El clima es del tipo Acw<sub>1</sub> (semicálido subhúmedo con lluvias en verano), con precipitación promedio anual de 837.4 mm (García, 1988).

#### **4.4.2 Levantamiento de la Información**

El instrumento empleado para la recopilación de la información fue un cuestionario, que incluía aspectos sociales, culturales y del manejo del cultivo del maíz raza Jala.

Se aplicó el cuestionario de 71 preguntas, con una combinación de preguntas cerradas y abiertas, con la finalidad de obtener información de tipo cualitativo y cuantitativo (anexo 1). Las preguntas incluidas en los cuestionarios consideraron variables que se agruparon en tres apartados importantes: a) uso y aprovechamiento; b) selección, almacenamiento y conservación de semilla; y c) conocimiento tradicional de los agricultores. En el caso de cuestionarios con preguntas abiertas, no se impusieron *a priori* las posibles respuestas que se tienen preconcebidas; sin embargo, en cuestionarios con preguntas cerradas, las opciones de respuesta que se plantearon generalmente son bastante limitadas y no permiten la obtención de nuevas alternativas por parte de la población encuestada (Casas *et al.*, 2003).

Antes de aplicar el cuestionario definitivo a los agricultores se realizó una prueba piloto, esto se hizo con la finalidad de comprobar la congruencia del cuestionario, además de asegurar una buena calidad en la información obtenida. Para realizar la prueba piloto se tuvo el apoyo de dos agricultores con características promedio. Con esa información se adecuaron las preguntas para finalmente obtener la versión definitiva de los cuestionarios, el cual se aplicó a todos los agricultores que sembraron el maíz raza Jala en el ciclo agrícola 2012.

#### **4.4.3 Análisis de la Información**

Una vez aplicados los cuestionarios y obtenida la información, se realizó una revisión detallada de los datos obtenidos del cuestionario, con la finalidad de comprobar que no hubiera errores, así como ausencia de datos o datos no precisos en la información proporcionada por los agricultores. Se capturó y codificó la información para proceder a su

análisis estadístico. Después se llevó a cabo una comparación de las frecuencias de cada una de las variables. Para procesar la información se utilizó el programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), versión 15 (R Development Core Team, 2006) analizando los datos con herramientas de estadística descriptiva.

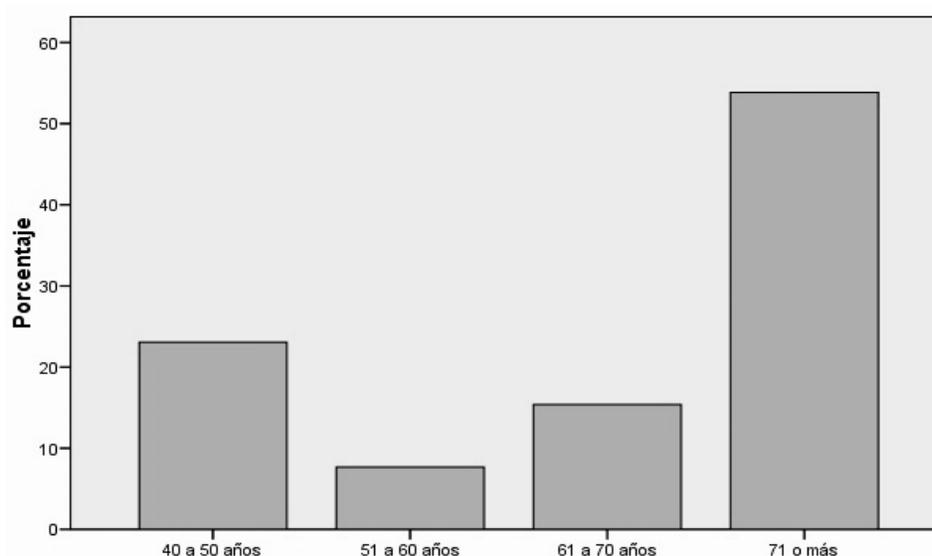
#### **4.5 Resultados y Discusión**

Los agricultores de la región que siembran maíz raza Jala lo conocen localmente como “maíz de húmedo”, y lo siembran en una superficie aproximada de 30 ha, dispersas en pequeños predios de las comunidades de Jala, Jomulco y Coapan. El Valle de Jala se encuentra conformado principalmente por las comunidades de Jala y Jomulco que son localidades colindantes, mientras que la comunidad de Coapan se localiza a las orillas del Volcán el Ceboruco (Aguilar, 2006).

En la Figura 1 se observan los rangos de edad de los agricultores que en 2012 cultivaron el maíz raza Jala dentro de la cual el promedio de edad fue de 67 años, con un valor mínimo de 43 y un máximo de 90 años. La mayoría de estos agricultores oscila entre 60 y 80 años de edad; así mismo la edad promedio de 67 años de estos agricultores es parecida a la reportada en la caracterización de agricultores de maíz en México, donde se menciona que los agricultores de maíz tienen una edad promedio de 57.4 años de edad; por lo tanto son personas de edad avanzada quienes siguen sosteniendo este tipo de cultivo; mientras que sólo el 3% de las comunidades está representada por jóvenes, lo cual se explica por el alto grado de migración. Se sabe que 12.5 millones de mexicanos emigran hacia los países norteamericanos (principalmente a los Estados Unidos), de los cuales el 80% tiene entre 14 y 44 años de edad (Ashwell, 2008).

La razón por la cual existe esta movilidad se justifica en la búsqueda de nuevas oportunidades laborales y es un fenómeno cada vez más recurrente en el mundo (Guzmán y León, 2005), lo que ocasiona que el sector agrícola sea más vulnerable al no existir el relevo generacional que asegure la producción de alimentos en el campo. Terán y Terán (2008) plantean que los niños y las personas de la tercera edad son quienes han quedado al frente de las comunidades rurales, ocasionando un problema social que se ha generalizado en todas las

regiones campesinas de México (Escobar, 2006). Considerando que la mayoría de los agricultores que cultivan el maíz raza Jala son de edad avanzada, esto pone en riesgo la conservación de este recurso fitogenético, único en el mundo, con todo lo que conlleva.

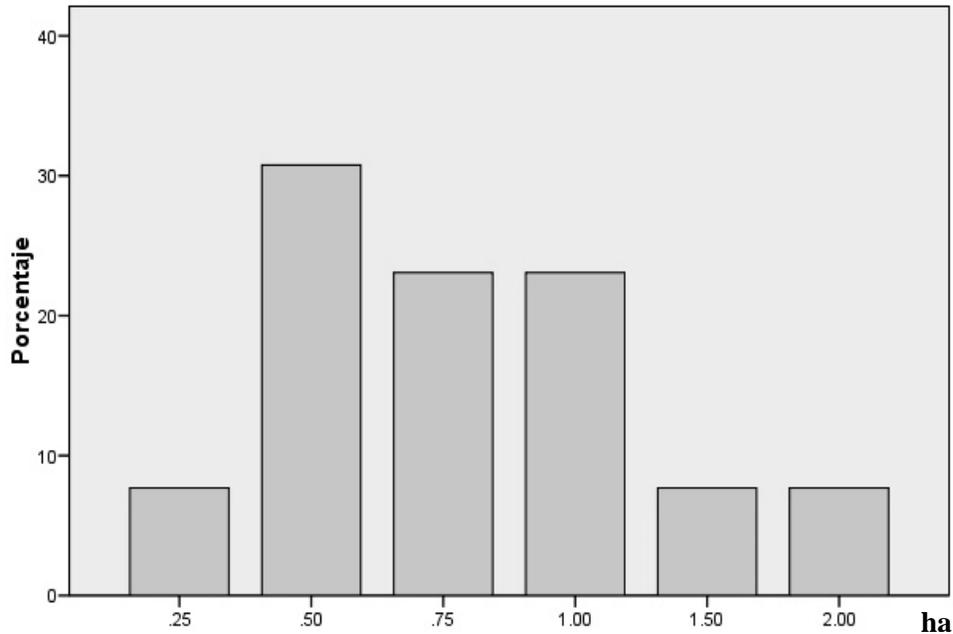


**Figura 1.** Rangos de edad de los agricultores que siembran maíz raza Jala

Con respecto al estado civil de los agricultores, el 69% son casados, el 8% solteros y el 23% viudos. En cuanto a nivel de escolaridad, el 49% cursó primaria, el 17% cursó la secundaria, mientras que el 17% curso preparatoria y el 17% tiene nivel de licenciatura. Los ingresos familiares obtenidos de la agricultura y ganadería representan el 54.5%, mientras que el 46.5% lo obtienen de otros trabajos o apoyo familiar.

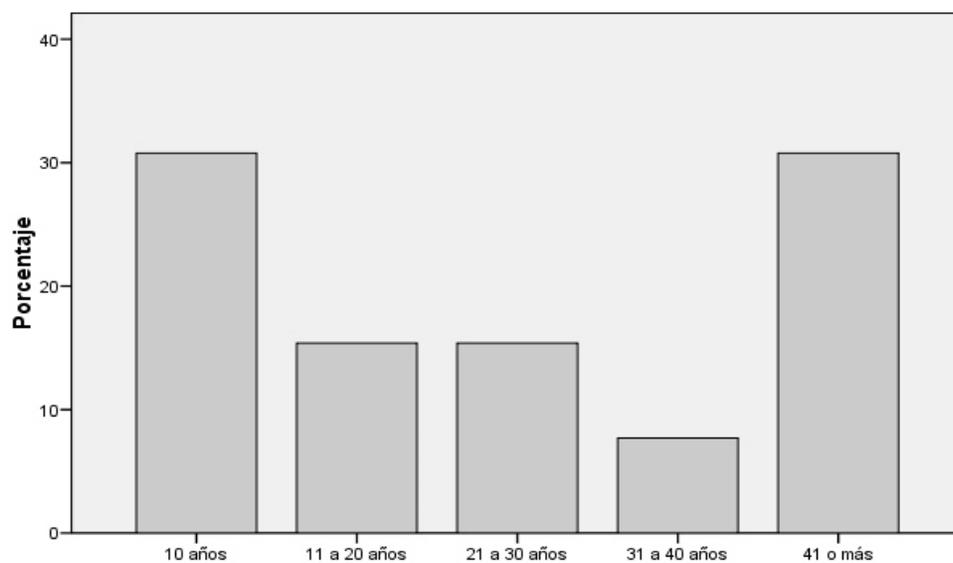
La superficie de terreno con la que cuenta el agricultor es de 7.3 ha en promedio, con un mínimo de 1.0 y un máximo de 34 ha. El 80.3% de los agricultores cuenta con una superficie entre 3 y 10 ha; sin embargo, la superficie que destinan a la siembra del maíz de húmedo es pequeña, con un valor mínimo de 0.25 y un máximo de 2 ha. El 61.5% de los encuestados destina entre 0.25 y 0.75 ha a este tipo de maíz. El 100% de la superficie dedicada a la siembra de este maíz corresponde a condiciones de humedad residual (Figura 2).

El régimen de propiedad que predomina entre los agricultores del municipio de Jala para la siembra de este maíz corresponde en un 31% a pequeña propiedad, mientras que el 69% corresponde a ejido.



**Figura 2.** Superficie de siembra de maíz de húmedo

De acuerdo con lo que menciona Artís (2003) y con los datos obtenidos en este trabajo se consideran minifundistas extremos a agricultores que siembran áreas menores de cinco hectáreas, por consecuencia, quienes cultivan el maíz de húmedo en el municipio de Jala se ubican en esta categoría. El tiempo que tienen cultivando el maíz de húmedo oscila en 29 años, con un mínimo de tres y un máximo de 70 (Figura 3).



**Figura 3.** Rangos de tiempo que tienen sembrando maíz de húmedo

En los diferentes sistemas de producción se presentan un conjunto de valores asociados al manejo de la diversidad del maíz en el contexto de las comunidades locales (Escobar, 2006). De acuerdo con Herrera-Cabrera *et al.* (2004), la conservación *in situ* de dicha diversidad genética se practica de forma empírica en las comunidades, ya que los agricultores han cultivado poblaciones locales y las han seleccionado durante varios años, y son ellos quienes han heredado el conocimiento a través de varias generaciones

#### **4.5.1 Uso y aprovechamiento del maíz de húmedo raza Jala**

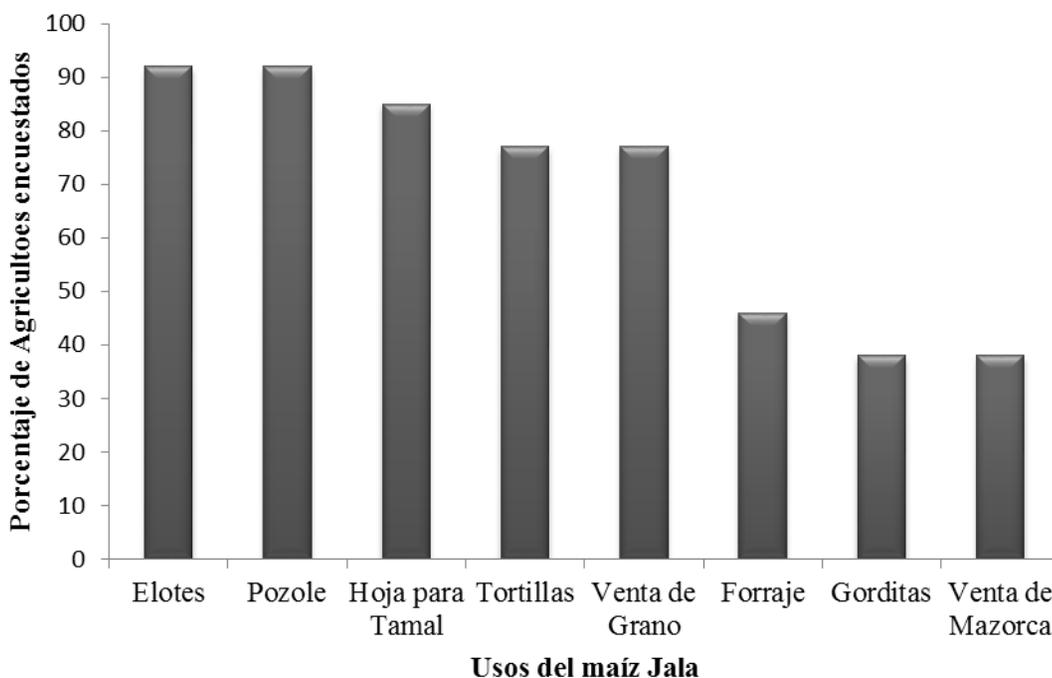
Los agricultores del municipio de Jala consideran importante al maíz de húmedo como material nativo de la región para su aprovechamiento debido a su disponibilidad, por su bajo costo y facilidad que se tiene para conseguirlo, así como para la elaboración de tortillas se prefiere el empleo de este maíz, ya que esto les garantiza a las familias que se trata de maíz nuevo, el cual posee buen sabor, olor y buena calidad; también porque posee una adaptación milenaria al ecosistema presente en la región en condiciones de temporal; además, la semilla se utiliza para la alimentación del ganado, y el alto porte de la planta provee mayores cantidades de rastrojo, el cual puede ser incorporado al suelo como aporte nutritivo o utilizarse como forraje para la alimentación del ganado.

De acuerdo con los resultados obtenidos, la mayoría de los agricultores (70%) considera que la razón más importante para cultivar el maíz raza Jala es que éste contribuye a la alimentación de la familia, ya que abastece el autoconsumo, así como el uso para forraje. El 100% mencionó que la importancia de este cultivo está en que se siembra todos los años por tradición, para participar en el “concurso del elote” y por la calidad de elote, por lo que lo seguirán sembrándolo a futuro.

Para el caso de los usos tradicionales en los que se emplea el maíz de húmedo, el 77% de los entrevistados mencionó la alimentación humana en forma de tortilla. Esto coincide con Mauricio *et al.* (2004), quienes mencionan que el maíz en forma de tortilla es uno de los principales componentes en la dieta de la comunidad mexicana. Vega y Ramírez (2004) argumentan que el maíz para consumo humano puede ser como se le conoce de manera tradicional y consiste en: grano-masa de nixtamal-tortilla. También Valdivia-Bernal *et al.* (2010) mencionan que el principal uso tradicional del maíz de húmedo raza Jala es como elote

y para preparar el platillo tradicional “pozole”, mientras que Aguilar (2006) menciona que dentro de los usos tradicionales que tiene este maíz destacan los siguientes: elotes, atole, pozole y galletas de maíz, a las que localmente se les denomina “gorditas”, y un pan llamado “marquezote”. El “totomoxtle” es apreciado por los agricultores que siembran este maíz, ya que lo utilizan en sus fiestas particulares; también la venta de semilla es una atractiva fuente de ingresos, debido a que se ha logrado comercializar hasta en 30 pesos el kilogramo.

Lo anterior coincide con los datos obtenidos en este trabajo, como se observa en la Figura 4, tres usos tradicionales como la preparación de pozole, elote, y la utilización de hojas para tamal, que son platillos tradicionales de la región, son los que sobresalen con respecto a los demás; mientras que sólo algunos preparan gorditas de horno, pan marquezote o realizan venta de mazorcas.



**Figura 4.** Usos tradicionales en que se emplea el maíz de húmedo

Por otra parte, el 85% de los agricultores considera que la siembra de este maíz está relacionada con la participación en el concurso del elote que se celebra el 14 de agosto de cada año. El 84.7% de los agricultores entrevistados ha participado en más de dos ocasiones en dicho concurso, siendo el valor mínimo de una ocasión y el valor máximo de 28 participaciones. El 61.6% ha participado en este evento entre dos y 10 veces. El 69.2% de los

agricultores entrevistados mencionan que participan por tradición y orgullo, mientras que el 23.1% sólo por participar. En el concurso del elote se han registrado longitudes de entre 38 cm (23.1% de entrevistados) y 47 cm (15.4% de entrevistados). El mayor porcentaje de agricultores mencionó haber producido elotes de 41.3 cm de longitud. El 76.9% de los agricultores menciona que el “concurso del elote” contribuye a conservar este maíz; en tanto que el 23.1% afirmó que no ayuda.

Cuando se les preguntó a qué se debe que el maíz raza Jala produzca esas longitudes de elote y mazorca, el 61.5% lo atribuyó al clima, la humedad y la ceniza volcánica; el 30.8% mencionó que es característica propia de este maíz, mientras que el 7.7% no sabe la razón. En lo que se refiere a la disminución de esas longitudes, el 38.5% lo asocia con la falta de humedad en el suelo, el 46.2% considera que se debe al hecho de que está cruzando con otras variedades.

En cuanto a las razones para seguir sembrando este maíz, el 100% considera que tiene las siguientes ventajas: es útil para diversos usos, tiene elote de buena calidad, produce forraje de buena calidad, mazorca larga y tiene buen tamaño de totomoxtle; el 100% menciona también que hay desventajas importantes en este maíz, tales como el bajo rendimiento, problemas de acame, muy tardío, poco totomoxtle y susceptibilidad al ataque de plagas de almacén.

Los datos obtenidos indican que el “concurso del elote” contribuye a la conservación y por consecuencia a la siembra de esta raza como lo mencionan Listman y Pineda (1992), quienes afirman que dicho concurso fue implementado en 1981 por Carlos Octavio Carrillo Santana, Presidente en turno del Municipio de Jala. Cada año se lleva a cabo este concurso el 14 de agosto, dentro de las festividades de la virgen de la Asunción. Participan aproximadamente 30 agricultores seleccionando sus elotes más grandes y éstos son medidos por un comité evaluador. Aguilar (2006) menciona que los agricultores promueven la feria patronal de la virgen de la Asunción, la cual es la fiesta más importante de la comunidad, donde además se realiza “el concurso del elote”; dicha fiesta es de gran importancia en la región de Mesoamérica (Broda, 2001).

A pesar de que el maíz de húmedo no es determinante en la economía de la región, algunas tradiciones religiosas se siguen conservando; por lo que dichas festividades religiosas, están basadas en la ideología de los agricultores de la región de Jala con respecto al cultivo del

maíz de húmedo, mantienen una estrecha relación, como ocurre en la mayoría de las comunidades agrícolas del país (Guerrero, 1987; Museo Nacional de Culturas Populares, 1987).

Al preguntarles acerca de diversos factores que pudieran contribuir al aumento de la producción del maíz raza Jala, la mayoría de los agricultores mencionaron principalmente cuatro factores que para ellos son los que pueden contribuir: un seguro barato, un mejor precio de venta del maíz, fertilizantes con precios accesibles y herbicidas que sean baratos (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Importancia que otorgan los entrevistados a diversos factores que pudieran incrementar la producción del maíz raza Jala**

Factor	Nivel del factor y porcentaje de entrevistados			
	Muy importante	Importante	Moderadamente importante	Poco importante
Asesoría	23.1	23.1	38.4	15.4
Crédito	38.5	23	38.5	0
Fertilizante a bajo costo	53.8	38.5	7.7	0
Herbicida a bajo costo	53.8	38.5	7.7	0
Precio de venta	69.2	23.1	7.7	0
Organización	30.8	53.8	15.4	0
Centro de acopio	23.1	61.5	7.7	7.7
Maquinaria	30.8	53.8	15.4	0
Seguro barato	84.6	7.7	0	7.7
Investigación	30.8	69.2	0	0

#### 4.5.2 Selección, almacenamiento y conservación de semilla del maíz raza Jala

Un resultado de la selección realizada por los agricultores, es la mazorca de maíz que conocemos, produciéndose un incremento en su tamaño y en el de los granos y con ello las facilidades para lograr una mejor cosecha (Thimpson; citado por González, 2002; Benz *et al.*, 2006; Iltis, 2006). Los indígenas latinoamericanos tuvieron especial cuidado con la selección de las mazorcas que utilizarían como fuente de semillas en la siguiente siembra, debido a que han sido seleccionadas por su adaptación a condiciones agroecológicas y a preferencias de usos, consumos y comercialización local, y poseen ventajas que limitan la adopción de las mejoradas (Briones, 2007); por lo tanto, se ve resaltado el valor del conocimiento local y el

potencial que éste ofrece para el desarrollo en diversas áreas de regiones específicas. En este estudio, el 100% de los agricultores mencionó que obtiene la semilla de la cosecha anterior. La selección de semillas se realiza en el almacén, razón por lo cual no consideran características de la planta y sólo toman en cuenta características de mazorca. Mencionan además que los criterios y el orden de importancia que le dan al criterio al momento de seleccionar semilla en el maíz raza Jala son: longitud de mazorca, uniformidad de mazorca, sanidad de mazorca, tamaño de grano y color grano (Cuadro 2).

Para la selección de la semilla para la próxima siembra, no se consideran todos los granos de la mazorca; el 100% de los productores mencionó elegir sólo la parte central de la mazorca. Estos resultados coinciden con lo reportado por Herrera *et al.* (2002) quienes mencionan que la mayoría de los agricultores realiza su selección de semilla para siembra basándose en la parte central de la mazorca, y esto se debe a que en esa parte las semillas presentan sanidad, buen tamaño, así como uniformidad (Carballo y González, 1979). En la selección hay además variación en la persona que efectúa esta función. El 76.9% indica que el esposo es quien realiza esta actividad, mientras que el 7.7% señala que la realiza la esposa, mientras que el 15.4% menciona que la actividad es hecha por ambos. Entre las razones que comentan los agricultores por las cuales dicha persona es encargada de la selección de la semilla están las siguientes: el 15.4% indican que cuenta con más conocimiento para reconocer mejor la semilla y tiene más cuidado al seleccionar, el 7.7% señala que tiene más tiempo libre, mientras que el 76.9% indica que cuenta con las tres características antes mencionadas.

**Cuadro 2. Principales características de selección de semilla para la próxima siembra**

Característica	1ª Prioridad	2ª Prioridad	3ª Prioridad	4ª Prioridad
Longitud de mazorca	61.5%	53.8%	15.4%	23%
Uniformidad de mazorca	23.1%	15.4%	30.7%	7.7%
Sanidad de mazorca	15.4%	7.7%	30.8%	30.8%
Tamaño de grano	0.0%	15.4%	7.7%	30.8%
Color de grano	0.0%	7.7%	15.4%	7.7%

Otro aspecto que destaca es que el tiempo promedio que los agricultores de la región han usado la misma variedad es de 28.9 años, con un mínimo de tres años y un máximo de 70.

El 100% de los agricultores que almacena su maíz con la finalidad de usarla como semilla para la próxima siembra lo hacen en tambo de plástico, la fumigan y sellan el recipiente con la finalidad de conservarla por más tiempo al evitar que se afecte por plagas, actividad que llevan a cabo con mano de obra familiar. Como menciona Aguilar (2006), los agricultores no tienen depósitos especiales para almacenar las mazorcas, por lo que el grano, por ser muy harinoso, es destruido fácilmente por gorgojos; sin embargo, previenen la presencia de estos insectos controlándolos con fumigaciones a base de fosforo de aluminio; añade que para el siguiente ciclo agrícola, los agricultores seleccionan las mazorcas más largas, dándole preferencia a las de 12 hileras en promedio y con granos grandes de color amarillo-cremoso de tipo harinoso.

#### **4.5.3 Conocimiento tradicional del maíz de húmedo raza Jala**

El maíz es la base fundamental para la alimentación de los mexicanos, y es parte esencial del proceso histórico, económico, social y cultural del país. Dentro del conocimiento tradicional, las prácticas culturales para la siembra de maíz comprenden la preparación del suelo, selección de semillas, siembra, control de malezas y fertilización; así como otras actividades que pueden determinar directa o indirectamente los rendimientos. La FAO (1998) hace mención que considerando la tierra y sus factores limitantes, así como el potencial genético del cultivo, el manejo es, en última instancia, el factor determinante de la productividad; sin embargo, para Damián *et al.* (2007), el manejo de este cultivo considera dos aspectos principalmente: a) las prácticas agrícolas, que incluyen la preparación del suelo, fecha de siembra, labores de cultivo, fertilización, densidad de siembra, combate de plagas y enfermedades; y b) la forma como éstos combinan los factores de la producción en cada una de las prácticas. El maíz es un eje en el cual se asocian otros cultivos, así como la economía, las creencias, los ciclos rituales anuales, distintas formas de organización en la vida cotidiana y el trabajo (Blanco, 2006; González, 2007). Trejo (2002) señala que en México existen principalmente los siguientes sistemas de producción en las comunidades rurales: para autoconsumo, el cual se caracteriza por la producción en pequeñas superficies, con uso intensivo de la mano de obra familiar, y los sistemas donde los excedentes se comercializan.

El barbecho, rastreo, siembra, cultivos y paletéo (paso de arado de vertedera que se da después de la primera escarda) se lleva a cabo principalmente con la ayuda de la fuerza animal, debido a que las extensiones de superficie de siembra son menores a 10 ha, siendo esto un factor importante para elegir el tipo de energía que se debe emplear para las prácticas agrícolas (Anónimo, 1992; Cruz, 1994; Cruz, 2003; Pearson, 2003). De acuerdo con los datos obtenidos y haciendo una comparación entre los agricultores que emplean tractor y los que emplean yunta, los productores con menor superficie, como es el caso de los que siembran maíz de húmedo, mantienen el uso de tecnología tradicional. Para el manejo del cultivo, los agricultores de la región de Jala mencionan que las principales características que distinguen al maíz de húmedo es que prospera en humedad residual, es de ciclo largo, produce mazorcas largas, la planta es muy alta, por la forma de la mazorca, color de grano y tamaño del grano; por ello preparan el terreno entre los meses de diciembre y febrero; por lo que dicha actividad puede estar ligada con el solsticio invernal entre las culturas de occidente (Weigand y Beekman, 1999).

La siembra de este maíz se lleva a cabo durante la primer quincena del mes de abril, en humedad residual, los agricultores basados en sus tradiciones mencionan que esperan a que la “luna este maciza” (luna llena) para realizar la siembra, y se lleva a cabo de esta forma para que no se pique el maíz por la presencia de gorgojos, por lo que las mazorcas llenan mejor, dando como resultado una mejor cosecha. Desde épocas prehispánicas, se registra la recurrencia a la luna, para determinar el momento idóneo para la siembra, así como para tener una mejor producción del maíz, debido a que era fundamental la observación de los astros y formaba parte de la vida cotidiana de los pueblos mesoamericanos (Weigand y Beekman, 1999).

Para la siembra del maíz de húmedo se emplea mano de obra familiar y puede ser mecanizada o con yunta, aunque principalmente se utiliza yunta. La semilla se deposita entre los 10 y 15 cm de profundidad, la distancia entre surcos es de 80 cm y se maneja una densidad aproximada entre 30 y 40 mil plantas por ha.

De acuerdo con los datos obtenidos, la gran mayoría de los productores de maíz de húmedo disponen de pocos recursos para este cultivo, por lo que esto les lleva a realizar un uso estratégico de los recursos productivos de que disponen como su fuerza de trabajo, su tierra y sus semillas (Escobar, 2006). A este manejo se le denomina sistema tradicional, que

tiene como característica principal emplear mano de obra familiar como fuerza principal de trabajo y produce más de una población nativa, generalmente en pequeñas superficies (Santes, 2008).

Con respecto a la fertilización, los agricultores mencionan que anteriormente las corrientes hidrológicas arrastraban una gran cantidad de materia orgánica, por lo que no era necesaria la aplicación de fertilizantes químicos; sin embargo, con la reducción o escasez de agua que aporte los nutrientes requeridos para la fertilización del suelo, actualmente la mayoría de los agricultores (76.9%) emplea fertilizante químicos y su aplicación se lleva a cabo hasta el establecimiento del temporal, que es aproximadamente a mediados del mes de junio. La mayoría de los agricultores utiliza una mezcla comercial de fosfato diamónico (18-46-0) combinada con sulfato de amonio o urea; no hay aplicación de potasio. El 7.7% de los agricultores aplican abono orgánico, y señalan que lo hacen como en la década de los 1960s y mediados de los 1970s, cuando era común la incorporación de estiércol del ganado a las tierras. El 15.4% de los agricultores emplean la combinación de fertilizantes químicos y orgánicos para tener mejores resultados.

El 61.5% de los agricultores aplica herbicidas, mientras que el 38.5% no lo hace; sin embargo, el 84.6% sí utiliza insecticidas o fungicidas, mientras que el 15.4% no los aplica. Para el caso de las labores culturales el 92.3% de los agricultores mencionaron que emplean mano de obra familiar, mientras que el 7.7% emplea mano de obra de jornaleros.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo que menciona Parra (1991), quien afirma que la agricultura tradicional emplea empíricamente los mecanismos biológicos para el diseño de prácticas, regular procesos de producción, el uso de la fuerza de trabajo y de los bienes autorreproducibles, y se reduce el empleo de insumos. En algunos trabajos en regiones de México y Centroamérica, se indica que el manejo de factores como el clima, la pendiente, el espacio (vertical y horizontal), combinación de especies (frutales y cultivos, rotaciones), abonos orgánicos (estiércol, residuos de cosecha), entre otros, son actividades y contribuciones que aún se realizan por mano de obra familiar en la agricultura tradicional, cuyos principios son de gran importancia actualmente (Wilken, 1987).

Los agricultores realizan la cosecha de manera manual con mano de obra familiar exclusivamente y ésta se inicia a finales del mes de octubre y continúa durante noviembre. Esta actividad anteriormente estaba relacionada con el equinoccio de otoño entre las culturas

de occidente (Weigand y Beekmam, 1999). La mayoría de los agricultores “amogotan” primero y después cosechan, mientras que sólo uno cosechó directamente de la planta. Algunos dejan el rastrojo en la parcela para incorporarlo en el siguiente ciclo agrícola y otros lo utilizan como alimento para el ganado o lo venden como rastrojo.

La superficie destinada para rotación de cultivos es limitada. Se encontró que sólo el 15% de los agricultores realiza rotación de cultivo sembrando frijol o cacahuate. El 85% de los agricultores, además de sembrar maíz de húmedo, lo asocian con algún otro cultivo, como frijol y calabaza, mientras que otros lo hacen con jamaica. Estos datos muestran que los agricultores tienen la necesidad de realizar este tipo de asociación debido a que al tener cultivos asociados puede maximizar las interacciones agronómicas, que son técnicas tradicionales que aumentan la productividad con respecto a las modernas; por consiguiente, el agrupamiento de plantas con diferentes hábitos de crecimiento, follajes y estructuras radiculares emplea de forma más eficiente la energía solar, nutrientes y agua (Altieri, 1991). La trilogía maíz-fríjol-calabaza que mantienen los agricultores de la región de Jala beneficia la relación agua-suelo-planta-ambiente, pues las leguminosas (como frijol y haba) fijan nitrógeno atmosférico, el cual es usado por el maíz, mientras que la calabaza, con su amplio follaje y hábito rastrero, protege al suelo de la erosión, inhibe el crecimiento de malezas e impide la evaporación del agua (Rojas, 1991).

#### **4.6 Conclusiones**

La siembra del maíz raza Jala se practica en superficies aproximadas de 0.25 a 0.75 ha, principalmente para aprovecharlo en diferentes usos especiales y para participar en el concurso tradicional del elote. Los agricultores consideran importante sembrar este tipo de maíz porque contribuye con el abasto para el consumo de la familia, usándolo de manera tradicional principalmente como elote, tortilla y pozole, así como para la alimentación del ganado.

El concurso del elote es un factor determinante para la conservación del maíz raza Jala por cuestiones religiosas, de identidad, tradición, orgullo y satisfacción, además de que

presenta ventajas con respecto a otras variedades como es grano de buena calidad, forraje de buena calidad, mazorca larga y tamaño de totomoxtle apropiado para la envoltura de tamales.

Los agricultores entrevistados tienen en promedio 28.9 años sembrando maíz de húmedo y afirman que continuarán sembrándolo. Por otra parte, el promedio de edad de quienes lo sembraron en 2012 fue de 67 años y la mayoría de ellos tienen una edad que oscila entre 60 y 80 años de edad, no se percibe relevo generacional y se asume el riesgo de pérdida de este recurso fitogenético en el largo plazo.

#### **4.7 Referencias Bibliográficas**

- Aguilar C J A (2006)** Recuperación, conservación y aprovechamiento de la raza Jala de maíz: Una alternativa para las razas en peligro de extinción. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 126 p.
- Altieri M A (1991)** ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? Agroecología y Desarrollo. Revista de CLADES Núm. Esp. 1:1-11.
- Anonimo (1992)** The role of draught animal power in rural development. Proceedings of the International Seminar Held at Edinburg, Scotland. pp:2-12.
- Artís E G (2003)** Minifundio y fraccionamiento de la tierra ejidal parcelada. Estudios Agrarios 3:11-31.
- Ashwell A (2008)** Campesinos, la milpa y el maíz. Elementos 71:19-23.
- Bellon M R, A F Barrientos-Priego, P Colunga-García Marín, H Perales, J A Reyes A, R Rosales S, D Zizumbo-Villarreal (2009)** Diversidad y conservación de recursos genéticos en plantas cultivadas. *En: Capital Natural de México. Vol. II. Estado de Conservación y Tendencias de Cambio.* CONABIO. México, D.F. pp: 355-382.
- Benz B F, L Cheng, S W Leavitt, C Eastoe (2006)** El riego and early maize agricultural evolution. *In: Histories of Maize. Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication and Evolution of Maize.* Staller, J., R. Tykot, B. Benz (eds). Academic Press. San Diego, California, USA. pp:73-95.

- Blanco R J L (2006)** Erosión de la agrobiodiversidad en la milpa de los Zoque Popoluca de Sotepan: Xutuchincon y Aktevet. Tesis de doctorado en Antropología Social. Universidad Iberoamericana. México, D.F. 469 p.
- Briones R D (2007)** Resistencia a pudrición de mazorcas en poblaciones de maíz bajo mejoramiento participativo en el altiplano de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 66 p.
- Broda P J (2001)** La etnografía de la fiesta de la Santa Cruz: una perspectiva histórica. *In:* Cosmovisión, Ritual e Identidad de los Pueblos Indígenas de México. Broda J., F. Báez-Jorge (coord.). Consejo Nacional para las Culturas y las Artes y Fondo de Cultura Económica. México, D.F. pp:165-238.
- Carballo C A, V A González H (1979)** Maíz en el valle de México y la región de Tlalmanalco-Amecameca-Juchitepec. Circular CIAMEC No. 113. INIA. SARH. Chapingo, Edo. De México. 16 p.
- Casas A J, J R Repullo L, J Donado C (2003)** La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). Atención Primaria 31:527-538.
- Cruz L A (1994)** Tracción animal en la agricultura de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. 297 p.
- Cruz L A (2003)** La fuerza de tracción animal en el medio rural mexicano. *En:* Investigación en Animales de Trabajo para el Desarrollo Rural. Arriaga J, C., O. Castelán O., L. Velázquez B. (Comps.). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. de México. pp:31-42.
- Damián H M A, B Ramírez V, F Parra I, J A Paredes S, A Gil M, J F López O, A Cruz L (2007)** Tecnología y territorio: el caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala, México. Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía UNAM 63:36-55.
- Escobar M D A (2006).** Valoración campesina de la diversidad del maíz. Estudio de caso de dos comunidades indígenas en Oaxaca, México. Tesis de Doctorado. Universitat Autònoma de Barcelona. Barcelona, España. 218 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (1998)** Apoyo al fortalecimiento pro tempore del tratado de cooperación amazónica

Resultados y Recomendaciones del Proyecto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <http://www.fao.org/docrep/field/381313.htm> (consultado 30 de Noviembre de 2013).

**García E (1988)** Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana). 4ta ed. Instituto de Geografía. UNAM. México, D.F. 217 p.

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

**Gil M A, N M Álvarez C (2007)** El maíz criollo en la alimentación de las familias campesinas de Santiago Xalitzintla, Puebla. Colegio de Postgraduados *Campus* Puebla. Cholula, Puebla. México. 23 p.

**González E F C (2002)** Desarrollo de poblaciones para el mejoramiento participativo de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Licenciatura. Zamorano, Honduras. 40 p.

**González J A (2007)** Conversión social y cultural. De los agroecosistemas tradicionales a los alternativos en México. *En: Los Nuevos Caminos de la Agricultura: Procesos de Conversión y Perspectivas.* González J A, S del Amo R, F D Gurri G (coord.)Universidad Iberoamericana y Editorial García y Valadés Editores. México, D.F. pp. 59-95.

**Guerrero G R (1987)** Toneucáyotl. El Pan Nuestro de Cada Día. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D. F. 270 p.

**Guzmán G E, A León L (2005)** Multiactividad y migración campesina en el poniente de Morelos, México. *Política y Cultura* 23:103-120.

**Herrera C B E, A Macías-López, R Díaz R, M Valadez R, A Delgado A (2002)** Uso de semilla criolla y caracteres de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 25:17–23.

- Herrera-Cabrera B E, F Castillo-González, J J Sánchez-González, J M Hernández-Casillas, R A Ortega-Pazkca y M M Goodman (2004)** Diversidad del maíz Chalqueño. *Agrociencia* 38:191-206.
- Iltis H H (2006)** Origins of polystichy in maize *In: Histories of Maize. Multidisciplinary Approaches to the Prehistory, Linguistics, Biogeography, Domestication, and Evolution of Maize.* Staller, J. E. R. H. Tykot, B. F. Benz (eds). Academic Press. San Diego, California, USA. pp:23-53.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2009)** Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Clave geoestadística 18007. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Jala, Nayarit. 9 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática) (2014)** Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo. Indicadores estratégicos. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes. 19 p.
- Kato Y T A, C Mapes S, L M Mera O, J A Serratos H, R A Bye B (2009)** Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Listman G M, F Pineda E (1992)** Mexican prize for the giant maize of Jala source of community pride and genetic resources conservation. *Diversity* 8:14-15.
- Mauricio S R A, J D Figueroa C, S Taba, M L Reyes V, F Rincón S, A Mendoza G (2004)** Caracterización de accesiones de maíz por calidad de grano y tortilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:213-222.
- Muñoz O A (2005)** Centli-Maíz. Prehistoria e Historia, Diversidad, Potencial, Origen Genético y Geográfico. 2ª edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 210 p.
- Museo Nacional de Culturas Populares (1987)** El Maíz, Fundamento de la Cultura Popular Mexicana. 3ª edición. García y Valadés Editores. México, D.F. 114 p.
- Ortega P R (2003)** La diversidad del maíz en México. *En: Sin Maíz no Hay País.* Esteva, G. y C. Marielle (Coords). CONACULTA. Museo Nacional de las Culturas Populares. México, D.F. pp:123-154.

- Parra V M (1991)** El agroecosistema: un concepto básico para entender el cambio tecnológico. *En: Memorias del Primer simposio Nacional Agricultura Sostenible: Una Opción para el Desarrollo sin Deterioro Ambiental.* Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. pp:51-70.
- Pearson R A (2003)** La fuerza de tracción animal: una revisión de la tecnología disponible en el mundo. *En: Investigación en Animales de Trabajo para el Desarrollo Rural.* Arriaga J., C., O. Castelán O., L. Velázquez B. (Comps.). Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. de México. pp:15-30.
- R Development Core Team. (2006).** Statistical Package for the Social Sciences (SPSS). Versión 15.
- Rojas R T (1991)** La agricultura en la época prehispánica. *En: Rojas R T, M Romero C, G Rodríguez, Von Wobeser, T Martínez (Coord) 1991. La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días.* México. Editorial Grijalbo, S.A. de C.V. pp 15- 138.
- Santes O R E (2008)** Maíz: variedades y técnicas de producción empleados por campesinos de la comunidad de Carrizal Papantla Veracruz. *Revista Intercultural.* Universidad Veracruzana. pp:30-34.
- Terán T A, M Terán (2008)** El Campo de México en un Agujero Negro. Historia y Soluciones. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Chapingo, Edo. de México. 223 p.
- Trejo H L (2002)** Estrategia para la producción de maíz: caso “Productora de maíz Teocintle” S.P.R. de R. I. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Cholula, Puebla, México. 164 p.
- Tuxill J, G P Nabhan (2001)** Plantas, Comunidades y Áreas Protegidas. Una Guía para el Manejo *in situ*. Vol. 3 Pueblos y Plantas. Fondo Mundial para la Naturaleza, UNESCO y Kew Gardens. Montevideo, Uruguay. 227 p.
- Valdivia-Bernal R, F J Caro-Velarde, R Medina-Torres, M Ortiz-Catón, A Espinosa-Calderón, V A Vidal-Martínez, A Ortega-Corona (2010)** Contribución genética del criollo Jala en variedades eloteras de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana.* México. 33(Núm. Esp. 4):63-67.

**Vega V D D, P Ramírez M (2004)** Situación y perspectivas del maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 56 p.

**Weigand P, C Beekman (1999)** La Civilización Teuchitlán. La Jornada, Suplemento Cultural. 210 (1-4). <http://www.jornada.unam.mx/1999/03/14/sem-teuchi.html>. Traducción de Alfonso Herrera Salcedo (consultado en noviembre 2013).

**Wilken G C (1987)** Good Farmers. Traditional Agricultural Resource Management in México and Central América. University of California Press. Berkeley and Los Angeles, California. USA. 309 p.

## **CAPÍTULO V**

### **ESTRATEGIA PROPUESTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL MAÍZ RAZA JALA**

#### **PROPOSED STRATEGY FOR CONSERVATION OF JALA MAIZE RACE**

## 5.1 Resumen

La diversidad presente en el maíz continúa siendo la base de la agricultura campesina mexicana. Dicha diversidad y adaptabilidad se relacionan con conocimientos y prácticas de cultivo por parte de estos agricultores, como la selección de semillas de la cosecha, el flujo de semillas entre agricultores y la asociación de tipos específicos con ambientes particulares. El sistema tradicional de uso del maíz es dinámico y se incorporan nuevos tipos mientras que otros se abandonan. La finalidad de este trabajo es proponer y llevar a la práctica una estrategia que permita conservar y generar una mayor diversidad local de las poblaciones de maíz de húmedo con características propias identificadas por los agricultores de la región. Es importante promover la participación de los jóvenes, pues la edad promedio de los productores oscila alrededor de los 67 años, aparentemente hay un envejecimiento poblacional, lo cual afectaría también la conservación del maíz en la medida en que los jóvenes abandonen el cultivo, por lo tanto, urge un relevo generacional. Esta propuesta plantea que la conservación sea una responsabilidad equitativa entre los científicos y agricultores; quienes son los encargados de generar un concepto de producción seguro, mediante metodologías generadas por el método tradicional y adaptado para su aplicación *in situ* por ellos mismos para que haya una mayor aceptación posible de las variedades que se obtengan.

**Palabras clave:** Diversidad genética, *ex situ*, *in situ*, mejoramiento participativo, *zea mays*

## 5.2 Abstract

The present diversity in maize remains the basis of the Mexican peasant agriculture. Such diversity and adaptability are related to knowledge and cropping practices by these farmers such as seed selection to harvest, seed flow among farmers and the association of specific types with particular environments. The traditional use system of maize is dynamic and new types are incorporated while others are left out. The purpose of this paper is to propose and implement a strategy to retain and generate greater local diversity of humid populations maize with characteristics identified by farmers in the region. It is important to promote the participation of young people, as the average age of farmers fluctuates around 67, apparently there is population aging, which also affects the conservation of maize in the extent to which young people from dropping the crop out so therefore it urges a generational shift. This proposal raises that conservation is an equal responsibility between scientists and farmers; who are responsible for generating a concept of safe production methodologies generated by the traditional method and adapted for *in situ* application by themselves so that there is a greater acceptance of the possible varieties obtained.

**Key words:** Genetic diversity, *ex situ*, *in situ*, participatory breeding, *zea mays*

### 5.3 Introducción

México es considerado centro de origen y centro de megadiversidad genética del maíz (*Zea mays* L.), el cual constituye una parte fundamental en la cultura y tradición de los pueblos. La diversidad genética es fundamental para conservar y mejorar la productividad de los cultivos agrícolas caracterizados por los diferentes agroclimas presentes en los nichos de cada región (Altieri, 2003).

En la actualidad una de las causas de pérdida de la diversidad genética de las poblaciones de maíz nativo es la utilización de variedades mejoradas en los nichos agroecológicos locales, y cuando dichas variedades son empleadas en temporal generalmente no son la mejor opción; como consecuencia, algunas poblaciones de razas de maíz están en riesgo de extinción, entre ellas se encuentra la raza Jala del municipio de Jala, Nayarit, la cual producía una mazorca con longitudes superiores a los 50 cm (Kempton, 1924). La raza Jala en los últimos años ha sufrido erosión genética, provocando reducción en su longitud de mazorca y altura de planta, al igual que otras razas como Tehua, Zapalote Grande, Palomero Toluqueño, Blando de Sonora, Zamorano Amarillo, Chapalote y Elotero de Sinaloa, para las cuales no existen proyectos para su conservación y para su aprovechamiento en mejoramiento genético (Aguilar, 2006).

En México los agricultores cultivan sus variedades locales o criollas de maíz de manera tradicional en sus localidades, generando una diversidad genética *in situ* y conservándola al reproducirlas de una generación a otra, pudiendo llegar a formar nuevos tipos, variedades o razas (Hernández, 1972; Dobzhansky, 1982); como resultado de lo anterior, se cuenta con una base genética amplia en las razas de maíz formada durante cientos de años de desarrollo y adaptación a tipos de suelo y microclimas particulares (Louette y Smale, 1996; Norman y Douglas, 1996; Kotschi, 2008).

Por otra parte la modernización de la agricultura es un factor importante que ha contribuido a la reducción de la diversidad genética del maíz en los agroecosistemas tradicionales de México y de otros países (Arias-Reyes *et al.*, 2006), por lo que la protección de tal diversidad presente en el cultivo de maíz en pequeña escala requiere la protección de más de dos millones de agricultores marginados (Herrera *et al.*, 2000), siendo los agricultores los encargados de resguardar y conservar el germoplasma nativo de maíz, incluso modifican la

diversidad genética presente en cada una de sus localidades mediante el intercambio, flujo genético y experimentación de nuevas semillas (Kato *et al.*, 2009); consecuentemente, ellos mantienen las variedades locales tradicionales que pasan de una generación a otra, de acuerdo con sus necesidades, al identificar, seleccionar y cultivar lotes de semillas que conforman conjuntos homogéneos, y hacen de una variedad local o nativa una unidad fenotípica bien definida que corresponde a una población (Louette y Smale, 1996; Herrera *et al.*, 2000).

En estas circunstancias los sistemas de producción agrícola tienen una gran diversidad y complejidad generada por las diferencias culturales y socioeconómicas de las diferentes regiones agrícolas, incluyendo también los aspectos físicos, suelos, climas, vegetación y altitud (Granados-Sánchez *et al.*, 2004).

En este contexto, se presentan diferencias en morfología y en capacidad de rendimiento entre los tipos de maíz de una región determinada, y también a través del tiempo, por lo que para el aprovechamiento y la conservación de algunos tipos de maíces locales en condiciones de agricultura tradicional, es conveniente conocer de manera detallada la variación entre poblaciones (Castillo, 1993; Herrera-Cabrera *et al.*, 2013).

El resguardo de la diversidad genética disponible en los sistemas agrícolas se puede realizar bajo dos modalidades de conservación: *ex situ* e *in situ*, donde los dos tipos de conservación actualmente son empleados principalmente en cultivos básicos como el maíz o especies de mayor demanda o interés (Santacruz y de la O, 2006).

En el caso de la conservación *ex situ*, se reubica el material vegetal de su lugar de origen a un sitio foráneo en el cual será resguardado en un banco de germoplasma como material vegetativo o como planta en un jardín botánico, facilitando la identificación del material genético mediante información detallada del material. Se dispone de un gran número de accesiones que están en condiciones deseables, por lo tanto la probabilidad de pérdida del material es relativamente baja, aunque enfrenta dificultades de financiamiento y compromiso institucional, aun cuando existen programas gubernamentales que la apoyan y buscan hacerla más eficiente (Jarvis *et al.*, 2006).

Por otro lado, la conservación *in situ* se genera en el hábitat natural de las especies cultivadas, lo que permite que los procesos evolutivos continúen y la preservación en los campos de los agricultores ocurre bajo su manejo, permitiendo la sostenibilidad a largo plazo, debido a la continua disponibilidad de variación genética; además, se puede tener un gran

número de especies en un solo sitio (Jarvis *et al.*, 2006; Gil, 2006). Las dos estrategias mencionadas pueden considerarse como complementarias (Altieri y Merrick, 1987; Rice, *et al.*, 2006).

En la comparación de los efectos de la conservación *in situ* y *ex situ* se ha encontrado una disminución en la diversidad genética dentro de accesiones de cebada (*Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*), la cual está involucrada con el tiempo de almacenaje y de la regeneración *ex situ* (Parzies *et al.*, 2000) así como también diferencias fenotípicas entre las variedades de maíz Hopi conservadas *in situ* y el germoplasma conservado *ex situ* (Soleri y Smith, 1995); por tanto, es importante la conservación *in situ* y se debe utilizar como complemento a la *ex situ* ya que se mantiene la compleja interacción entre las poblaciones cultivadas localmente debido a que es una forma de mantener y contribuir a la compleja interacción entre las poblaciones tradicionales y la recombinación genética que es una de las cualidades genéticas de las poblaciones de maíz de los agricultores (Almekinders y Boef, 2000).

En México se han realizado algunos trabajos relacionados con la diversificación, conservación del maíz, y la investigación participativa en las principales regiones de diversidad del maíz (Turrent y Serratos, 2004).

Para mejorar las variedades locales, mantener la diversidad genética y hacer selección de características de interés en un sistema tradicional y sostenible se ha propuesto como una estrategia potencial al fitomejoramiento participativo (Eyzaguirre e Iwanaga, 1996; Witcombe y Joshi, 1996), el cual influye en procesos de autosostenibilidad de producción de semilla y obtención de variedades mejor adaptadas a los sistemas tradicionales de cultivo en comunidades de pequeños agricultores (Toledo-Machado *et al.*, 2006).

El método de fitomejoramiento participativo empleado en la obtención de variedades criollas de maíz mejoradas combina la adaptación específica con caracteres de interés para pequeños agricultores (Rosas-Sotomayor *et al.*, 2006). Los agricultores en su sistema tradicional de cultivo emplean la selección masal empírica para la selección y mantenimiento de poblaciones criollas de maíz; en cambio, el mantenimiento y producción de semillas en variedades mejoradas por hibridación se realiza con métodos de desespigamiento en surcos de plantas usados como progenitor femenino alternados con surcos de plantas del progenitor masculino (CIMMYT, 1999), por lo que estos esquemas también han sido aplicados como estrategia de selección y mantenimiento de poblaciones de maíz (Rincón y Ruíz, 2004).

Por otra parte, para la conservación de la riqueza genética de razas en peligro de extinción un método práctico, económico y sencillo que se puede utilizar es la formación de compuestos a partir de un grupo de variedades, subrazas o razas (Wellhausen, 1966); dichos compuestos pueden incrementar la cantidad de genes que determinan uno o varios caracteres que están involucrados en la formación de una mayor cantidad de genotipos deseables (Hallauer y Eberhart, 1966; Wellhausen, 1966; Singh, 1980).

Al generar un conocimiento adecuado de las poblaciones nativas en sus caracteres de valor y herencia, pueden aprovecharse, conservarse y protegerse de una manera más adecuada (Sevilla y Holle, 2004); por consiguiente, el conocimiento que tienen los agricultores sobre sus poblaciones locales les permite identificar las más sobresalientes con sus caracteres distintivos; de igual manera, se deben tomar en cuenta las tradiciones y usos locales de cada una de las poblaciones para identificar mejor las características a conservar y utilizar.

#### **5.4 Propuesta para la conservación y aprovechamiento *in situ* y *ex situ* de la raza Jala**

Para la conservación *in situ* de la diversidad genética del cultivo del maíz de húmedo raza Jala, es necesario diseñar esquemas para garantizar la continuidad de los agroecosistemas a fin de preservar la raza y variedades existentes, así como generar documentos del conocimiento tradicional de las localidades para el futuro, como también *ex situ*, en bancos de germoplasma. La estrategia debe abarcar los siguientes elementos:

- ✓ **Reconocer la importancia de la diversidad genética del maíz de húmedo como patrimonio universal y nacional.** Esto requiere de una atención inmediata para su protección, conservación y uso adecuado, mediante el uso de herramientas de sensibilización pública con el apoyo de diferentes instituciones tanto públicas como privadas, en los ámbitos social, cultural, político y económico.
- ✓ **Generación de conocimiento.** Conocer la diversidad genética de maíz local, así como sus usos locales para identificar colectas sobresalientes con caracteres específicos, como por ejemplo selección para maíces pozoleros.

- ✓ **Generación de programas.** Se debe contemplar la formación de recursos humanos con capacidad de liderazgo, con ideología clara de agentes de desarrollo agrícola regional y con conciencia clara de los recursos naturales existentes en las comunidades; por consiguiente, se deben promover actividades educativas sobre la conservación de los recursos genéticos y prevenir la erosión genética mediante la participación de diferentes actores académicos, sociales y gubernamentales (municipales, estatales y nacionales) con un particular énfasis en la participación de los agricultores, así como fomentar el desarrollo de prácticas relacionadas con la agroecología. Entre las acciones que pueden establecerse son la promoción del cultivo de maíz mediante la creación de incentivos directos o indirectos a los agricultores, para establecer áreas de conservación funcionando como herramienta fundamental. Un incentivo indirecto es establecer programas de mejoramiento genético en las comunidades locales y con los agricultores en donde ellos puedan beneficiarse de forma rápida con los materiales genéticos obtenidos. Un incentivo directo podrían ser apoyos económicos a productores mediante créditos, o bien a través del Programa de Apoyos Directos al Campo (PROAGRO PRODUCTIVO), pero basados en un programa que integre la participación de los sistemas educativos y actores directos con el sector agrícola como agentes de supervisión para asegurar que los apoyos sean aplicados en la producción y conservación de las poblaciones de maíz de húmedo.
- ✓ **Un programa de mejoramiento genético.** Este sería de gran ayuda para los agricultores, ya que la selección que normalmente realizan no es suficiente. El mejoramiento genético puede realizarse con las poblaciones identificadas como superiores para generar plantas con características específicas. Como primer paso para la conservación *in situ* hacer una colección de mazorca para tenerla como población base siguiendo los criterios que establezcan los agricultores locales de selección de mazorcas (250 o más) para formar un compuesto balanceado, identificando las características principales del maíz de húmedo, para que se sigan conservando.
- ✓ **De esta colección almacenar 20 kg de semilla básica** a largo plazo en un banco de germoplasma para conservarla *ex situ*.
- ✓ **Utilizar 20 kg para recombinarlos** realizando una selección masal estratificada, posteriormente hacer tres ciclos de selección recurrente de familias de medios

hermanos o hermanos completos, dependiendo de la diversidad presente en la región, producto del flujo genético, entre otros factores.

- ✓ **De esta selección almacenar 20 kg de semilla básica** a largo plazo en un banco de germoplasma para tenerla conservada.
- ✓ **A partir de esta selección cada 8 años se pueden integrar nuevas muestras regionales** al compuesto para obtener la diversidad que se esté generando en las poblaciones debido al ambiente (factores bióticos y abióticos), la interacción entre genotipo y ambiente, así como la mano del hombre.
- ✓ **Seleccionar poblaciones con características deseadas para su mejoramiento genético** y así darle un valor mayor a esas poblaciones como por ejemplo tener poblaciones con buena calidad y cantidad de totomoxtle para uso comercial o industrial.
- ✓ **Realizar monitoreo cada 5 años mediante marcadores moleculares** para observar el comportamiento de la variabilidad que se vaya generando para determinar si hay evolución de dicha variabilidad.
- ✓ **Promover ferias de intercambio de semilla entre agricultores.** Es como actividad complementaria que puede fomentar la conservación del maíz de húmedo, el intercambio resultaría un buen mecanismo para aproximar a los agricultores y consumidores, permitiría el intercambio de semilla entre agricultores y podría servir para hacer recombinaciones entre sus poblaciones; además, se debe fomentar la participación de los jóvenes. Promover a nivel nacional el concurso del elote. La participación de los jóvenes es de suma importancia ya que de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, la edad promedio de los productores de maíz oscila alrededor de los 67 años de edad, aparentemente hay un envejecimiento poblacional, lo cual afectaría también la conservación del maíz en la medida en que los jóvenes abandonen el cultivo; por lo tanto, urge un relevo generacional.
- ✓ **Generación de bancos comunitarios de semillas de maíz de húmedo.** Donde se dispondría de semilla para siembra y el resguardo de la diversidad.
- ✓ **Creación de redes de colaboración entre investigadores de las instituciones,** agentes de la sociedad civil, empresas, organizaciones, comunidades y personas procedentes de los sectores de la agricultura, el medio ambiente y desarrollo,

generando un modelo innovador de desarrollo sustentable, que se traduzca en una nueva estructura organizada de vinculación y desarrollo que fomente la integración de actividades y proyectos, estableciendo un mecanismo de intercambio y cooperación.

- ✓ **Establecer vínculos de comunicación entre agricultores e instituciones.** Realizar talleres de capacitación para los agricultores; generando modelos de desarrollo alternativo para las comunidades donde son actores activos en la generación de estos modelos y toman decisiones para dicho desarrollo.
- ✓ **Establecer vínculos con las oficinas y técnicos responsables del ordenamiento territorial y la planificación agropecuaria.** De este modo las áreas de conservación se integran en los planes respectivos.
- ✓ **Analizar y proponer la derogación de incentivos** que atenten contra la conservación de la diversidad genética del maíz de húmedo. Garantizar un precio seguro para el productor principalmente a los que siembran maíz de húmedo, así como un seguro contra desastres naturales.

## 5.5 Conclusiones

Esta propuesta permitirá generar una diversidad de la raza Jala para su conservación *in situ* y *ex situ* por el intercambio de la riqueza genética originada en el campo de los agricultores, evitando que cambios por el ambiente pasen desapercibidos en el tiempo.

Se abre la posibilidad para que la conservación sea una responsabilidad equitativa entre los científicos y agricultores, quienes son los encargados de generar un concepto de producción seguro, mediante metodologías generadas por el método tradicional y adaptado para su aplicación *in situ* por ellos mismos para que haya una mayor aceptación posible de las variedades que se generen.

## 5.6. Referencias Bibliográficas

- Aguilar C J A (2006)** Recuperación, conservación y aprovechamiento de la raza Jala de maíz: Una alternativa para las razas en peligro de extinción. Tesis Doctoral. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. México. 126 p.
- Almekinders C, W Boef (2000)** El reto de la colaboración en el manejo de la diversidad genética de los cultivos. *LEISA* 15:5-8.
- Altieri M A, L C Merrick (1987)** *In situ* conservation of crop genetic resources through maintenance of traditional farming systems. *Economic Botany* 41:86-96.
- Altieri M A (2003)** Aspectos socioculturales de la diversidad del maíz nativo. *In: Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in Mexico*. Commission for Environmental Cooperation. Montreal, Canada.
- Arias-Reyes L, L Latournerie-Moreno, D Jarvis, D Williams, J Chavez-Servia, E Sauri-Duch (2006)** *In situ* conservation of agricultural biodiversity of milpa in Yucatan. Proceedings of the International Conference of the Ecological Society of America. Mérida, Yucatán <http://abstracts.co.allenpress.com/pweb/esai2006/document/58909> (Consultado Noviembre 2013).
- Castillo G F (1993)** La variabilidad genética y el mejoramiento de los cultivos. *Ciencia* 44:69-79.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) (1999)** Desarrollo, Mantenimiento y Multiplicación de Semilla de Variedades de Polinización Libre. 2<sup>a</sup> edición. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México, D. F. 11 p.
- Dobzhansky T (1982)** Genetics and the Origin of Species. Series: The Columbia Classics in Evolution. Columbia University Press. New York, USA. 364 p.
- Eyzaguirre P, M Iwanaga (1996)** Farmers' contribution to maintaining genetic diversity in crops, and its role within the total genetic resources system. *In: Participatory Plant Breeding*. Proceedings of a Workshop on Participatory Plant Breeding. 26-29 July 1995. Wageningen, The Netherlands. P Eyzaguirre, M Iwanaga (eds.). IPGRI, Rome, Italy. pp: 9-18.
- Gil M A (2006)** Conservación *in situ*. *En: Recursos Fitogenéticos en México para la Alimentación y la Agricultura*. Informe Nacional 2005. Molina M., J. C., L. Córdova

- T. (eds.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Edo. de México. pp:20-50.
- Granados-Sánchez D, M A Hernández G, G F López R (2004)** Estudio integral del valle de Tehuacán-Cuicatlán: recursos genéticos de plantas. *En: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales*. Chávez-Servia, J. L., J. Tuxill, D. I. Jarvis (eds.). Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos, Cali, Colombia. pp:97-109.
- Hallauer A R, S A Eberhart (1966)** Evaluation of synthetic varieties of maize for yield. *Crop Science* 6:423-427.
- Hernández X E (1972)** Exploración etnobotánica en maíz. *Fitotecnia Latinoamericana* 8:46-51.
- Herrera C B E, F Castillo G, J J Sánchez G, R Ortega P, M M Goodman (2000)** Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones de maíz en una región: caso la raza Chalqueño. *Revista Fitotecnia Mexicana* 23:335-354.
- Herrera-Cabrera B E, F Castillo-González, R A Ortega-Pazcka, A Delgado-Alvarado (2013)** Poblaciones superiores de la diversidad de maíz en la región oriental del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 36:33-43.
- Jarvis D I, L Myer, H Klemick, L Guarino, M Smale, A H D Brown, M Sadiki, B Sthapit, T Hodgkin (2006)** Guía de capacitación para la conservación *in situ* en fincas. Versión 1. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Roma, Italia. 189 p.
- Kato Y T A, C Mapes S, L M Mera O, J A Serratos H, R A Bye B (2009)** Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F. 116 p.
- Kempton J H (1924)** Jala maize: a giant variety from Mexico. *Journal of Heredity* 15:337-344.
- Kotschi J (2008)** Transgenic crops and their impact on biodiversity. *GAIA* 17:36-41.
- Louette D, M Smale (1996)** Genetic diversity and maize seed management in a traditional Mexican community: implications for *in situ* conservation of maize. Natural Resources Group Paper 96-03. CIMMYT. México, D.F. 21 p.

- Norman D, M Douglas (1996)** Desarrollo de Sistemas Agrícolas y Conservación del Suelo. Series FAO: Gestión de Sistemas de Explotación Agrícola 7. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 220 p.
- Parzies H K, W Spoor, R A Ennos (2000)** Genetic diversity of barley landrace accessions (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) conserved for different lengths of time in *ex-situ* gene banks. *Heredity* 84:476-486.
- Rice E B, M E Smith, S E Mitchell, S Kresovich (2006)** Conservation and change: a comparison of *in situ* and *ex situ* conservation of Jala maize germplasm. *Crop Science* 46:428-436.
- Rincón S F, N A Ruiz T (2004)** Comparación de estrategias de selección y manejo aplicadas a una población criolla de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27(Núm. Esp. 1):33-37.
- Rosas-Sotomayor J C, O Gallardo-Guzmán, J Jiménez-Torres (2006)** Mejoramiento de maíces criollos de Honduras mediante la aplicación de metodologías de fitomejoramiento participativo. *Agronomía Mesoamericana* 17:383-392.
- Santacruz V A, M de la O O (2006)** Utilización de los recursos fitogenéticos. *En: Recursos Fitogenéticos en México para la Alimentación y la Agricultura. Informe Nacional 2005.* Molina M., J. C., L. Córdova T. (eds.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y Sociedad Mexicana de Fitogenética. Chapingo, Edo. de México. pp:109-129.
- Sevilla P R, M Holle O (2004)** Recursos Genéticos Vegetales. Luis León Asociados S. R. L. Lima, Perú. 445 p.
- Singh N N (1980)** Development of elite composite varieties. *In: Breeding, Production and Protection Methodologies of Maize in India.* Singh J. (ed). All-India Coordinated Maize Improvement Project. Indian Agriculture Research Institute. New Delhi. pp:64-69.
- Soleri D, S E Smith (1995)** Morphological and phenological comparisons of two Hopi maize varieties conserved *in situ* and *ex situ*. *Economic Botany* 49:56-77.
- Toledo-Machado A, J Arcanjo-Nunes, C Torres T M, L Lourenço-Nass, F Candido-da Rocha Bettero (2006)** Mejoramiento participativo en maíz: su contribución en el empoderamiento comunitario en el municipio de Muqui, Brasil. *Agronomía Mesoamericana* 17:393-405.

- Turrent A, J A Serratos (2004)** Context and background on maize and its wild relatives in Mexico. *In: Maize and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maize in Mexico.* Comission for Environmental Cooperation. Montreal, Canada. pp:1-55.
- Wellhausen E J (1966)** Germoplasma exótico para el mejoramiento del maíz en los Estados Unidos. Trad. A. Carballo. Folleto de Investigación No. 4. CIMMYT. México, D.F. 16 p.
- Witcombe J, A Joshi (1996)** Farmer participatory approaches for varietal breeding and selection and linkages to the formal seed sector. *In: Participatory Plant Breeding. Proceedings of a. Workshop on Participatory Plant Breeding. 26-29 July 1995.* Wageningen, The Netherlands. P Eyzaguirre, M Iwanaga (eds). IPGRI, Rome, Italy. pp:57-65.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo con los objetivos planteados en esta investigación, se obtuvieron resultados a partir de los cuales se puede concluir de forma general que:

Los caracteres morfológicos de espiga, grano y mazorca fueron eficientes en discriminar entre genotipos. Se encontró una disminución en la diversidad fenotípica entre las poblaciones del maíz raza Jala evaluadas, así como de sus características distintivas como son altura de planta y longitud de mazorca. El agrupamiento resultante del análisis de conglomerados y las distancias relativamente pequeñas entre grupos de las diferentes localidades sugiere una base genética común entre dichas poblaciones.

Aunado a esta disminución en la diversidad fenotípica y considerando que se está disminuyendo la disponibilidad de agua en el valle de Jala y que los suelos de humedad residual se han reducido notablemente, la profundidad de siembra se convierte en un factor crítico para el establecimiento del maíz raza Jala; es por ello que se considera necesario realizar una selección de genotipos que tengan mayor capacidad para emerger a mayores profundidades de siembra y lograr un mejor establecimiento de plántulas en campo, como la evidenciaron algunas de las poblaciones evaluadas, cuyas plántulas fueron capaces de emerger aun en profundidades de siembra de 20 cm.

El concurso del elote es un evento estratégico en la conservación del maíz raza Jala, que conlleva aspectos de identidad, tradición, orgullo y satisfacción para quienes lo cultivan, fundamentalmente por presentar ventajas con respecto a otras variedades como grano de buena calidad, forraje de buena calidad, mazorca larga y tamaño de totomoxtle apropiado para envoltura de tamales.

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### ENCUESTA PARA PRODUCTORES QUE ACTUALMENTE CULTIVAN MAÍZ DE HUMEDO

##### DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR

Nombre: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_ Años Sexo: \_\_ Estado Civil: \_\_\_\_\_  
Escolaridad: \_\_\_\_\_ Comunidad: \_\_\_\_\_ Municipio: Jala Fecha: \_\_\_\_\_

##### Ingresos Familiares

###### ¿Qué actividades realiza usted?

ACTIVIDAD	INGRESO EN %
Agricultura	
Ganadería	
Actividad fuera del campo	
Otra (especificar)	

ACTIVIDAD	DIAS/SEMANA
1. Jornalero	
2. Albañil	
3. Carpintero	
4. Otra	

1. ¿Cuántos años tiene usted como agricultor? \_\_\_\_\_
2. ¿Cuántos años tienes usted cultivando maíz? \_\_\_\_\_
3. ¿Cuántos años tienes usted cultivando maíz de húmedo? \_\_\_\_\_
4. ¿Cultiva el maíz d húmedo todos los años?

1. SI ( ) ¿Por qué?	2. NO ( ) ¿Por qué?
Por tradición	Por los altos costos
Para asegurar el alimento	Por falta de tiempo
Por los apoyos que recibe	Porque no hay quien le ayude
Por la calidad del elote	Porque no tiene terreno suficiente
Por la calidad del forraje	Porque este maíz rinde poco
Otra razón	Otra razón

5. ¿Cuál es la superficie total con la que usted cuenta? \_\_\_\_\_ ha
6. De esta superficie, ¿cuánto destina para el cultivo de maíz de húmedo? \_\_\_\_\_ ha
7. ¿Qué tipo de tenencia tiene? Ejidal ( ) Pequeña propiedad ( ) Otra: \_\_\_\_\_

##### USO Y APROVECHAMIENTO

8. Aproximadamente ¿Cuál es el rendimiento del maíz de húmedo por hectárea? \_\_\_\_\_
9. ¿Cuánto produjo de este maíz en 2011? \_\_\_\_\_
10. Del maíz de húmedo que produjo en 2011 ¿cómo lo distribuyó?
  1. venta: \_\_\_\_\_ kg. ....Precio de venta: \$ \_\_\_\_\_ Unidad de medida: \_\_\_\_\_
  2. consumo: \_\_\_\_\_ kg
  3. semilla: \_\_\_\_\_ kg
  4. otros: \_\_\_\_\_ kg Especificar: \_\_\_\_\_
11. ¿Qué usos le da al maíz de húmedo?
  1. Tortillas ( )
  2. Elotes ( )
  3. Gorditas de horno ( )
  6. Pozole ( )
  7. Venta de grano ( )
  8. Venta de mazorcas ( ) ¿Precio mazorca? \_\_\_\_\_

4. Forraje ( )      9. Para artesanías ( )    ¿Qué parte usa? \_\_\_\_\_  
 5. Hoja para tamales ( )      10. Otros: \_\_\_\_\_
12. ¿Realiza alguna de las siguientes prácticas?  
 1. Deshije ( )      2. Amogotado ( )      3. Molida de rastrojo ( )  
 4. Molida de grano ( )      5. Extracción de hoja ( )
13. ¿Qué hace con el rastrojo? 1. Lo quema ( )      2. Lo incorpora al suelo ( )  
 3. Lo vende ( )      4. Lo utiliza en la alimentación del ganado ( )      5. No lo aprovecha ( )
14. ¿Emplea alguna parte de la planta o mazorca para uso medicinal? 1. Sí ( ) ¿Qué parte? \_\_\_\_\_  
 ¿Qué función tiene? \_\_\_\_\_ 2. No ( )
15. ¿Considera que aún es redituable sembrar esta raza? Sí ( ) 2. No ( )
16. ¿Piensa seguir sembrando este maíz a futuro? 1. Sí ( ) 2. No ( ) ¿Por qué?  
 1. No es rentable ( )  
 2. Bajo precio ( )  
 3. Bajo rendimiento ( )  
 4. Altos costos de producción ( )  
 5. Falta de mano de obra (migración, desinterés) ( )  
 6. Otra razón (especificar) \_\_\_\_\_
17. ¿Cuenta con asesoría técnica y capacitación? 1. Sí ( ) ¿Quién la imparte? \_\_\_\_\_  
 2. No ( )
18. ¿Cuentan con algún tipo de apoyo económico para la producción? 1. Sí ( ) ¿De dónde viene el apoyo? \_\_\_\_\_  
 2. No ( )

19. ¿Qué sugiere para aumentar la producción de maíz en la zona? Elija las más importantes y el nivel de importancia de cada una

ACCIÓN	IMPORTANCIA DE LA ACCIÓN			
	POCA	MODERADA	IMPORTANTE	MUY IMPORTANTE
Más asesoría				
Créditos				
Fertilizantes con bajo costo				
Herbicidas con bajo costo				
Mejor precio de venta				
Mejor organización				
Centro de acopio				
Mejor maquinaria				
Seguro barato				
Investigación				
Otra _____				

### SELECCIÓN, ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE SEMILLA

20. ¿De dónde obtiene la semilla de maíz de húmedo que siembra cada año?  
 1. La selecciona ( ) 2. La compra ( ) **Pase a 22** 3. Otro origen \_\_\_\_\_
21. ¿Cuántos años tiene usted conservando su semilla? \_\_\_\_\_
22. ¿Ha intercambiado alguna vez semilla del maíz de húmedo? 1. Sí ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ ¿Con quién la intercambió? \_\_\_\_\_ 2. NO ( ) **Pase a 24.**
23. ¿En qué año fue la última vez en que adquirió semilla de otra persona? \_\_\_\_\_
24. ¿Ha cambiado su semilla de maíz de húmedo por algún otro tipo de semilla? Si ( ) ¿De qué tipo? 1. Mejorada ( ) 2. Criolla ( ) 3. Ambos tipos ( ) No ( )
25. ¿Ha vendido maíz de húmedo? 1. Sí ( ) ¿A quién? \_\_\_\_\_

2. No ( )

26. ¿Considera usted que su semilla es

1. pura? ( )

2. Está cruzada? ( ) ¿Esto es bueno o malo y por qué? \_\_\_\_\_

27. ¿Quién lleva a cabo la selección de la semilla para la siembra?

1. Esposo ( ) 2. Esposa ( ) 3. Otra persona (especificar) \_\_\_\_\_

28. ¿Por qué hace la selección esta persona?

1. Tiene más tiempo ( )

2. Tiene más cuidado al seleccionar ( )

3. Tiene más conocimiento para reconocer la semilla ( )

4. ¿Otra razón? \_\_\_\_\_

29. ¿Cuándo y cómo selecciona las mazorcas para obtener de semilla?

FORMA Y TIEMPO	CRITERIOS DE SELECCIÓN	IMPORTANCIA <sup>1</sup>
En campo, antes de la cosecha	1. Altura de la planta	
	2. Sanidad de la planta	
	3. Apariencia de la mazorca	
	4. Otros	
En campo, durante la cosecha	1. Aspecto de la planta	
	2. Tamaño de la mazorca	
	3. Sanidad de la mazorca	
	4. Tamaño del grano	
	5. Número de hileras	
	6. Color de grano	
	7. Otros	
En almacén	1. Uniformidad de la mazorca	
	2. Largo de la mazorca	
	3. Sanidad de la mazorca	
	4. Tamaño de grano	
	5. Color de grano	
	6. Número de hileras	
	7. Otros	

IMPORTANCIA DEL CRITERIO<sup>1</sup>. 1. Poco importante 2. Importante 3. Muy importante

30. ¿Qué hace con las mazorcas que empleará para semilla?

1. Las guarda hasta que se llega la siembra ( )

2. Las desgrana inmediatamente y guarda la semilla ( )

3. Otra (especificar) \_\_\_\_\_

31. ¿Cómo conserva las mazorcas o la semilla para siembra? \_\_\_\_\_

32. ¿Qué parte de la mazorca utiliza para semilla?

1. La parte media ( ) 2. La parte basal y media ( ) 3. Toda la mazorca ( )

33. ¿Por qué cree que la siembra del maíz de húmedo se ha venido reduciendo con el tiempo?

1. Siembra de otras variedades ( )

2. Baja rentabilidad del cultivo ( )

3. Construcción de carreteras ( )

4. Construcción de invernaderos ( )

5. Construcción de viviendas ( )

6. Pérdida de humedad de los suelos ( )

7. Siembra de agave, tabaco, etc. ( )

8. NO hay quien trabaje la tierra ( )

9. Se acama demasiado ( )

10. Otras causas: \_\_\_\_\_
34. ¿Tiene alguna sugerencia para motivar la siembra de maíz de húmedo? \_\_\_\_\_
35. ¿Por qué cree que debe seguirse sembrando este tipo de maíz? \_\_\_\_\_

### CONOCIMIENTO TRADICIONAL

36. ¿Qué hace usted para conservar la humedad del suelo en donde sembrará el maíz de húmedo?
37. ¿Considera que su suelo es menos húmedo ahora que antes? 1. Si ( ) 2. No ( ) ¿A qué lo atribuye? \_\_\_\_\_
38. ¿Considera usted que el maíz Jala es resistente a alguno de los siguientes problemas?
1. Sequía ( )
  2. Inundación ( )
  3. Suelos pobres ( )
  4. Enfermedades ( )
5. Plagas en campo ( )
6. Plagas en almacén ( )
7. Otra resistencia \_\_\_\_\_
39. ¿Cuál o cuáles son las principales características que distinguen al maíz de húmedo?
1. Prospera en humedad residual ( )
  2. Es de ciclo largo ( )
  3. Produce mazorcas largas ( )
  4. La planta es muy alta ( )
  5. Otra (especifique) \_\_\_\_\_
40. Además de la longitud ¿Qué otras características de grano y mazorca distinguen al maíz de húmedo?
1. Forma de la mazorca ( )
  2. Número de hileras ( )
  3. Color del grano ( )
  4. Tamaño del grano ( )
  5. Otra (especifique) \_\_\_\_\_
41. ¿Cuál es la fecha de siembra más recomendable? \_\_\_\_\_
42. ¿A qué profundidad siembra? \_\_\_\_\_
43. En los últimos años ¿ha tenido que sembrar a mayor profundidad? 1. Si ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_ 2. No ( )
44. ¿Cree usted que la profundidad de siembra puede convertirse en problema para el maíz de húmedo? 1. Si ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_ 2. No ( )
45. ¿Qué cantidad de semilla utiliza por hectárea? \_\_\_\_\_
46. ¿Qué tipo de fertilización realiza en su cultivo de maíz de húmedo? 1. Química ( ) 2. Orgánica ( )
3. Química y orgánica ( ) 4. Ninguna ( )
47. ¿qué tanto de fertilizante aplica por hectárea? (mencionar fuentes) \_\_\_\_\_
48. ¿Quién le dio la recomendación? \_\_\_\_\_
49. ¿Cómo la aplica? \_\_\_\_\_
50. ¿Utiliza herbicidas químicos? 1. Si ( ) 2. No ( )
51. ¿Utiliza algún insecticida o fungicida durante el ciclo del cultivo? 1. Si ( ) 2. No ( )
52. ¿Hace alguna rotación de cultivos en sus terrenos? 1. Si ( ) Especie: \_\_\_\_\_ 2. No ( )

53. ¿Siembra usted alguna otra especie con su cultivo de maíz? 1. Si ( ) ¿Cuál? \_\_\_\_\_  
 ¿Por qué ese cultivo? \_\_\_\_\_ ¿En qué etapa del  
 maíz de húmedo siembra el otro cultivo? \_\_\_\_\_ 2. No ( )

54. ¿Para realizar las siguientes labores culturales que tipo de mano de obra emplea?

Labores culturales	familiar	jornaleros
Preparación del terreno		
Siembra		
Fertilización		
Deshierbes		
Control de plagas y malezas		
Cosecha		
Desgrane		
Almacenamiento		

55. ¿Conoce de algo que se le practicaba al cultivo y que ahora ya no? 1. Si ( ) ¿Qué era lo que se  
 hacía? \_\_\_\_\_ 2. No ( )

56. ¿Hay alguna práctica especial que usted realice en el maíz de húmedo? 1. Si ( ) ¿Qué práctica?  
 \_\_\_\_\_ ¿En dónde lo aprendió? \_\_\_\_\_ 2. No ( )

57. ¿Considera usted que se está perdiendo el conocimiento tradicional sobre el manejo del maíz de  
 húmedo? 1. Si ( ) ¿A qué se debe? \_\_\_\_\_  
 ¿Qué se puede hacer para evitarlo? \_\_\_\_\_ 2. No ( )

58. ¿Cree que la luna afecte la siembra y la cosecha de maíz? 1. Si ( ) ¿En qué afecta? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ 2. No ( )

59. ¿Realiza alguna actividad en su cultivo en relación a la etapa de la luna? 1. Si ( ) ¿Qué realiza?  
 \_\_\_\_\_ 2. No ( )

60. ¿Cosecha en alguna etapa de la luna? 1. Si ( ) ¿En cuál? \_\_\_\_\_ ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ 2. No ( )

61. ¿Realiza alguna ceremonia especial en su parcela de maíz? 1. Si ( ) ¿Qué realiza y porqué lo  
 hace? \_\_\_\_\_ 2. No ( )

62. ¿Qué trabajos se realizan para producir maíz de húmedo en el ciclo y en qué fechas?

Actividad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Yunta	tractor
1. Barbecho														
2. Rastra														
3. Siembra														
4. Cultivada														
5. Paleteo														
6. Fertilización														
7. Fumigación														
8. Cosecha														
9. Otra actividad														

### CONCURSO DEL ELOTE

63. ¿Sabe cómo y desde cuándo surgió la idea de realizar el concurso del elote? 1. Si ( ) \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ 2. ( )

64. ¿Ha participado en el concurso del elote? 1. Si ( ) ¿Cuántas veces? \_\_\_\_\_ ¿Por qué  
 participa? a. Tradición ( ) b. Orgullo ( ) c. Reconocimiento de la comunidad ( )  
 d. Otra razón \_\_\_\_\_ 2. No ( )

65. ¿Cuál ha sido la mayor longitud de los elotes cosechados por usted? \_\_\_\_\_

66. ¿Considera que el concurso del elote ayude a la conservación del maíz de húmedo? 1. Sí ( ) 2. No ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

67. ¿Por qué cree que el maíz de húmedo produce mazorcas largas? \_\_\_\_\_

68. ¿Por qué cree que la longitud del elote ha disminuido en los últimos años? \_\_\_\_\_

69. ¿Qué ventajas tiene el maíz de húmedo comparado con otras variedades?

1. Útil para diversos usos ( )

2. Grano de buena calidad ( )

3. Elote de buena calidad ( )

4. Forraje de buena calidad ( )

5. Mazorca larga ( )

6. Tamaño del totomoxtle ( )

7. Otras \_\_\_\_\_

70. ¿Qué desventajas tiene el maíz de húmedo comparado con otras variedades?

1. Bajo rendimiento ( )

2. Problemas de acame ( )

3. Muy tardía ( )

4. Susceptible a plagas de almacén ( )

5. Poco totomoxtle ( )

6. Mala cobertura de la mazorca ( )

7. Otras \_\_\_\_\_

71. ¿Qué opina si en lugar del concurso del elote se realizara el concurso de la mazorca? \_\_\_\_\_

**¡Gracias por su colaboración!**