



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**“COMPORTAMIENTO FENOTÍPICO DE VARIEDADES SINTÉTICAS DE MAÍZ  
(*Zea mays* L.) RESISTENTE AL CARBÓN DE LA ESPIGA (*Sporisorium reilianum*)”**

**T E S I S**

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO  
FITOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**OCTAVIO CAMPOS PEÑA**

**ASESORES:**

**DR. JESÚS RICARDO SÁNCHEZ PALE**

**DR. ANDRÉS GONZÁLEZ HUERTA**

**CAMPUS UNIVERSITARIO “EL CERRILLO”, EL CERRILLO PIEDRAS  
BLANCAS MUNICIPIO DE TOLUCA, MÉX.**

**Marzo 2018**

## ÍNDICE

	Paginas
ÍNDICE DE CUADRO	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Objetivos .....	3
1.1.1 Generales .....	3
1.1.2 Específicos .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1 Historia del maíz .....	4
2.2 Importancia y producción del maíz en México .....	5
2.3 El cultivo del maíz.....	8
2.3.1 Característica botánicas del maíz.....	8
2.3.2 Composición química del maíz con otros cereales .....	9
2.4 Semilla del maíz .....	9
2.5 Factores que afectan la germinación de la semilla y desarrollo de la planta de maíz	11
2.6 Manejo del cultivo.....	14

2.6.1 Preparación del terreno .....	14
2.6.2 Selección de semilla.....	15
2.6.3 Densidad de siembra.....	15
2.6.4 Fertilización .....	16
2.6.5 Plagas y enfermedades del maíz .....	16
2.6.6 Carbón de la espiga.....	18
2.6.7 Control de malezas.....	19
2.6.8 Requerimientos climatológicos.....	19
2.6.9 Cosecha.....	20
2.7 Importancia de contar con variedades resistentes a enfermedades y plagas .....	20
2.8 Importancia de la diversidad .....	22
2.9 Ventaja del maíz criollo .....	23
2.10 Maíces híbridos .....	23
2.11 Maíces sintéticos .....	25
2.12 Mejoramiento genético.....	25
2.13 Técnicas de mejoramiento genético .....	26
2.13.1 Selección masal.....	27
2.13.2 Selección de mazorca por surco.....	28
2.13.3 Selección de familias hermanas .....	29
2.13.4 Hibridación .....	29

2.13.5 Hibridación varietal .....	30
2.14 Caracterización fenotípica .....	30
2.14.1 Carácter cualitativo .....	31
2.14.2 Carácter cuantitativo .....	31
2.15 Carácter de multiplicación.....	31
2.16 Diseño experimental.....	32
<b>III MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Ubicación del trabajo.....	33
3.2 Descripción de la zona del trabajo realizado.....	34
3.3 Manejo genético .....	34
3.4 Distribución de los tratamientos.....	35
3.5 Diseño y tamaño de la unidad experimental .....	36
3.5.1 Preparación del material .....	36
3.5.2 Preparación del suelo .....	36
3.5.3 Barbecho y rastreo .....	36
3.5.4 Riego.....	36
3.5.5 Siembra .....	37
3.6 Registro de datos .....	37
3.7 Colecta de la mazorca.....	37

3.8 Datos cualitativos y cuantitativos de la planta .....	38
3.9 Variables a evaluar .....	38
3.9.1 Características cuantitativas de la planta .....	38
3.9.2 Características cuantitativas de la mazorca .....	38
3.10 Análisis estadístico .....	39
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>40</b>
4.1 Resultado del análisis de varianza .....	40
4.1.1 Peso Total de Mazorca (PTM).....	40
4.1.2 Altura de planta (ADP).....	41
4.1.3 Diámetro de Mazorca (DDM).....	42
4.1.4 Longitud de la mazorca (LDM) .....	43
4.1. 5 Número de elotes (NDE) por parcela útil .....	44
4.1.6 Número de hileras por mazorca (NDH).....	45
4.1.7 Numero de mazorcas cosechadas (NMC).....	46
4.1.8 Número de plantas (NDP) por unidad experimental .....	47
4.1.9 Peso de seis mazorcas (P6M).....	48
4.1.10 Peso de grano (PDG) .....	49
4.1.11 Rendimientos de grano estimado .....	49
4.1.12 Separación de medias para las variables evaluadas .....	51
4.2 Discusión .....	56

<b>V CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>VI ANEXOS.....</b>	<b>61</b>
<b>VII BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>65</b>

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>pág.</b>
<b>Cuadro 1. Composición química de cuatro cereales basada en peso seco de cariósido o grano.</b>	<b>9</b>
<b>Cuadro 2. Nombre común y científico de algunos insectos-plaga y enfermedades del cultivo de maíz en México.</b>	<b>17</b>
<b>Cuadro 3. Requisitos de temperatura del cultivo de maíz.</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 4. Genotipos (Tratamientos) de maíz amarillo y blanco.</b>	<b>34</b>
<b>Cuadro 5. ANOVA para la variable peso total de mazorca (PTM).</b>	<b>41</b>
<b>Cuadro 6. ANOVA para la variable altura de la planta (ADP).</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 7. ANOVA para el variable diámetro de la mazorca (DDM).</b>	<b>43</b>
<b>Cuadro 8. ANOVA para la variable longitud de la mazorca (LMD).</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 9. ANOVA para la variable número de elote (NDE).</b>	<b>44</b>
<b>Cuadro 10. ANOVA para la variable número de hileras (NDH).</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 11. ANOVA para la variable número de mazorcas cosechadas (NMC).</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 12: ANOVA para la variable número de plantas (NDP).</b>	<b>47</b>
<b>Cuadro 13. ANOVA para la variable peso de seis mazorcas (P6M).</b>	<b>48</b>
<b>Cuadro 14. ANOVA para la variable peso de grano (PDG).</b>	<b>49</b>
<b>Cuadro 15. Estimación de rendimiento de grano del genotipo.</b>	<b>50</b>
<b>Cuadro 16. Resultados de la separación de medias de cada tratamiento por variable evaluada, realizada con la prueba de Tukey al 0.05%</b>	<b>51</b>
<b>Cuadro 17. Separación de medias de los valores promedio de las variables longitud de la mazorca (cm), número de elote (unidades), espigas color blanco, y</b>	<b>53</b>

<b>número de hileras realizadas con la prueba de Tukey al 0.05%.</b>	
<b>Cuadro 18. Resultados de la separación de medias en las variables número de mazorcas cosechadas (unidades), número de plantas (unidades), peso de seis mazorcas (Kg) y peso de grano (Kg) realizada con la prueba de Tukey al 0.05%.</b>	<b>55</b>

<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
	<b>pág.</b>
<b>Figura 1. Técnicas de mejoramiento en plantas Alógamas</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2. Técnicas de mejoramiento en plantas Autógamas</b>	<b>27</b>
<b>Figura 3. Distribución de los tratamientos de acuerdo al diseño de bloques al azar</b>	<b>35</b>

## RESUMEN

### **CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE OCHO GENOTIPOS DE MAÍZ (*Zea mays* L.) RESISTENTES AL CARBÓN DE LA ESPIGA (*Sporisorium reilianum*)**

**<sup>1</sup> Octavio Campos Peña. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista. Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas**

**Asesores: Dr. Jesús Ricardo Sánchez Pale y Dr. Andrés González Huerta**

<sup>1</sup> Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus Universitario El Cerrillo Piedras Blancas, Municipio de Toluca, México. C. P. 50200. Tel. (fax): (52)7222965529 y 2965518. Correo: tavvo2005@gmail.com

En el Valle de Toluca se disponen de pocas variedades sintéticas de maíz de testa blanca como amarilla; registrada y disponible para los productores. Uno de los pasos iniciales para su registro es la descripción fenotípica de cada material generado, por lo que se requiere que se describan fenotípicamente tres genotipos blancos y cinco genotipos amarillos originados, del programa de mejoramiento genético de la Universidad Autónoma del Estado de México y del Colegio de Posgraduados, y que se han adaptado a las condiciones ambientales del Valle de Toluca y que exprese tolerancia al carbón de la espiga del maíz. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las características agronómicas en ocho variedades sintéticas de maíz resistente al carbón de la espiga. Se estableció una parcela de durante el ciclo primavera-verano del 2016 en la facultad de ciencias agrícolas de la UAEM. La distribución de los tratamientos se realizó con un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables registradas fueron: número de plantas, color de espigas (blancas ó rojas), altura de la planta, numero de elote, numero de hileras de la mazorca, diámetro de la mazorca, peso

total de la mazorca, peso total de seis mazorcas, longitud de la mazorca, numero de mazorcas cosechadas y peso de grano. Los resultados indicaron que los ocho materiales sintéticos mostraron diferencia significativa entre los caracteres evaluados, destacando el genotipo Amarillo 21 y el genotipo blanco 25 para la producción de grano. Mientras que el genotipo amarillo 23 presentó características fenotípicas adecuadas para la producción de forraje.

## ABSTRACT

**PHENOTYPIC CHARACTERIZATION OF EIGHT MAIZE GENOTYPES** (*Zea mays* L.) **RESISTENT TO HEAD SMUTH** (*Sporisorium reilianium*).

<sup>1</sup>**Octavio Campos Peña. Agricultural Engineer Agronomist. Autonomous University of the State of Mexico. Faculty of Agriculture.**

**Thesis Advisers: Phd. Jesús Ricardo Sánchez Pale and Phd. Andrés González**

**Huerta**

<sup>1</sup>Autonomous University of the State of Mexico. Faculty of Agriculture. Campus El Cerrillo Piedras Blancas, Municipality of Toluca, Mexico. Z.P. 50200. Phone. (Fax): (52)7222965529 and 2965518. E-mail: tavvo2005@gmail.com

In the Valley of Toluca there are few synthetic varieties of corn with yellow and white testa, registered and available to producers. One of the initial steps for its registration is the phenotypical description of each generated variety, so it is required the phenotype description of three white genotypes and five yellow genotypes originated from the breeding program of the Autonomous University of the State of Mexico in conjunction with the Postgraduate College, and also, that they are already adapted to the environmental conditions of the Valley of Toluca and can express tolerance to corn head smuth. The objective of the present work was to evaluate the agronomic characteristics in eight synthetic varieties of corn, resistant to corn head smuth. A plot was established during the spring-summer cycle in the year 2016, in the Faculty of Agriculture at UAEM. The distribution of the treatments was carried out with a completely randomized block design with four repetitions. The registered variables were: number of plants,

tassel color (white or red), height of the plant, number of corn, number of rows of the ear, diameter of the ear, total weight of the ear, total weight of six ears of corn, length of the ear, number of harvested ears, and grain weight. The results indicated that the eight synthetic materials showed a statistically significant difference between the evaluated characters, detaching the Yellow 21 genotype and the White 25 genotype for grain production, while the yellow 23 genotype presented phenotypical characteristics which are suitable for forage production.

## I. INTRODUCCIÓN

Los cereales son especies que normalmente se cultivan de forma anual, su producción es por año cumpliendo su ciclo biológico. Si el clima presenta condiciones favorables, resulta posible obtener dos cosechas en el mismo año, dependiendo de las variedades, si son precoces o especies tardías (Reyes *et al.*, 2002)

El maíz pertenece a la misma familia botánica del centeno (*Secale cereale*), arroz (*Oryza sativa*), avena (*Avena sativa*), cebada (*Hordeum vulgare*) y trigo (*Triticum aestivum*), la poaceae o gramineae. Su origen es de aproximadamente 10,000 años, cuando los primeros habitantes de Mesoamérica domesticaron los teocintles, gramíneas muy parecidas al maíz que hasta la fecha se encuentran de maneras silvestre en algunas zonas del país y en Centroamérica (National Geographic, 2017). Por su alto contenido de valor nutritivo, este cereal destaca entre los más importantes a nivel mundial dentro de la nutrición humana y animal.

En América Latina los maíces (*Zea mays* L.) de granos blancos y amarillos se usan principalmente en la elaboración de tortillas y en la alimentación animal (Antolín *et al.*, 2009).

En México el maíz destaca su importancia en el sector social, cultural, y económico de la población mexicana. Es uno de los principales cultivos que se produce en México. Los hallazgos de este cereal se descubrieron en Tehuacán, en el estado de Puebla, permiten afirmar que los maíces criollos que ahora conocemos son el resultado de la evolución y selección en condiciones de cultivo (De la Torre, 2009).

Tosquy *et al.* (1995) indican que el uso de semilla mejorada es un elemento estratégico y clave para lograr incrementos en la productividad de maíz y la elección de una buena semilla es el primer paso para aprovechar de forma óptima los recursos disponibles, de tal forma que las producciones modernas se basan en el desarrollo de variedades híbridas y nuevas técnicas de cultivo como sucede en el noroeste de México, la región Bajío y Jalisco. Por el contrario, en el centro y sur de México, se caracteriza por el uso de variedades criollas en combinación con materiales híbridos, por lo que existe una demanda continua de nuevos genotipos con mejores características en rendimiento y tolerancia a las enfermedades.

Una alternativa al uso de híbridos son las variedades denominadas sintéticas, que se caracterizan por evitar el alto costo de la semilla de las variedades híbridas, además de que la semilla cosechada de una variedad sintética regenera la misma variedad, sin cambio en la media genotípica, lo que sí sucede en los híbridos (Villanueva *et al.*, 1994).

Sahagun-Castellanos y Villanueva-Verduzco (2012) indican que las variedades sintéticas formadas con cruza simples o dobles permiten evitar el alto costo de semilla de variedades híbridas como las de maíz (*Zea mays* L.) y cebolla (*Allium cepa* L.).

En el Valle de Toluca se disponen de pocas variedades sintéticas registradas disponibles para los productores, tanto de color de testa blanco como amarillo, uno de los pasos iniciales para su registro es la descripción fenotípica de cada material generado, por lo que resulta conveniente describir fenotípicamente tres genotipos blancos y cinco genotipos amarillos que se han originado en el programa de colaboración, mejoramiento genético de la Universidad Autónoma del Estado de México y el Colegio de Posgraduados desde el 2012 y que se han adaptado a las condiciones ambientales del

Valle de Toluca y con la característica adicional de expresar tolerancia al carbón de la espiga del maíz.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Generales**

Evaluar las características agronómicas en ocho variedades sintéticas de maíz resistente al carbón de la espiga.

### **1.1.2 Específicos**

Describir las principales características fenotípicas de las variedades sintéticas.

Identificar fenotípicamente la variedad sintética de testa blanca con características agronómicas deseables.

Identificar fenotípicamente la variedad sintética de testa amarilla con características agronómicas deseables.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Historia del maíz

Los cereales son el grupo de plantas monocotiledóneas de la familia de las gramíneas que se cultivan en amplias áreas agrícolas del mundo. Sus productos son destinados para la alimentación, forraje, industria, cosméticos y fuentes alternativas de combustibles. Los granos de los cereales son ricos en carbohidratos, propios para su utilización como alimento humano y animal, pues constituyen ricas fuentes de energía (Reyes *et al.*, 2002), entre los cereales destaca uno por su producción a nivel internacional.

El maíz (*Zea mays L.*) es el único cereal importante que se ha desarrollado en el nuevo mundo, especialmente en México. Es también, de todos los cultivos, el más altamente domesticado. El maíz no perdura (y aparentemente no puede) en la naturaleza; sobrevive solamente por cultivo, por diversas actividades de conservación del ser humano. Estudios señalan que fue un cultivo significativo en México, desde hace más de 5,000 años y quizá aun antes. Actualmente se siembra en casi todas las partes del mundo, como resultado de los esfuerzos realizados por los genetistas para ampliar su adaptación, y constituye un cultivo alimenticio de gran importancia extendido por todo el mundo (Chapman y Carter, 1976). El maíz era desconocido para el viejo mundo hasta el descubrimiento de América; es considerado el verdadero tesoro que encontraron los descubridores, esta especie resulto ser la más valiosa que buscaban en su ruta occidental, y el único cereal conocido en América antes del arribo de Europeos. Las civilizaciones azteca, maya, entre otras más, se fundamentaban sobre este cultivo. Como especie *Zea mays L.* desempeñaba un papel preeminente en las creencias y ceremonias religiosas de

las civilizaciones, fue utilizado como elemento decorativo de cerámicas, tumbas, templos y esculturas, siendo además motivo de leyendas, tradiciones y superstición, que resaltan la importancia económica, agrícola y social del cultivo (López, 1991).

Para la sociedad mexicana, es el cultivo más importante, nuestra cultura floreció gracias al aporte cultural, económico y social que ha hecho este cultivo (Aguirre y García, 2012).

## **2.2 Importancia y producción del maíz en México**

Fue base de la alimentación de los pueblos mesoamericanos y sigue siendo el pilar que sustenta la pirámide alimenticia de nuestro país, porque es justamente en México donde se concentran la mayor cantidad de variedades y es aquí donde el culto a esta mazorca se materializa en su uso cotidiano. Hoy, y desde hace décadas, el maíz representa el cultivo agrícola más importante de la nación, en su nivel económico, político, social y alimentario (National Geographic, 2017). México es uno de los principales países consumidores de maíz a nivel mundial, ya que éste es la base de su alimentación, además de ser el cultivo más producido, ocupa el cuarto lugar como productor en el mundo. A pesar de ello, importa 10 millones de toneladas de grano amarillo anualmente (González y Avila, 2014).

México produce cerca de 26 millones de toneladas de maíz blanco al año, lo que le garantiza la autosuficiencia en las variedades que más se usan para la elaboración de la tortilla. Sin embargo, el país importa maíz amarillo para el consumo del sector pecuario e industrial. En 2016, fueron cerca de 13 millones de toneladas provenientes de Estados

Unidos. Se espera que para el 2017, se alcancen las 40,000 hectáreas de este cultivo, con la intención de contar con mayor cobertura para la alimentación del ganado (Gurría, 2017) y la industria de proceso.

Podemos identificar la producción de maíz con enfoque empresarial, en la que se pretende alcanzar los máximos rendimientos a través del aporte continuo de energía externa al sistema en forma de semillas mejoradas, fertilizantes químicos, pesticidas, maquinaria y riego; sin embargo, sólo el 7% de los agricultores puede desarrollar esta forma de producción debido a la fuerte inversión que se requiere (Aguirre y García, 2012).

Respecto a su superficie sembrada, anualmente se establecen alrededor de 8 millones de hectáreas. El 75% de esta superficie se emplean semillas de variedades criollas, las cuales además de estar adaptadas a las condiciones climáticas y tecnológicas de los productores en cada zona o región, poseen características que les permiten responder a sus gustos alimenticios y preferencias (Carballo y Hernández, 2017).

La producción por unidad de superficie es baja y se requiere incrementarla, pues cada vez la superficie para el cultivo es menor y la demanda aumenta. Una alternativa es utilizar semilla de calidad, proveniente de variedades mejoradas con características agronómicas y productivas sobresalientes para condiciones de temporal y riego adaptadas a esta región (Virgen *et al.*, 2016).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) informó que, en los últimos cuatro años, la producción nacional de maíz, que incluye los tipos de testa blanca y amarilla, se incrementó en 12.7 por ciento,

derivado de la política del Gobierno de la República para incrementar la productividad en coordinación con los productores del sector primario del país (SAGARPA, 2016).

Para el maíz de tipo amarillo, su grano se destina principalmente a la industria de alimentos balanceados para nutrición animal, así como para la extracción de almidones, preparación de botanas y cereales. La mayor producción del grano se obtiene durante el ciclo primavera-verano (PV), donde se cultiva 68.8% y el 31.2% en el ciclo otoño-invierno (OI). Chihuahua es el principal productor del cereal en el ciclo PV, en dicho ciclo del año agrícola 2016 aportó 50.2% de la producción nacional; mientras que en el OI destaca Sinaloa con nueve de cada diez toneladas (91.7%) (SAGARPA y SIAP, 2017).

Durante el periodo oct 2015 a sep 2016 se obtuvieron más de 22 millones de toneladas, cifra que representa un incremento de 0.4% respecto del ciclo previo. El consumo interno humano se estima en 12.6 millones de toneladas. Con respecto del año agrícola, la producción generada en el ciclo primavera-verano (PV) representa 76% y el restante 24% del otoño-invierno. Durante el PV, el mayor volumen de producción es de temporal (74.9%) y el resto bajo el esquema de riego (25.1%). Para el OI, el riego es privilegiado con 83.7%, mientras que el temporal representa 16.3 por ciento (SAGARPA y SIAP, 2017). Durante el ciclo Primavera-Verano, los principales estados productores de maíz fueron Jalisco, Estado de México y Michoacán, que abarcan el 40 por ciento de la producción y le siguen en importancia, Guanajuato, Chihuahua, Puebla, Chiapas, Guerrero y Veracruz (SAGARPA y SIAP, 2017).

La situación que se presenta en el país ofrece al campo un panorama desolador. El crecimiento de la población exige mayores cantidades de alimento, el cambio climático

debido al deterioro ambiental trae consigo sus efectos en la producción de alimentos, el tratado que ofrece los EEUU crea un panorama de incertidumbre para productores de maíz.

En México se requiere incrementar la producción de maíz amarillo para subsanar la demanda y evitar la importación de grano (Espinosa *et al.* 2008), en especial se requiere de la disponibilidad de variedades adaptadas a problemática fitosanitaria de Valles Altos, especialmente para el Valle de Toluca.

## **2.3 El cultivo del maíz**

### **2.3.1 Característica botánicas del maíz**

El maíz es el único cereal que no posee una flor típicamente de gramínea. Es una especie monoica, sus flores son incompletas e imperfectas. Las flores estaminadas, se encuentran sobre una panícula situada en el ápice del eje vegetativo de la planta. Las espiguillas con un solo folículo, están por parejas, una sésil y otra pediculada. Cada flor tiene un solo pistilo, cuyo ovario se transforma en grano o semilla. Las hojas son largas y anchas, y los bordes generalmente lisos. Una lígula pronunciada, se encuentra en la unión de la hoja y el tallo, que a su vez esta abrazado por grandes aurículas. Muchas plantas de maíz tienen un sistema radicular de ayuda formado por raíces adventicias, que salen de los nudos que se encuentran por encima de la superficie del suelo. La mazorca es la inflorescencia pistilada (femenina), que es una espiga con un raquis leñoso, la espiguilla con flores fértiles y otra infértil, nace en parejas a lo largo del mismo. Los pelos de la mazorca son largos estilos, uno de cada flor fértil (Chapman y Carter, 1976).

### 2.3.2 Composición química del maíz con otros cereales

La composición es muy variable y está relacionada con varios factores tales como especie, estadio de la planta, raza, variedad, y clima (Reyes *et al.*, 2002) los datos cuantitativos de su composición química en porcentaje de cuatro especies de gramíneas se indican en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Composición química de cuatro cereales basada en peso seco de cariósido o grano.**

<b>Composición</b>	<b>Maíz</b>	<b>Trigo</b>	<b>Arroz</b>	<b>Sorgo</b>
Proteínas (%)	10.4	14.3	9.4	12.7
Grasas (%)	4.5	1.9	1.8	3.3
Azúcares totales (%)	1.9	3.2	0.6	1.4
Almidón (%)	71.8	63.8	-	70.2
Energía calor/fibra	2059	2049	1833	2005

Fuente: Reyes *et al.* (2012).

El maíz en comparación con otros cereales, tiene un alto contenido de almidón, pero deficiente en proteínas en comparación al trigo y sorgo.

### 2.4 Semilla del maíz

- **Germinación de la semilla**

El proceso de germinación se da cuando la semilla en condiciones ambientales y favorables deja su estado de latencia, con el cual comienza su actividad de

desarrollo y emergencia (INTAGRI, 2017) para la germinación de un ente vivo se debe cumplir ciertas condiciones; la semilla sea viable, que existan factores externos e internos favorables para la germinación y emergencia de la planta.

Se debe diferenciar la germinación de la emergencia en las semillas; la primera, es la brotación de la radícula y de la plúmula; la segunda, es la salida del talluelo sobre suelo después de la siembra (Robles, 2013).

- **Viabilidad de la semilla**

El uso de semillas con un potencial de alto rendimiento de grano es factor importante en la agricultura. Una semilla de calidad contribuye a mayor eficiencia varietal productiva, ya que es capaz de emerger de manera rápida y uniforme, bajo diferentes condiciones ambientales. La calidad de la semilla es un concepto basado en la valoración de diferentes atributos (Kelly, 1988), los cuales mejoran el establecimiento de la planta en campo, entre los que destacan: la calidad genética, fisiológica, física y sanitaria, y la viabilidad de una semilla es que poseen las características de poder lograr germinar en condiciones adversas a las condiciones ideales de crecimiento y desarrollo, donde las temperaturas y humedades relativas del medio ambiente circundante no son adecuadas (Erazo, 2004).

- **Vigor de la semilla**

El vigor es la cualidad de la semilla que permite que ésta logre germinar y desarrollarse en condiciones de estrés, donde prevalecen altas temperaturas y elevadas humedades relativas (Erazo, 2004). El vigor es una característica genética de la planta expresada a nivel de semilla, que es afectada por factores

exógenos como la nutrición de la planta madre, daños mecánicos ocasionados durante la cosecha, el procesamiento y el almacenamiento (McDonald, 1998). Los síntomas de la semilla deteriorada incluyen: pérdida de compuestos solubles por la anómala permeabilidad de las membranas celulares, reducción de la actividad enzimática y producción de sustancias tóxicas como ácidos grasos libres, todo lo cual repercute en una reactivación deficiente del crecimiento embrional (Anderson, 1973). La escasa o nula funcionalidad de las membranas seminales es consecuencia de la peroxidación de los lípidos que las constituyen, lo que se traduce en su desorganización y pérdida de actividad metabólica (Wilson y McDonald, 1986). Una semilla vigorosa tiene la capacidad o potencial de crecimiento y desarrollo óptimo de una plántula hasta que llega a ser planta adulta (Robles, 2013).

## **2.5 Factores que afectan la germinación de la semilla y desarrollo de la planta de maíz**

El buen desarrollo de la fase siembra-emergencia es esencial para el establecimiento del cultivo (López, 1991), el proceso de la germinación está determinado a factores físico-químico y biológicos de la naturaleza que, en buenas condiciones favorables repercute en la aparición de la emergencia de la plántula. Entre los factores que intervienen en el proceso de germinación de la semilla se encuentran:

- **Temperatura**

La temperatura es uno de los principales factores que limitan la germinación de una semilla. La temperatura suele actuar en cualquier etapa del ciclo vital y

afectar su germinación, emergencia, desarrollo, reproducción o cualquier otra función importante para el individuo; también ejerce efectos limitantes sobre la capacidad competitiva, la resistencia a las enfermedades, la predación o el parasitismo (Vásquez, 1992).

- **Agua**

El agua es un factor completamente imprescindible en el proceso de la germinación. La semilla absorbe agua hasta la imbibición, lo que permite la activación de los procesos metabólicos.

Dependiendo de la composición química de la semilla se tiene un mayor o menor nivel de imbibición. Existe un mayor nivel de hidratación en proteínas y menor en oleaginosas o en general semillas ricas en grasas. Durante la hidratación ocurre una dispersión de coloides, se hidratan las reservas y se activan los sistemas enzimáticos de hidrólisis (Anónimo, 2014).

- **Humedad**

La humedad es una condición favorable para la germinación de algunas semillas. El suelo para la germinación de la semilla debe de estar lo suficientemente húmedo para suplir las necesidades de agua de las semillas. A excepción de aquellas especies que requieren mucha humedad durante su germinación, el suelo nunca debe estar tan húmedo que se formen película de agua alrededor de la semilla, porque esto restringe una buena aireación (Moreno, 1984).

- **Oxigeno**

En ausencia de oxigeno las semillas solo respiran anaerobicamente y no germinan, cuando una semilla se presenta en condiciones de suelos muy compactos se ve afectado su germinación lo que limita el acceso al oxígeno (Anónimo, 2014). La disponibilidad de oxigeno se afecta por otros factores como la temperatura, el grado de humedad, la concentración de CO<sub>2</sub>, demencia, etc. (Anónimo, 2014).

- **Latencia**

El estado de dormición, latencia o letargo es la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. La latencia se establece durante la formación de la semilla, y posee una importante función que consiste en restringir la germinación en la planta madre antes de su dispersión en el campo (Varela y Arana, 2011).

- **Sequia**

La sequía afecta la producción agrícola (Sánchez *et al.*, 1977), reducen los rendimientos del maíz, llegando a causar pérdidas estimadas en grano. La sequía restringe la fotosíntesis tanto por limitaciones en los estomas o por limitaciones bioquímicas. En la época de floración, las sequias tienen un efecto multiplicador sobre el rendimiento. El número de granos por planta puede reducirse a causa de dificultades en la polinización o porque los óvulos fertilizados detienen su crecimiento (Edmeades *et al.*, 1992).

- **Plagas**

Desde el momento de la siembra, el maíz está expuesto a los ataques de numerosos parásitos. El clima, las labores preparatorias del terreno, la alternativa de cosechas y el control de malas hierbas, son, entre otros, los principales factores que pueden favorecer o dificultar la aparición de plagas y enfermedades en el cultivo (Llanos, 1984) las plagas de mayor importancia que atacan la formación de semilla son el gusano cogollero y de la raíz (*Phyllophaga* spp.), de entre las enfermedades destaca la pudrición de la mazorca, la mancha de asfalto, roya y el carbón de la espiga de maíz (De León, 2012).

## **2.6 Manejo del cultivo**

### **2.6.1 Preparación del terreno**

En siembras convencionales es necesario subsolar cada cuatro años dependiendo del tipo de suelo, realizar barbecho a 30 cm con dos rastreos cruzados para posteriormente nivelar (ICAMEX, 2014).

Para el mejoramiento del suelo cuando el pH sea menor a 5.4 aplicar caliza molida, calcita, cal viva o cal hidratada 2 ton/ha, aplicar 30 días antes de la siembra (ICAMEX, 2014).

Llanos (1984), menciona que en comparación con otros cultivos, el maíz se adapta bastante bien a la acidez-alcalinidad del terreno. Puede cultivarse con buenos resultados entre pH 5.5 y 8, aunque el óptimo corresponde a una ligera acidez de 5.5 y 6.5

Los fines perseguidos con la preparación del suelo (Llanos, 1984) para el cultivo del maíz son:

- Aireación de la capa arable del suelo
- Mejor aprovechamiento de los nutrientes naturales y aportados por los abonos de origen químico y/o biológico
- Facilitar la penetración y expansión de las raíces
- Romper las capas superficiales de suelo compactado, para facilitar la salida de las aguas sobrantes hacia las zonas bajas
- Destrucción de semilla y plantas de malas hierbas
- Dificultad de propagación de algunos parásitos y enfermedades del cultivo
- Contribuir a la penetración y almacenamiento de las aguas de lluvia a mantos freáticos

### **2.6.2 Selección de semilla**

La selección de semilla para el siguiente ciclo de cultivo, es la primera etapa y las más importantes para la producción de maíz. La semilla por elegir puede ser una de las razas y variedades nativas adaptada por años a las condiciones ambientales del lugar o bien un híbrido de cuya bondad y adaptación a la región sean conocidos (Lesur, 2005).

### **2.6.3 Densidad de siembra**

Normalmente la densidad de siembra es de 25 kg/ha de semilla, o de 60 a 70 mil unidades de semilla por hectárea. La distancia entre surcos es de 80 cm, mientras que entre plantas es 15 a 20 cm. La densidad de población promedio es de 70,000 plantas/ha (ICAMEX, 2014).

#### **2.6.4 Fertilización**

La fertilización es un componente fundamental del éxito para la obtención de máximos rendimientos de maíz. Altos rendimientos, simplemente requieren más nutrientes, y las cantidades adecuadas de estos nutrientes, deben estar disponibles cuando el cultivo los necesita (Melgar y Díaz, 1997). El maíz como todas las especies requiere un manejo adecuado de fertilización de suelo. Los maíces criollos no son tan exigentes a comparación de los híbridos que requieren de cantidades más elevadas de fertilización para un alto rendimiento.

ICAMEX (2016) recomienda, una fertilización de: 60-30-30 (N-P-K), más 2.0 toneladas por hectárea de estiércol. Los elementos son N en forma de: Urea (46% N), nitrato de amonio (33.5% N), amoníaco anhidro (82% N). Fósforo: Superfosfato de Calcio simple (19.5% P<sub>205</sub>), superfosfato de Calcio triple (46% P<sub>205</sub>). Potasio: Cloruro de Potasio (60% de K<sub>20</sub>), sulfato de Potasio (50% K<sub>20</sub>), Gallinaza. Normalmente se dan dos fertilizaciones en siembra: En la siembra de: 46-46-30 y en la 2ª Escarda de: 69-00-00 (ICAMEX, 2016)

#### **2.6.5 Plagas y enfermedades del maíz**

La producción de maíz es afectada por varias plagas que al no ser controlados ocasionan daños mecánicos en raíz, planta y frutos como pérdidas económicas, y en algunos casos pérdida total del cultivo. En la tabla 2 se indican los nombres de algunos insectos-plaga y enfermedades más sobresalientes en México.

Para el valle de Toluca, los insectos plaga de mayor importancia son la gallina ciega, alfilerillo, el gorgojo y la palomilla en grano almacenado.

Las enfermedades más comunes y de mayor daño al cultivo es la pudrición de mazorca y el carbón de la espiga del maíz.

**Cuadro 2. Nombre común y científico de algunos insectos-plaga y enfermedades del cultivo de maíz en México.**

Plagas		Enfermedades	
Nombre común	Nombre científico	Nombre común	Nombre científico
Gallina ciega	<i>Phyllophaga spp</i>	Carbón de la espiga	<i>Sporisorium reilianum</i>
Gusano de alambre	<i>Agrotis sp.</i>	Mildium veloso	<i>Peronosclerospora sorghi</i>
Diabrotica	<i>Diabrotica undecimpunctata</i>	Pudrición negra	<i>Macrophomina phaseolina</i>
Gusano elotero	<i>Helicoverpa zea</i>	Tizón del sur	<i>Helminthosporium maydis.</i>
		Tizón del norte	<i>H. turcicum</i>
Araña roja	<i>Tetranychus sp</i>	Roya del sur	<i>Puccinia polysora</i>
Gusano trozador	<i>Agrotis ipsilon</i>	Tizón bacterial	<i>Erwinia stewartii</i>
Frailecillo	<i>Macrodactylus mexicanus</i>	Pudricion el tallo por fusarium	<i>Fusarium moniliforme</i>
Gusano cogollero	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Pudrición de la mazorca	<i>Diploidia maydis</i>
Gusano soldado	<i>Spodoptera exigua</i>	Pudrición del tallo	<i>Erwinia carotovota</i>

Fuente: CESAVEM (2016).

### 2.6.6 Carbón de la espiga

El carbón de la espiga del maíz es una enfermedad causada por el hongo (*Sporisorium reilianum* f. sp. *zeae*) que ataca al cultivo en el momento de su emergencia, pero que se mantiene hasta la floración, identificándose por la presencia de una masa de esporas negras tanto en la espiga como en la mazorca, o bien por el crecimiento anormal de la espiga (Pérez y Bobadilla, 2002).

Desde el año 2003, el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México (CESAVEM) detectó la presencia del carbón de la espiga del maíz (*Sporisorium reilianum* (Kuhn) Langdon y Fullerton (= *Sphacelotheca reiliana*) (Kühn) Clint) (*S. reilianum*) en altitudes mayores a 2,200 msnm). La enfermedad está presente en los estados de Jalisco, Durango, Hidalgo, Puebla, Querétaro, Guanajuato, Michoacán, Oaxaca, Sonora, Tamaulipas y Aguascalientes, entre otros (Sánchez, 1988; CESAVEM, 2006). Esta enfermedad se detectó en 2003 afectando a maíces criollos y mejorados; actualmente se ha distribuido en 38 municipios, en donde se presentan pérdidas que pueden alcanzar 20% del rendimiento de grano (CESAVEM, 2006).

*S. reilianum* f. sp. *zeae* ocasiona una infección sistémica y la producción de soros que sustituyen parcial o totalmente a la espiga y mazorca durante la floración. Recientemente, la enfermedad ha infectado a cultivares criollos poniendo en riesgo la diversidad genética del maíz en México, considerado centro de origen primario. También el teocintle (*Zea mays* subsp. *mexicana*), el pariente más cercano del maíz, es afectado por el carbón de la espiga. En México, la incidencia de la enfermedad oscila desde 0.1 hasta 40% (SARH, 1992). En el Estado de México se ha estimado una reducción en el rendimiento hasta del 15% en variedades e híbridos susceptibles

(CESAVEM, 2005). En otras regiones del mundo se han observado incidencias hasta de 80% (Pataky, 1999). Aquino-Martínez et al (2011), menciona que los diferentes genotipos de maíz que se utilizan en el valle de Toluca mostraron resistencia y buen rendimiento por lo que podrían usarse en los programas de mejoramiento.

### **2.6.7 Control de malezas**

La maleza compite con mayor ventaja de crecimiento sobre el maíz y aprovecha la luz, el agua y los nutrientes destinados al cultivo, particularmente en las primeras etapas de crecimiento, con lo que provoca una disminución sustancial de su rendimiento (Lesur, 2005). El control de malezas se puede realizar de las siguientes maneras:

- Control mecánico: se realiza manualmente usando las herramientas adecuadas (azadón)
- Control químico: aplicación de herbicidas sistémicos, de contacto, selectivos y no selectivos.

### **2.6.8 Requerimientos climatológicos**

El maíz puede adaptarse a condiciones climatológicas tropicales, subtropicales, a valles altos y húmedos, por lo que se considera un cultivo de gran plasticidad climática. Para una buena producción de maíz, la temperatura debe oscilar entre 20° y 30°C. La óptima depende del estado de desarrollo (Parsons, 1981).

### **Cuadro 3. Requisitos de temperatura del cultivo de maíz.**

<b>Temperatura para el desarrollo del maíz</b>			
<b>Etapa</b>	<b>Mínima</b>	<b>Óptima</b>	<b>Máxima</b>
<b>Germinación</b>	10°C	20 a 25°C	40°C
<b>Crecimiento</b>	15°C	20 a 30°C	40°C
<b>Floración</b>	20°C	21 a 30°C	30°C

Fuente: Parsons (1981).

#### **2.6.9 Cosecha**

Cuando el grano alcanza su momento de maduración fisiológica, momento en que contiene el máximo de materia seca, se alcanza normalmente con un contenido de humedad del 30-35%, entonces la humedad del forraje alcanza un 70%. A partir de ese momento el grano pierde humedad, a la vez que se produce un ligero descenso de su contenido de materia seca. Generalmente el mejor momento para cosechar es algo después de que el grano alcanza su punto de madurez fisiológica, al reducir su contenido en humedad por debajo de 30 por 100. Cuando la humedad en el grano es de 25 por 100, mas-menos, la mazorca alcanzo su madurez para realizar la cosecha (Llanos, 1984).

#### **2.7 Importancia de contar con variedades resistentes a enfermedades y plagas**

En México, desde hace algunos años se ha tratado de modificar genéticamente al maíz para hacerlo más productivo, pero sin tener presente por parte de las autoridades que, esta actividad puede acarrear consecuencias graves como la contaminación de las especies nativas y, por consiguiente, con su exterminio. Por otra parte, la utilización de

estos productos puede ocasionar riesgos para la biodiversidad, el medio ambiente y la salud (Reyes, 1990; Sánchez-Pale, 2012)

Las actuales variedades agronómicas son producto de la selección humana que forma grupos de plantas similares con tendencia a su explotación económica. Las variedades se cruzan libremente y forman poblaciones diferenciales. Hay variedades nativas que son aquellas que se originaron en un lugar determinado y a partir de este estado han evolucionado; las variedades criollas son las introducidas y adaptadas a las condiciones existentes en el lugar de adopción, que multiplicándose libremente y por selección natural o dirigida han logrado producciones aceptables para los agricultores (Reyes, 1990).

Para la clasificación de variedades se considera siete tipos:

- Variedades criollas. Indicadas con nombres diversos y generalmente corresponde a un área geográfica determinada.
- Variedades mejoradas. Como resultado de los programas de mejoramiento genético con símbolo V-número
- Variedades sintéticas. Con símbolo VS- número y derivada de programa de mejoramiento genético de instituciones de investigación.
- Variedades híbridas. Con símbolo H-número, y derivadas de empresas principalmente y de institutos de investigación gubernamental.
- Generaciones avanzadas de híbridos (F2, F3, FN) o híbridos acriollados.

- Cruzas naturales recíprocas entre maíces criollos con variedades mejoradas (criollos híbridos)
- Híbridos naturales de las diversas clases de semillas descritas con teocintle (Reyes, 1990).

## **2.8 Importancia de la diversidad**

La diversidad de poblaciones de maíz que cultivan los mexicanos de muchas comunidades rurales es asombrosa. El interés por la diversidad de maíz viene desde los tiempos prehispánicos, como se refleja en las leyendas en el origen en la planta y en los códices (Esteva y Marille, 2003). Existen tres motivos en la importancia de la diversidad de maíz:

- 1) Para entender y proteger las relaciones entre el hombre y el maíz en el contexto de la comunidad rurales tradicionales del país, que constituyen parte esencial de nuestra población, y así apoyar su florecimiento y el de nuestra nacionalidad.
- 2) Para contribuir al conocimiento científico del maíz, que es una planta paradigmática a nivel mundial y sobre todo en México.
- 3) Para salvaguardar los recursos genéticos y los saberes y conocimientos relacionados con ellos, tomando en cuenta que el maíz es fundamental para la soberanía alimentaria y el bienestar en México y en otros países.

## **2.9 Ventaja del maíz criollo**

En México, centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays* L.) existen 59 razas de acuerdo con su clasificación en características morfológicas e isoenzimáticas (Sanchez *et al.*, 2000), que representa un significativo porcentaje de las 220 a 300 razas de maíz existentes en el continente americano (Kato *et al.*, 2009). En términos de rendimiento, las variedades mejoradas han mostrado ser notablemente superiores a las nativas (Turrent *et al.*, 2012), pero los pequeños productores suelen preferir sus variedades locales. Esto se debe a ciertas ventajas que se han identificado en las razas nativas, que en su mayoría se siembran en los terrenos edafoclimáticas más limitativos (Turrent-Fernández, 2012). De hecho, se han reportado razas que pueden sobrevivir donde las variedades mejoradas no tienen oportunidad (Vázquez-Carrillo, 2010). Entre las ventajas de estos maíces destacan las siguientes: mejor manejo del riesgo agrícola, adaptación a las condiciones climáticas locales, estabilidad a la variabilidad climática, costos más bajos de los insumos necesarios para su producción, y muy importante, aptitud para la elaboración de preparaciones culinarias tradicionales (Guillén-Pérez, 2002), especialmente la tortilla.

## **2.10 Maíces híbridos**

El uso de maíz híbrido en los países en desarrollo ha permitido incrementar su producción de grano y forraje en forma significativa. En México, la superficie sembrada es de 9.0 millones de hectáreas, con promedio de rendimiento de 2.9 ton/ha. La baja producción se refleja por el bajo uso de semilla de maíz mejorado y un alto porcentaje de maíz criollo, que en la mayoría de los casos presenta acame severo (De la Cruz,

2007) Todas las líneas puras de maíz desarrolladas hasta ahora son inferiores a las variedades de polinización libre tanto en vigor como en rendimiento. Las mejores combinaciones híbridas de líneas seleccionadas dan incrementos sustanciales en el rendimiento sobre las mejores variedades de polinización libre. Otras características deseables son la firmeza del tallo y raíces que repercuten en un menor acame, así como la resistencia a enfermedades e insectos específicos, ventajas que algunos híbridos poseen.

Los híbridos pueden formarse por polinización manual o cultivando dos variedades en bloques alternados, en una parcela aislada y desespigando, antes que hayan esparcido polen (Jugenheimer, 1981). Una semilla híbrida es una cruce entre dos o más distintas líneas (o tipos) de maíz (Anónimo, 2017)

Es posible formar varios tipos de híbridos, dependiendo del número y del ordenamiento de las líneas paternas. Los híbridos comprenden las cruza radiales o mestizos, simples, simples modificadas, de línea hermana, de tres elementos, de tres elementos modificados, dobles, dobles regresivas, regresivas simples, múltiples o sintéticos o compuestos (Jugenheimer, 1981).

Una cruce simple, (A x B), se hace combinando dos líneas puras. Las cruza simples tienden a ser de rendimiento ligeramente mayor y más uniformes en las características de la planta y la mazorca que otro tipo de híbridos (Jugenheimer, 1981).

Reyes (1990) considera que los híbridos presentan las siguientes ventajas:

- Mayor producción de grano
- Uniformidad en floración, altura de plantas y maduración

- Plantas más cortas pero vigorosas, que resisten al acame y rotura
- Mayor sanidad de mazorca y grano
- Mayor precocidad y desarrollo inicial.

### **2.11 Maíces sintéticos**

Los maíces sintéticos son variedades que pueden ser reconstruidos a partir de sus componentes; una variedad sintética es el resultado de la cruce entre dos progenitores que han sido seleccionados por su aptitud combinatoria general (Allard, 1960) Las variedades sintéticas o sintéticos de maíz (*Zea mays* L.) se han propuesto como una alternativa al uso de híbridos. La principal razón para el uso de los sintéticos es el alto costo que tienen los maíces híbridos en el mercado para los productores.

Las variedades sintéticas tienen ventajas, tales como: amplia área geográfica de adaptación; rendimiento alto de grano, forraje y rastrojo, y en ocasiones, igual a híbridos simples a dobles (Reyes, 1990), además de tener menor incidencia de daños por insectos plaga y enfermedades.

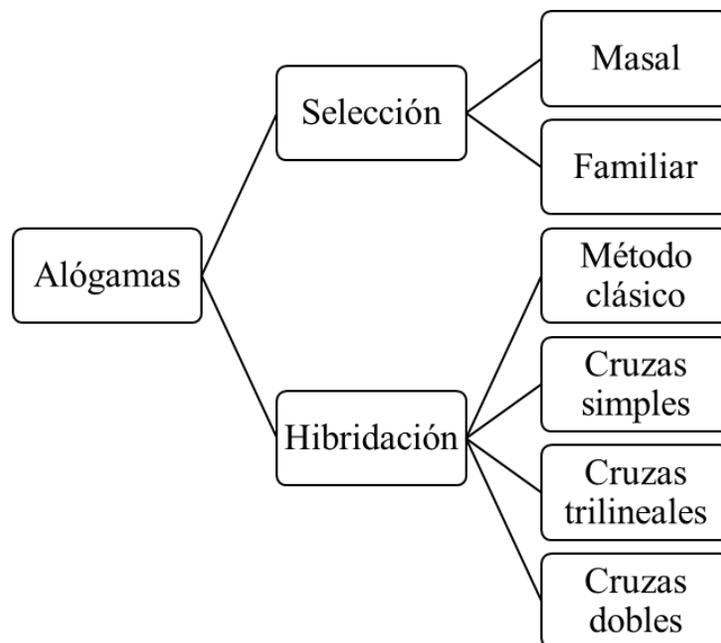
### **2.12 Mejoramiento genético**

El mejoramiento genético en el maíz busca incrementar el rendimiento de grano y la productividad de este cultivo, además incrementa la resistencia a agentes abióticos y bióticos adversos, la calidad o el rango de adaptación del maíz por medio de los cambios en el genotipo.

### 2.13 Técnicas de mejoramiento genético

Las técnicas de mejoramiento genético se pueden realizar en plantas autóгамas y plantas alógamas. Las plantas autogamas su modo de reproducción se realiza en la fusión de gametos femeninos y masculinos producidos por el mismo individuo (figura 2). La polinización que se realiza con el polen producido por el mismo individuo (planta) es una condición necesaria pero no suficiente para que se produzca autogamia.

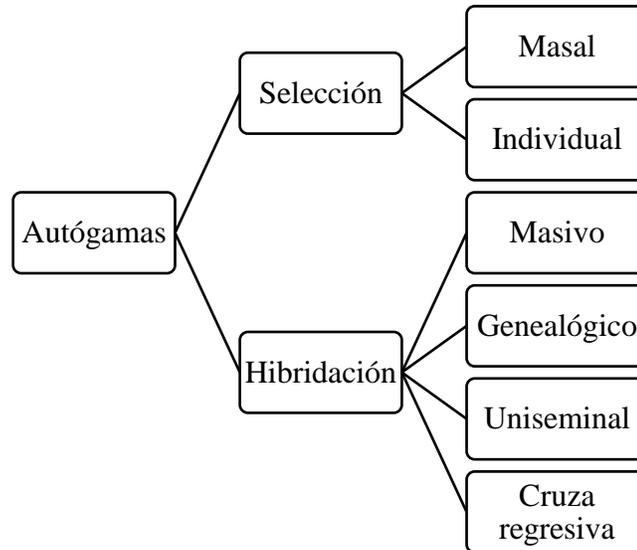
**Figura 1. Técnicas de mejoramiento en plantas Alógamas.**



Fuente: SNICS (2011).

Las plantas alógamas son especies que se producen por medio de la polinización cruzada; los gametos femeninos y masculinos se unen para formar el cigoto, un nuevo individuo. Las plantas autogamas se puede realizar el mejoramiento mediante las siguientes técnicas:

**Figura 2. Técnicas de mejoramiento en plantas Autógamas.**



Fuente: SNICS, (2011).

Las especies que se han mejorado por técnicas de hibridación no son iguales que las especies transgénicas.

### **2.13.1 Selección masal**

El método de selección masal en maíz es una de las técnicas más antiguas y simples que se conoce por parte del productor; este método de selección es uno de los menos costosos y que requiere recursos mínimos. El método consiste, en seleccionar fenotipos

(mazorcas o plantas), con características aptas para obtener semilla para un buen rendimiento y adaptabilidad a las condiciones climáticas del tiempo. El maíz realiza la polinización por medio de la fecundación cruzada lo que se obtiene es una mezcla de individuos híbridos (Jugenheimer, 1981).

El éxito de la selección masal depende en gran medida de las cambiantes frecuencias genéticas y de la precisión en la selección en los tipos deseados (Jugenheimer, 1981).

### **2.13.2 Selección de mazorca por surco**

El método de selección de mazorca por surco consiste en que la semilla de cada mazorca seleccionada es sembrada en un surco separado. La principal ventaja de este sistema es que la selección se puede basar en el comportamiento del surco/familia, así como el de la planta individual. En maíz cada polinización abierta es una mazorca medio hermano, donde se conoce solamente la identidad del progenitor femenino. En su forma más simple, el sistema de selección mazorca-por-surco o media hermana, necesita solamente algo más de trabajo que la selección masal, pero es mucho más efectivo para muchas características. Esto permite la eliminación de surcos/familias indeseables en las etapas tempranas antes de la emisión de la panoja, la selección de las plantas polinizadoras en buenos surcos/familias y finalmente la selección de las mejores mazorcas de los surcos seleccionados (Paliwal, 2001).

### **2.13.3 Selección de familias hermanas**

Una familia de hermanas corresponde a la progenie de una cruce entre dos plantas de maíz. La familia de hermanas puede ser de hermanas simples, p. ej. 1x2, 4x5, 8x9, o hermanas recíprocas, p. ej. 1x2 y 2x1, 3x4 y 4x3, 8x9 y 9x8. Las familias de hermanas también pueden ser progenies de cruzamiento en cadena, p. ej. 1x2, 2x3, 3x4 y nx1. Es de esperar que un esquema de selección de familias hermanas sea más eficiente que un esquema de selección de medio hermanas. Sin embargo, requiere más trabajo y es más costoso ya que es necesaria la polinización manual. La selección de familias hermanas es generalmente usada con el objetivo de mejorar la población por sí misma, sin el uso de probadores; este fue uno de los métodos de selección recurrente usado por los primeros mejoradores de maíz (Hallauer, 1992). Un ciclo de selección de familias hermanas modificado requiere dos estaciones o ciclos por año, y puede ser completado en un año utilizando zonas en que se hacen dos cultivos o ciclos al año o se puede cultivar en un semillero fuera de la estación.

### **2.13.4 Hibridación**

Los maíces que resultan de esta técnica, son el resultado de cruzar, un tipo de maíz con otro tipo, lo que produce una semilla que en la próxima cosecha dará muchas mazorcas y grandes rendimientos, pero sólo en la cosecha del primer año (Cabello y Palermo, 2008). Esto se debe a que, en la siguiente generación, las milpas se polinizan entre sí, degenerando la primera cruce “original”, y por este motivo al sembrarse de nuevo produce mucho menos que las del primer año (Cabello y Palermo, 2008).

En México, la aplicación de la selección e hibridación han generado maíces de mayor producción de grano y los criollos se usan con doble propósito, pero existe escasa información sobre su potencial (Franco *et al.*, 2015).

#### **2.13.5 Hibridación varietal**

La hibridación varietal por medio de la polinización controlada o de la polinización abierta fue el origen para el desarrollo de muchas variedades de maíz; aún hoy día, las nuevas variedades evolucionan en los campos de los agricultores generadas por cruza derivadas de la polinización abierta (Paliwual, 2001).

La hibridación intervarietal utiliza cruzamientos de la primera generación entre variedades de polinización libre de maíz como medio para obtener mayores rendimientos (Jugenheimer, 1981).

#### **2.14 Caracterización fenotípica**

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). La caracterización de una variable o más se describe de acuerdo a su comportamiento en un individuo o población; las variables se pueden describir según el tipo de caracterización, cualitativa o cuantitativa.

La caracterización fenotípica de un individuo en particular se refiere para dominar forma, rasgo o función de la planta respecto a otra, o diversas plantas dentro de una población; o bien a especies o a géneros diferentes (Robles, 2013).

#### **2.14.1 Carácter cualitativo**

Es la que se manifiesta por la acción de uno o más pares de genes mayores de tal manera que los fenotipos son fácilmente diferenciables y no son modificados por el ambiente (Robles, 2013).

#### **2.14.2 Carácter cuantitativo**

Se encuentra determinado por una serie de factores que tienen efectos individuales pequeños. El efecto final está afectado generalmente en forma notable o el medio ecológico, dado por el resultado que los caracteres no se manifiestan claramente separados, sino dentro de una amplia gama de variación que puede apreciarse cuantitativamente (Robles, 2013).

#### **2.15 Carácter de multiplicación**

Las características de multiplicación, es la producción de una planta con base a sus órganos reproductivos o a partir de las células que la componen, ya sea un tejido u órgano representativo del individuo vegetal.

Se distinguen tres etapas sucesivas en la multiplicación de la especie: original, básica y científica.

- **Semilla original:** se produce por el mejorador del material. Se requiere de una parcela pequeña y manejable de manera que permita mantener un alto grado de pureza.

Existen cuatro sistemas para producir semilla original: polinización con mezcla de polen de plantas seleccionadas; parcela aislada convertida en lote de cruzamiento de medios hermanos y parcela aislada de cruzamiento entre medios hermanos en mazorca por hilera. Este último es más efectivo y simple.

- **Semilla básica:** se produce mediante la polinización libre en lotes bien aislados, se eliminan todas las plantas enfermas o fuera de tipo antes de la polinización, lo que debe representar un 10 a 15% de las plantas. Se debe realizar inspecciones cuidadosas por parte del departamento de semillas de los Fito mejoradores. El objetivo es mantener la identidad genética y la pureza de la variedad.
- **Semilla certificada:** se realiza en lotes aislados a partir de semilla básica, se eliminan las plantas enfermas y fuera de tipo antes de la floración en un menor porcentaje que la categoría anterior. Los certificadores dan asistencia técnica del proceso de producción de semilla para garantizar una buena calidad de producto final. Se utiliza una densidad de siembra ligeramente inferior a la óptima para contribuir a la calidad de la semilla (Bonilla y Méndez, 2003).

### **2.16 Diseño experimental**

El campo, el ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Cada bloque representó una repetición. En cada bloque del trabajo se establecieron los ocho tratamientos, cada tratamiento estuvo formado por cuatro surcos que representó la unidad experimental, lo que originó un total de 32 surcos por bloque. Los dos surcos centrales de cada tratamiento constituyó la parcela útil.

## III MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Ubicación del trabajo

El trabajo se realizó en la parcela N° 13 de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), que se encuentra ubicada en el km 15 de la carretera Toluca-Ixtlahuaca, centro universitario, el Cerrillo Piedras Blancas, del municipio de Toluca, Estado de México. Localizados a 19° 14' de latitud norte y a 92° 42' de longitud oeste a una altura de 2661 msnm.

El 73% del estado presenta clima templado subhúmedo, localizado en los valles altos del norte, centro y este; el 21% es cálido subhúmedo y se encuentra hacia el suroeste, el 6% seco y semiseco, presente en el noreste, y 0.16% clima frío, localizado en las partes altas de los volcanes.

La temperatura media anual es de 14.7°C, las temperaturas más bajas se presentan en los meses de enero y febrero son alrededor de 3.0°C. La temperatura máxima promedio se presentan en abril y mayo es alrededor de 25°C.

Las lluvias se presentan durante el verano en los meses de junio a septiembre, la precipitación media del estado es de 900 mm anuales (INEGI, 2016).

En el estado se practica la agricultura de riego y de temporal siendo los principales cultivos: maíz, chícharo verde, cebada, frijol, papa, alfalfa, trigo, aguacate y guayaba entre otros. (INEGI, 2016).

### 3.2 Descripción de la zona del trabajo realizado

El trabajo se realizó en el ciclo primavera-verano de 2016, se establecieron ocho genotipos (5 amarillos y 3 blancos), con cuatro repeticiones. La siembra se estableció durante la tercera semana del mes de marzo, se le dio un riego de auxilio para estimular la germinación de cada material. El resto del ciclo estuvo sometido a condiciones de temporal.

### 3.3 Manejo genético

Para la realización del presente trabajo se evaluaron ocho variedades sintéticas producto del mejoramiento y de retrocruzas realizadas en Cinta Larga, Hidalgo y Valle de Bravo, Estado de México durante los últimos 10 años, cuyo objetivo fue obtener variedades sintéticas de maíz con resistencia a carbón de la espiga del maíz y adaptabilidad a Valles Altos. En el cuadro 1 se indican los ocho tratamientos experimentales.

**Cuadro 4. Genotipos (Tratamientos) de maíz amarillo y blanco.**

	<b>Tratamiento</b>	<b>Origen genético</b>
<b>1</b>	A20	A 20 VBR14-10#
<b>2</b>	A21	A 21 VBR7
<b>3</b>	A22	A 22 VBR7
<b>4</b>	A23	A 23 VBR14-9#
<b>5</b>	A24	A 24 VBR7
<b>6</b>	B25	B 25 VBR14-7#
<b>7</b>	B26	B 26 VBR14-6#
<b>8</b>	B27	B 27 VBR7

### 3.4 Distribución de los tratamientos

La siembra se realizó en la tercera semana de marzo de 2016, se proporcionó un riego de auxilio para estimular la germinación, así como una fertilización inicial al fondo del surco utilizando la formula maicera de la región.

La emergencia ocurrió el día 7 de abril de 2016, con más del 50 % de las plantas visibles.

En la figura 3 se muestra la distribución de los tratamientos.

<b>B I</b>	A 24	A 21	A 23	B 25	B 27	A 22	B 26	A 20
<b>B II</b>	B 25	A 21	A 22	A 20	A 24	B 27	B 26	A 23
<b>B III</b>	B 26	A 23	A 24	A 21	B 25	A 20	B 27	A 22
<b>B IV</b>	A 21	A 23	B 27	A 22	B 26	B 25	A 24	A 20

**Figura 3. Distribución de los tratamientos de acuerdo al diseño de bloques al azar.**

### **3.5 Diseño y tamaño de la unidad experimental**

Los ocho tratamientos de interés se distribuyeron en un diseño por bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones y ocho tratamientos.

#### **3.5.1 Preparación del material**

Se sembraron 24 semillas por cada surco de la unidad experimental. Las semillas correspondieron a tamaño plano grande.

#### **3.5.2 Preparación del suelo**

La preparación del suelo tiene como objetivo garantizar la germinación y emergencia de la planta. La preparación del suelo para el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) incluye trabajos de labranza primarios y secundarios.

#### **3.5.3 Barbecho y rastreo**

El trabajo de preparación del suelo consistió en el barbecho y paso de la rastra mecánica que tiene como objetivo dejar el suelo con una textura suave para el depósito de la semilla.

#### **3.5.4 Riego**

Se realizó un riego de auxilio con la finalidad de aportar humedad al suelo para que la semilla en el suelo depositada pueda germinar y el cultivo satisfaga sus necesidades hídricas, obteniendo un mejor desarrollo y crecimiento.

### **3.5.5 Siembra**

La siembra se realizó manualmente por los alumnos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la UAEM y por el tesista. La siembra se realizó de forma manual depositando una semilla (amarillo o blanco) por golpe. La siembra se realizó de izquierda a derecha siguiendo el diseño experimental.

No se aplicó ningún herbicida para combatir las malezas en el cultivo del maíz. Se realizó un deshierbe manual por alumnos y el tesista.

### **3.6 Registro de datos**

El registro de datos se realizó conforme a las visitas que se realizaban con frecuencia a las parcelas experimentales. Las primeras observaciones se realizaron el día 7 de abril de 2016 (20 DDS), fecha en que se observaron las parcelas con más del 50% de las plantas emergidas de maíz.

Las primeras variables a evaluar se realizaron a plantas que se encontraban dentro de la parcela útil.

### **3.7 Colecta de la mazorca**

Se realizó la cosecha el día 14 de diciembre del 2016. Esta se realizó en forma manual cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica.

Se seleccionaron seis mazorcas completamente al azar de los dos surcos centrales de cada parcela experimental. Las seis mazorcas seleccionadas de cada una de las parcelas

se separaron y depositaron en un costal para sus registros. En total, se recolectaron 385 mazorcas de maíz blanco y amarillo.

### **3.8 Datos cualitativos y cuantitativos de la planta**

Los datos cualitativos de la planta se realizaron durante las visitas que se realizaban con frecuencia en las parcelas experimentales. El registro de datos cualitativos de la mazorca se realizó después de la cosecha con las mazorcas seleccionadas.

### **3.9 Variables a evaluar**

#### **3.9.1 Características cuantitativas de la planta**

Estas variables se evaluaron a los 100 DDS.

- **ADP:** altura de la planta. Se trabajó en campo para obtener la medida de la altura de las plantas, tomando la base de esta hasta la espiga y se expresó en metros.
- **ECR y ECB:** espigas color rojo y blanco. Se contabilizó el número de flores masculinas que presentaba color blanco o rojo.
- **NDE:** número de elote. Se contabilizó el número de flor femenina que presentó cada planta.
- **NDP:** número de plantas. Se contabilizó el número de plantas por parcelas lo que se obtuvo en un número total de plantas por parcela útil.

#### **3.9.2 Características cuantitativas de la mazorca**

Estas variables se evaluaron a los 240 DDS.

- **NMC:** número de mazorcas cosechadas. Primera actividad para obtener datos cualitativos de la mazorca. Se cosechó separando las mazorcas de los surcos centrales para continuar con los datos cualitativos siguientes de la mazorca.
- **LDM:** longitud de la mazorca en centímetros, la cual se midió con la regla de 30 cm desde la base de la mazorca hasta la punta de esta.
- **DDM:** diámetro de la mazorca en centímetros. Se realizó la medida de la base de cada una de las mazorcas usando una cinta métrica, se obtuvo la circunferencia de la base de la mazorca. Se realizaron los cálculos para obtener el diámetro de la mazorca.
- **NDH:** número de hileras. Se contabilizó el número de hileras que presentó cada mazorca cosechada.
- **PTM:** peso total de la mazorca. Se pesó el total de mazorcas cosechadas en los surcos centrales.
- **PD6M:** peso de seis mazorcas en Kg. Se realizó el peso de seis mazorcas en una báscula eléctrica.
- **PDG:** peso de grano en kilogramos. Se realizó el desgranado de la mazorca, pesando el grano producido.

### **3.10 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos de las variables evaluadas se analizaron con un análisis de varianza para determinar significancia estadística. La comparación de medias se realizó con la prueba Tukey,  $\alpha = 0.05$ . Ambos análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.1, de acuerdo a lo mencionado por Martínez (1988).

## **IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados indican que existe amplia variabilidad fenotípica entre las variedades de los maíces evaluados. La amplia variabilidad que se presentó entre los ocho materiales se atribuye a su origen con que se formaron u obtuvieron estos maíces sintéticos.

El análisis de varianza indicó la existencia de diferencias significativas para los caracteres: número de plantas (NDP); altura de la planta (ADP); número de elote (NDE); espigas color rojas (ECR); espigas color blancas (ECB); número de mazorcas cosechadas (NMC); diámetro de la mazorca (DDM); número de hileras (NDH); longitud de la mazorca (LDM); peso total de la mazorca (PTM); peso de seis mazorcas (P6M); peso de grano (PDG), por lo que al menos una variedad se comporta diferente respecto a los restantes materiales genéticos

### **4.1 Resultado del análisis de varianza**

#### **4.1.1 Peso Total de Mazorca (PTM)**

El análisis de varianza indicó la existencia de la diferencia significativa a una probabilidad de  $p > 0.05$  para la variable PTM (Cuadro 5).

**Cuadro 5. ANOVA para la variable peso total de mazorca (PTM).**

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{F_T}{0.05}$
Tratamiento	7	3.20992188	0.45856027	4.03*	0.0060
Repetición	3	0.11148437	0.03716146	0.33NS	0.8060
Error	21	2.38789063			
Total	31	5.70929688			
C.V.		27.67 %			

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

Se determinó la existencia de diferencia significativa entre tratamientos, por lo tanto, la hipótesis nula se rechaza y se acepta la hipótesis alternativa. La diferencia entre los repeticiones fue de 27.67%.

LA ANOVA indicó que la comparación entre la F calculada y la F tabulada la no existencia de diferencia significativa estadística. Por lo que las variaciones provienen de los tratamientos más no de la variabilidad entre los bloques.

#### **4.1.2 Altura de planta (ADP)**

En el cuadro 6 se muestra los resultados del análisis de varianza para la variable altura de la planta (ADP).

**Cuadro 6. ANOVA para la variable altura de la planta (ADP).**

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{P_T}{0.05}$
Tratamiento	7	0.26325547	0.03760792	1.94 <sup>NS</sup>	0.1133
Repetición	3	0.00241484	0.00080495	0.04 <sup>NS</sup>	0.9884
Error	21	0.40691641	0.01937697		
Total	31	0.67258672			
C.V.			8.586869 %		

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

El resultado del análisis de varianza indicó que, para la altura de planta no existe diferencia significativa entre tratamientos, por lo que todos presentaron la misma altura, estadísticamente hablando. Con un comportamiento similar entre las unidades experimentales para cada tratamiento de acuerdo al coeficiente de variación con 8.58% de confiabilidad.

**4.1.3 Diámetro de Mazorca (DDM).**

En el cuadro 7, se muestra la diferencia significativa que presentaron los tratamientos evaluados, así como su coeficiente de variación.

**Cuadro 7. ANOVA para el variable diámetro de la mazorca (DDM).**

F.V	GL	SC	CM	$F_C$	$F_T P_T$
					0.05
Tratamiento	7	0.59315009	0.08473573	2.61*	0.0420
Repetición	3	0.03331167	0.01110389	0.34 <sup>NS</sup>	0.7954
Error	21	0.68243107	0.03249672		
Total	31	1.30889283			
C.V.	3.576534 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

En el cuadro 7, se indican los resultados de análisis de varianza, en donde se encontró diferencia significativa entre los genotipos evaluados.

El coeficiente de variación determinó que existe poca diferencia entre las repeticiones de los tratamientos con un valor de 3.57%, que es relativamente bajo e indica confiabilidad en los datos.

#### **4.1.4 Longitud de la mazorca (LDM).**

En el cuadro 8 se muestra la existencia de la diferencia significativa que hubo entre tratamientos, así como el coeficiente de variación determinados en el ANOVA para esta variable.

**Cuadro 8. ANOVA para la variable longitud de la mazorca (LMD).**

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{F_T P_T}{0.05}$
Tratamiento	7	27.70795000	3.95827857	3.26*	0.0166
Repetición	3	7.61140000	2.53713333	2.09 <sup>NS</sup>	0.1320
Error	21	25.48080000	1.21337143		
Total	31	60.80015000			
C.V.	7.713130 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

Se encontró diferencia significativa estadística entre los tratamientos evaluados, por lo que al menos un genotipo fue diferente al resto, razón por la cual se procedió a la separación de medias.

El resultado obtenido del coeficiente de variación expresa que la desviación estándar fue de 7.71 % del valor de la media, por lo tanto, permite comparar la variabilidad entre los tratamientos de las repeticiones.

**4.1. 5 Número de elotes (NDE) por parcela útil**

En el cuadro 9, se indican los resultados del Anova en donde se muestra la diferencia significativa (p>0.05) y el coeficiente de variación determinado para NDE.

### Cuadro 9. ANOVA para la variable número de elote (NDE).

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{F_T P_T}{0.05}$
Tratamiento	7	1658.218750	236.888393	2.97*	0.0409
Repetición	3	287.093750	95.697917	1.20 <sup>NS</sup>	0.3342
Error	21	1675.156250	79.769345		
Total	31	3620.468750			
C.V.	33.42734 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

Se determinó que existe diferencia significativa en los tratamientos. Las variaciones provienen del origen de los tratamientos más no de las repeticiones.

El valor obtenido en el coeficiente de variación indica la desviación estándar de 33.42 % del valor de la media entre repeticiones, por lo tanto, existe mayor variabilidad entre los diferentes tratamientos.

#### 4.1.6 Número de hileras por mazorca (NDH)

En el cuadro 10 se muestra el resultado obtenido entre bloques y tratamientos, así como el coeficiente de variación obtenido en el ANOVA.

**Cuadro 10. ANOVA para la variable número de hileras (NDH).**

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{F_T}{P_T}$ 0.05
Tratamiento	7	6.00000000	0.85714286	1.22 <sup>NS</sup>	0.1200
Repetición	3	6.75000000	2.25000000	3.20*	0.0442
Error	21	14.75000000	0.70238095		
Total	31	27.50000000			
C.V.	6.040229 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

De acuerdo al resultado del análisis de varianza, no existieron diferencias significativas estadística entre los genotipos evaluados.

El resultado obtenido en el cuadro Anova indica que el coeficiente de variación es de 6.04 % lo que es relativamente bajo e indica confiabilidad en los datos.

#### **4.1.7 Numero de mazorcas cosechadas (NMC)**

En el cuadro 11 se muestra los efectos de diferencia significativa (p>0.05) y el porcentaje del coeficiente de variación del ANOVA para NMC.

**Cuadro 11. ANOVA para la variable número de mazorcas cosechadas (NMC).**

F.V	GL	SC	CM	$F_C$	$\frac{F_T P_T}{0.05}$
Tratamiento	7	122.2187500	17.4598214	1.74 <sup>NS</sup>	0.1531
Repetición	3	44.3437500	14.7812500	1.48 <sup>NS</sup>	0.2500
Error	21	210.4062500	10.0193452		
Total	31	376.9687500			
C.V.	26.30928 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

En el cuadro once, se observa que no hay diferencias significativas en la variable número de mazorcas cosechadas por unidad experimental entre los genotipos evaluados.

Todos los tratamientos son estadísticamente similares entre sí.

#### **4.1.8 Número de plantas (NDP) por unidad experimental**

En el cuadro 12 se muestra los efectos de la diferencia significativa entre tratamientos y bloques, como el porcentaje del coeficiente de variación encontrada en el ANOVA para NDP.

**Cuadro 12. ANOVA para la variable número de plantas (NDP).**

F.V	GL	SC	CM	$F_C$	$\frac{F_T P_T}{0.05}$
Tratamiento	7	1539.718750	219.959821	3.80*	0.0081
Repetición	3	598.843750	199.614583	3.45*	0.0351
Error	21	1215.906250	57.900298		
Total	31				
C.V	19.37114 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

Los resultados del análisis de varianza indicaron la existencia de diferencia significativa estadística entre los tratamientos evaluados, por lo que al menos un genotipo de maíz tuvo diferente comportamiento en el número de plantas por unidad experimental

El nivel de confiabilidad de los datos entre repeticiones se encuentra en el C.V. 19.37 %.

#### 4.1.9 Peso de seis mazorcas (P6M)

En el cuadro 13 se muestra los resultados de la diferencia significativa entre tratamientos y repeticiones, así como el resultado del porcentaje del coeficiente de variación encontrada en el ANOVA para P6M.

**Cuadro 13. ANOVA para la variable peso de seis mazorcas (P6M).**

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{F_T}{P_T}$ 0.05
Tratamiento	7	0.31679687	0.04525670	2.95*	0.0257
Repetición	3	0.04710937	0.01570312	1.02 <sup>NS</sup>	0.4023
Error	21	0.32226563	0.01534598		
Total	31	0.68617188			
C.V.	18.05979 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

Se observa que existió diferencia significativa entre tratamientos, el C.V. no sobrepasa el nivel máximo permitido que es de 30 %, por lo tanto, es relativamente bajo e indica confiabilidad en los datos.

#### 4.1.10 Peso de grano (PDG)

En el cuadro 14 se muestra el resultado de la diferencia significativa que se presentó entre tratamientos y el coeficiente de variación del ANOVA para PDG.

**Cuadro 14. ANOVA para la variable peso de grano (PDG).**

F.V	GL	SC	CM	$F_c$	$\frac{F_T P_T}{0.05}$
Tratamiento	7	0.32233437	0.04604777	1.77 <sup>NS</sup>	0.1458
Repetición	3	0.02322812	0.00774271	0.30 <sup>NS</sup>	0.8261
Error	21	0.54485938	0.02594568		
Total	31	0.89042187			
C.V.	31.22018 %				

NS: no significativo (P=0.05) \*: Diferencia estadística significativa para F calculada (P>0.05).

El resultado del análisis de varianza indicó que no existió diferencia significativa en la variable peso de grano entre los diferentes genotipos evaluados.

El resultado obtenido en Anova indica que el coeficiente de variación fue de 31.22 % que sobrepasa el nivel máximo permitido en campo que es de 30 % por lo tanto los datos entre repeticiones indica ligera heterogéneidad.

#### 4.1.11 Rendimientos de grano estimado

Se obtuvo un resultado promedio para calcular el rendimiento de grano en mazorca por hectárea, a través de los datos obtenidos en las diferentes repeticiones.

El material amarillo 21 presentó el mayor rendimiento promedio de grano de mazorca (1.6625 kg/2.4 m<sup>2</sup>) en comparación con los siete tratamientos restantes. El peso total de

mazorca se obtuvo considerando el total de 2.20 kg obtenido en la parcela útil de 2.40 m<sup>2</sup> (3m x 0.80m). Con estos datos se extrapolo al rendimiento de mazorca por hectárea, lo que originó un total de 6.927 t/ha para el amarillo 21, que fue el de mayor rendimientos seguido de Amarillo 22. En los materiales de testa blanca, fue el Blanco 25 que expreso el mayor rendimiento de grano.

El resultado se expresa en el siguiente cuadro.

**Cuadro 15: Estimación de rendimiento de grano en cada genotipo.**

<b>Genotipo</b>	<b>Rendimiento estimado por hectárea (t/ha)</b>
Amarillo 21	6.927
Amarillo 22	6.583
Blanco 25	6.291
Amarillo 20	5.416
Amarillo 24	4.416
Blanco 27	3.875
Blanco 26	3.583
Amarillo 23	3.416

#### 4.1.12 Separación de medias para las variables evaluadas

En los siguientes cuadros se obtiene los resultados de la prueba de Tukey de los 12 caracteres evaluados en 8 tratamientos de maíz.

**Cuadro 16. Resultados de la separación de medias de cada tratamiento por variable evaluada, realizada con la Prueba de Tukey al 0.05%.**

Medias* con la misma letra no son significativamente diferentes							
PTM		ADP		DDM		ECR	
MD	MED/T	MD	MED/T	MD	MED/T	MD	MED/T
<b>A21</b>	1.66a	<b>A22</b>	1.79a	<b>B25</b>	5.20a	<b>A23</b>	19.25
<b>A22</b>	1.58ab	<b>A23</b>	1.67ab	<b>B26</b>	5.19a	<b>A20</b>	18.75
<b>B25</b>	1.51ab	<b>A20</b>	1.63ab	<b>B27</b>	5.12ab	<b>A22</b>	17.25
<b>A20</b>	1.30ab	<b>A24</b>	1.63ab	<b>A21</b>	5.07ab	<b>A21</b>	17.00
<b>A24</b>	1.06ab	<b>A21</b>	1.63ab	<b>A20</b>	5.01ab	<b>B26</b>	15.75
<b>B27</b>	0.93ab	<b>B25</b>	1.57ab	<b>A24</b>	5.00ab	<b>A24</b>	12.50
<b>B26</b>	0.87ab	<b>B26</b>	1.55ab	<b>A22</b>	4.93ab	<b>B25</b>	9.25
<b>A23</b>	0.82b	<b>B27</b>	1.46b	<b>A23</b>	4.76b	<b>B27</b>	8.00

\*Los valores indicados corresponde al promedio de cuatro repeticiones. Letras similares en la misma columna indican igualdad estadística. PTM: peso total de la mazorca; ADP: altura de la planta; DDM: diámetro de la mazorca; ECR: espigas color rojas; MD: media general; MED/T: agrupamiento de Tukey.

Para la variable PTM se determinó que el genotipo amarillo 21 presentó el mayor peso de mazorca (1.66), siendo estadísticamente diferente al resto de maíces evaluados, mientras que el tratamiento amarillo 23 fue el material con menor cantidad de peso de mazorca (0.82), casi un 50% menor con respecto al amarillo 21.

Respecto a la variable altura de planta (ADP), en términos numéricos, el tratamiento A22 fue el material más sobresaliente, es decir presentó la mayor altura (1.79 cm), dicho comportamiento puede ser favorable para este tipo de maíz debido a que puede ser empleado como forraje o en un proceso de ensilaje. Por el contrario, el material que presento menor altura es el tratamiento B27 (1.46 cm). Para esta variable se observó una agrupación de materiales implicados por su color de testa, los amarillos fueron los que expresaron la mayor altura de la planta mientras que la menor fue expresado por el grupo de genotipos blancos.

Para la variable DDM, la prueba de separación de medias indicó que el genotipo amarillo 25 presentó el mayor diámetro de mazorca con 5.2 cm promedio, aunque fue estadísticamente similar a B26. Los tres genotipos blancos, presentaron un mayor diámetro con respecto a los genotipos amarillos. El genotipo amarillo 23 fue el que presentó el menor diámetro de mazorca, aunque estadísticamente, fue similar a los otros genotipos amarillos. En general, los genotipos amarillos presentan el menor diámetro de mazorca.

Para la variable, ECR, los ocho tratamientos son iguales estadísticamente hablando, aunque el amarillo 23 presentó la mayor cantidad de espigas de este color en términos numéricos, mientras que la menor cantidad se presentó en el genotipo blanco 27 (cuadro 15).

**Cuadro 17. Separación de medias de los valores promedio de las variables longitud de la mazorca (cm), número de elote (unidades), espigas color blanco, y número de hileras realizadas con la prueba de Tukey al 0.05%.**

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes							
LDM*		NDE		ECB		NDH	
MD	MED/T	MD	MED/T	MD	MED/T	MD	MED/T
<b>A22</b>	15.25	<b>A21</b>	36.50a	<b>A20</b>	19.75a	<b>A20</b>	14.75
<b>B25</b>	15.20	<b>A20</b>	35.00a	<b>B26</b>	19.00a	<b>B25</b>	14.25
<b>A21</b>	15.09	<b>B26</b>	30.25ab	<b>A24</b>	18.75ab	<b>A23</b>	14.00
<b>A20</b>	14.98	<b>A24</b>	29.50ab	<b>A21</b>	12.50ab	<b>B27</b>	14.00
<b>B27</b>	13.98	<b>A23</b>	25.50ab	<b>A22</b>	11.00ab	<b>A22</b>	13.50
<b>B26</b>	13.89	<b>A22</b>	23.25ab	<b>B27</b>	10.25ab	<b>A24</b>	13.50
<b>A23</b>	12.94	<b>B25</b>	20.25ab	<b>B25</b>	10.00ab	<b>B26</b>	13.50
<b>A24</b>	12.88	<b>B27</b>	13.50b	<b>A23</b>	8.25b	<b>A21</b>	13.50

\*LDM: longitud de la mazorca; NDE: número de elote; ECB: espigas color blancas; NDH: número de hileras; MD: media general; MED/T: agrupamiento de Tukey

En la variable LDM, los ocho tratamientos evaluados presentaron valores promedio similares, siendo estadísticamente similares, sin embargo, el genotipo amarillo 22 presentó la mayor longitud de mazorca (15.25 cm), mientras que la menor longitud se presentó en el amarillo 23 (12.94cm) y amarillo 24 (12.88 cm). En los materiales de testa blanca, fue el blanco 25 que presentó la mayor longitud de mazorca (15.20 cm).

Por otro lado, para la variable NDE la separación de medias indicó que el genotipo amarillo 21 y amarillo 20 presentaron la mayor cantidad de elotes por unidad experimental, siendo estadísticamente similares entre ellos. El genotipo blanco 26 fue el que mejor comportamiento expresó en los materiales de testa blanca. Por otro lado, el

genotipo que presentó el menor valor fue el blanco 27. En esta variable se observó la formación de grupos de tal forma que los materiales amarillos presentaron la mayor longitud de mazorca, con respecto a los blancos, el único material que presentó un comportamiento diferente fue B26.

En la variable ECB, la separación de medias indicó que los genotipos amarillo 20 y blanco 26 presentaron diferencia significativa estadística, en comparación con los seis tratamientos restantes, es decir presentaron la mayor cantidad de espigas blanca por unidad experimental, mientras que el genotipo amarillo 23 presentó la menor cantidad de espigas de este color, aunque fue el que presentó la mayor cantidad de espigas de color rojo.

Con respecto a la variable NDH, no existieron diferencias significativas entre los genotipos evaluados en términos estadísticos. Sin embargo, en términos numéricos, el genotipo que expresó la mayor cantidad de hileras promedio fue el amarillo 20 seguido de blanco 25, con 14.75 y 14.25 respectivamente.

**Cuadro 18. Resultados de la separación de medias en las variables número de mazorcas cosechadas (unidades), número de plantas (unidades), peso de seis mazorcas (Kg) y peso de grano (Kg) realizada con la prueba de Tukey al 0.05%.**

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes							
NMC*		NDP		P6M		PDG	
MD	MED/T	MD	MED/T	MD	MED/T	MD	MED/T
<b>A24</b>	14.75	<b>A21</b>	48.0a	<b>A20</b>	0.80a	<b>A21</b>	0.64
<b>A21</b>	14.25	<b>A22</b>	46.25a	<b>A22</b>	0.76ab	<b>A22</b>	0.62
<b>A20</b>	13.25	<b>A20</b>	42.75ab	<b>A21</b>	0.75ab	<b>B25</b>	0.60
<b>A22</b>	13.00	<b>B25</b>	41.25ab	<b>B26</b>	0.75ab	<b>B27</b>	0.57
<b>B25</b>	11.75	<b>B26</b>	40.75ab	<b>B25</b>	0.72ab	<b>A20</b>	0.44
<b>B27</b>	10.00	<b>A24</b>	36.50ab	<b>B27</b>	0.62ab	<b>A24</b>	0.43
<b>A23</b>	9.75	<b>A23</b>	33.75ab	<b>A24</b>	0.57ab	<b>B26</b>	0.43
<b>B26</b>	9.50	<b>B27</b>	25.00b	<b>A23</b>	0.50b	<b>A23</b>	0.37

\*NMC: número de mazorcas cosechadas; NDP: número de plantas; PD6M: peso total de seis mazorcas; PDG: peso total de grano; MD: media general; MED/T: agrupamiento de Tukey.

En la variable NMC, no existieron diferencias significativas por unidad experimental entre los genotipos evaluados. El pertinente mencionar que el genotipo amarillo 24 presentó el mayor número de mazorcas cosechadas por unidad experimental, seguido del amarillo 21. Mientras que el genotipo amarillo 23 y blanco 26 presentaron los menores valores numéricos para esta variable.

Para la variable NDP, en términos numéricos, el mejor genotipo correspondió al tratamiento amarillo 21, mientras que el genotipo que presentó la menor cantidad de mazorcas cosechadas fue el blanco 27, que fue estadísticamente diferentes con respecto a los demás tratamientos.

Respecto a la variable P6M, la separación de medias indicó que el mayor peso se determinó en el genotipo amarillo 20, seguido de amarillo 22 y amarillo 21, que fueron estadísticamente diferentes al amarillo 23. Por otro lado, los materiales blancos presentaron pesos que variaron de 0.62 a 0.75 kg, aunque los tres fueron estadísticamente similares. El A24 y A23 fueron los que presentaron el menor peso de mazorca.

Respecto a la variable PDG, si bien no existió diferencia significativa entre los diferentes genotipos evaluados, en términos numéricos, el genotipo amarillo 21 y amarillo 22 fueron los que presentaron el mayor valor. Mientras que el amarillo 23 presentó el menor peso. Los genotipos blanco 25 y blanco 27 presentaron el mejor peso dentro de los maíces de testa blanca.

## **4.2 Discusión**

El análisis del presente trabajo evidencia la existencia de características agronómicas que contribuyen a la variación genética de diferentes variedades sintéticas de maíz co tolerancia a coerbón de la espiga, como consecuencia de las líneas con que se produjeron o formaron los materiales sintéticos, en concordancia con lo indicado por Reyes (1990) y Márquez-Sánchez (2013).

Las diferencias fenotípicas encontradas en los ocho genotipos evaluados, son deseables para la etapa de producción de semilla, tal como indica Paliwal (2018) quien menciona la necesidad de que cada variedad de polinización abierta presenta características que la

identifique, para ser usadas como indicadores en el mantenimiento, producción y certificación de semillas de cada variedad.

Todos los materiales estuvieron expuestos a las mismas condiciones climatológicas y edáficas de la zona, así como a las mismas dosis de fertilización y manejo agronómico existiendo un bajo coeficiente de variación en los diferentes análisis de varianza por lo que se concluye que los orígenes de las variaciones provienen de los ocho genotipos evaluados (Robles, 2013) más que del ambiente.

Dentro de los factores involucrados en variaciones estadísticas de las observaciones fenotípicas expresadas provienen del clima, suelo, manejo agronómico (riego, fertilizantes, herbicidas y plagas), material vegetativo (procedencia y líneas con que se realizaron los tratamientos), variabilidad genética, errores y captura de datos por parte del tesista, las cuales se pueden expresar en los resultados. Sin embargo, las diferencias fenotípicas encontradas entre los diferentes materiales sintéticos fueron evidentes y distintivos, que caracteriza a este tipo de material genético ya que derivan un programa de mejoramiento a partir de poblaciones o líneas de libre polinización (Márquez-Sánchez, 2013).

En este sentido, la mayor altura de planta se encontró con la variedad sintética de amarillo 22, mientras que en longitud de mazorca fue el amarillo 22 que presentó el valor más alto en comparación a los demás genotipos de testa amarilla, por lo que mostró un fenotipo con abundante follaje en términos visuales, dado que, en términos estadísticos, los ocho materiales sintéticos presentaron la misma longitud de la mazorca. Lo anterior permite proponer al material sintético amarillo 22 como un genotipo de doble propósito destinado a material forrajero y grano, debido por la mayor altura de

planta que presentó, sin acame y planta cuateras (Olague *et al.*, 2006), pero poco favorable para una cosecha manual. En este sentido, Salazar (1995) indica que los materiales de porte bajo son apropiados para una cosecha manual y mecánica, además de reducir el riesgo por acame. Por otro lado, Oyervides (1981) menciona que es recomendable la selección de materiales de porte bajo y precoces con fines de producción de grano, como son los tres genotipos blancos (B25, B26 y B27) evaluados.

La altura de la planta determinada (1.46 a 1.79 m) en los ocho genotipos permite indicar que presentan la característica física natural de mayor tolerancia al acame provocado por vientos (Sierra–Macías *et al.*, 2017) y plaga insectiles, con un buen aspecto o porte de la planta y mazorca, además de la tolerancia al carbón de la espiga.

Con relación a los valores medios encontrados en los materiales sintéticos de maíz de las variables de número de hileras y longitud de la mazorca, presentaron respuestas similares en sus caracteres, por lo que estas variables fenotípicas no son recomendables para diferenciar entre los ocho genotipos utilizados, pero son adecuados para estimar su rendimiento (Ángeles–Gaspar *et al.*, 2010)

Para la respuesta del carácter evaluado en color de la espiga roja, los ocho genotipos no presentan diferencia estadística significativa. Contrariamente en el color de la espiga blanca existió diferencia estadística entre ellos, por lo que esta característica fenotípica puede ser un criterio de diferenciación entre los materiales evaluados, como es lo expresado en amarillo 23 en concordancia con lo indicado por Paliwal (2017) para un futuro programa de producción de semillas.

Si consideramos el rendimiento de grano como una de las características de mayor peso para la elección de un material con fines de producción de grano, es pertinente mencionar que por parte de los genotipos de color amarillo destacan los A21 y A22, mientras que en los blancos destaca el B25, esta característica permite indicar que dichos materiales sintéticos presentan características de rendimiento por arriba de los criollos de la zona, por lo que son adecuados para aquellos productores que no pueden comprar híbridos (Márquez-Sánchez, 2013) pero con mayor variabilidad genética. También es pertinente mencionar, que durante el ciclo 2016, en los ocho genotipos no se registró la presencia de carbón de la espiga del maíz en la etapa de grano masoso, ni *Claviceps gigantea* al final del ciclo o cosecha.

Los resultados anteriores se explican por las diferencias genéticas que existen entre cultivares de maíz y, específicamente entre ambos grupos: los de grano blanco con los de grano amarillo. En general el área experimental tuvo poca heterogeneidad ambiental, ya que sólo se detectaron diferencias significativas en cuatro de las variables evaluadas, aunque es recomendable continuar con la evaluación en un segundo año, y/o en otras localidades con clima, suelo y manejo diferentes.

## V CONCLUSIONES

Los caracteres morfológicos de los materiales evaluados en los campos de la facultad de ciencias agrícolas, muestra la existencia de variabilidad genética, en características cuantitativas de la planta y mazorca. A través del trabajo evaluado se identificaron materiales los cuales presentan características sobresalientes con propiedades potenciales, rendimiento y adaptabilidad a la zona que pueden competir con materiales criollos e híbridos del valle de Toluca.

Las ocho variedades sintéticas evaluadas presentan características deseables para diversos fines de producción para la región de valles altos en la zona de Toluca.

El genotipo Amarillo 21 presentó características adecuadas para la producción de grano al presentar valores deseables en PDG, P6M, NHM, LDM y AP.

El genotipo blanco 25 presentó características adecuadas para la producción de grano al presentar valores deseables en las variables PDG, P6M, NHM, LDM y AP.

El genotipo amarillo23 presentó características fenotípicas adecuadas para la producción de forraje por lo valores deseables encontrados en AP y RDG.

## VI ANEXOS



Amarillo 20



Amarillo 21



Amarillo 22



Amarillo 23



Amarillo 24



Blanco 25



Blanco 26



Blanco 27



Conteo de plantas



Parcela útil del experimento



Recolección de datos



Genotipos de testa blanca



Genotipo de testa blanca



Cosecha de la mazorca



Riego de auxilio en la parcela experimental



Superficie del campo experimental



Parcela N° 13 de la Facultad de Ciencias  
Agrícolas



Grano de la mazorca de testa amarilla



Grano de la mazorca de testa blanca



Cosecha del material del experimento

## VII BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre G. J. A. y García L. M. L., 2012. Selección para el mejoramiento de maíz criollo. SAGARPA-INIFAP-SNICS-SINAREFI.
- Allard, R. W., 1960. Principios de la mejora genética de las plantas. Ed. Omega, Barcelona, 498 pp.
- Anderson, J. D. 1973. Metabolic changes associated with senescence. *Seed Science and Technology* 1:401-406. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/437/43718202.pdf>
- Ángeles – Gaspar, E., Ortiz – Torres, E., López, P. A., y López – Romero, G. 2010. Caracterización y Rendimiento de Poblaciones de Maíz Nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33 (4): 287-296.
- Anónimo. 2014a. Factores que influyen la germinación y sus recomendaciones. Disponible en: <https://www.arcuma.com/dr.cannabis/factores-que-influyen-en-la-germinacion-y-sus-recomendacione.html>. Fecha de consulta: 3 de enero del 2018.
- Anónimo. 2017b. México Potencia Alimentaria. *Revista National Geographic*. México, D.F. 101 p.
- Antolín, D. M.; González, R. M.; Goñi, C. S.; Domínguez, V. A. y Ariciaga, G. C. 2009. Rendimiento y producción de maíces híbridos conservados por ensilaje o henificado. *Téc. Pec. Méx.* 47(4):413-423.
- Aquino–Martínez, J. G., Sánchez, F. A., González-Huerta, A. y Sánchez Pale, J. R. 2011. Resistencia de variedades e híbridos de maíz (*Zea mays*) a *Sporiosorum reilianum* y su rendimiento de grano. *Revista mexicana de fitopatología* 29:39-49

Bonilla M. N., Méndez G. W. 2003. Curso producción de semilla de maíz. Editores, M.M. 72 p.

Cabello y Palermo. 2008. Técnicas existentes para lograr mejoras en el maíz. Disponible en: <https://www.sismagro.com/tecnicas-existentes-para-lograr-mejoras-en-el-maiz/> (Revisado: 7 de octubre del 2017).

Campbell, C. and Benson, D. 1994. Importance of the spatial dimension for analyzing root disease epidemics. Pp 195-243. In: Campbell, C.L. and Benson, D.M. (eds.). Epidemiology and Management of Root Diseases. First Edition. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, Germany. 344 p.

Carballo C. A. y J. Hernández G. A. 2017. Selección y manejo de maíces criollos. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Folleto. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Selecci%C3%B3n%20y%20manejo%20de%20ma%C3%ADces%20criollos.pdf>.

CESAVEM. 2005. Carbón de la espiga del maíz. Campaña Manejo Fitosanitario del Cultivo del Maíz. SENASICASAGARPASEDAGRO. Folleto para Productores. Toluca, Estado de México. 6p.

CESAVEM. 2006. Carbón de la espiga del maíz (*Sphacelotheca reiliana*). Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de México. Folleto para productores. Toluca, edo. Méx., México. 8p.

Chapman R. S. y Carter P. L. 1976. Producción agrícola: principios y prácticas. Editorial, Acribia, Zaragoza, España. 565 p.

- De la Cruz D. P. 2007. Híbrido de maíz HID-15 para ambientes altos del estado de México. SEDAGRO-ICAMEX.
- De León C., Rodríguez M., R.2012. El cultivo del maíz, temas selectos. Editorial, mundi-prensa.
- De la Torre V. J. D. 2004. Selección de Semilla de Maíz en Campo y Manejo en Poscosecha. Sistema tradicional modificado. INIFAP, folleto de producción Numero 1. 33 p.
- Edmeades, G.O., Bolaños, J. y Lafitte, H.R. 1992. Progress in breeding for drought tolerance in maize. *In* D. Wilkinson, ed. Proc. 47th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf., Chicago, Illinois, Dec. 1992, p. 93-111. Washington, DC, ASTA.
- Erazo, A. A. H. 2004. Deterioro de calidad física y viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), y sorgo (*Sorghum bicolor*) durante su almacenamiento en Zamorano. Proyecto de Licenciatura. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1985/1/AGI-2004-T013.pdf>  
(Revisado: 5 de septiembre del 2017)
- Espinosa, A., Tadeo, M., Turrent, A., Gómez, N., Sierra M., Palafox A., Caballero F; Valdivia R. y Rodríguez F. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. Ciencias. Revista de Difusión de la Facultad de Ciencias de la UNAM 92-93:118-125.
- Esteva G. y Marille C., 2003. Sin maíz no hay país. Consejo nacional para la cultura y las artes, México, D. F. 329 p.

- Franco M., P. R. J., González H. A., De Jesús Pérez L. D., González R. M., 2015. Caracterización fenotípica de híbridos y variedades de maíz forrajero en Valles Altos del Estado de México, México *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 6, núm. 8. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Estado de México,
- González, M. A. y Ávila C. J. F., 2014. El maíz en Estados Unidos y en México. Hegemonía en la producción de un cultivo. *Argumentos*, vol. 27, núm. 75, pp. 215-237. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Distrito Federal, México.
- Guillén-Pérez, L A, C Sánchez-Quintanar, S Mercado-Domenech, y H Navarro-Garza. 2002. Análisis de atribución causal en el uso de semilla criolla y semilla mejorada de maíz. *Agrociencia* 36:377-387.
- Gurría T. F. J. 2017. México potencia alimentaria. *National geographic*. 101 p.
- Hallauer, A.R. 1992. Recurrent selection in maize. *Plant Breed. Rev.*, 9: 115-179.
- ICAMEX, 2014. Maíz de temporal valles altos del estado de México. Disponible en: <http://icamex.edomex.gob.mx/maiz>. (Fecha de consulta: 15 de enero del 2018).
- ICAMEX, 2016. Maíz de temporal valles altos del estado de México. Disponible en: <http://icamex.edomex.gob.mx/maiz>. (Fecha de consulta: 15 de enero del 2018).
- INEGI. 2016. Información de clima por entidad: Estado de México. Disponible en: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/territorio/clima.aspx?tema=me&e=15>. (Fecha de consulta: 18 de diciembre del 2017).

- INTAGRI, 2017. Los procesos de germinación y emergencia en el cultivo del maíz.
- Jugenheimer W. R. 1981. Maíz variedades mejoradas: Métodos de cultivo y producción de semillas. Editorial, Noriega Limusa, México D. F. Primera edición. 834 p.
- Kato T A, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye .2009. Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. 116 p.
- Kelly A., F. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman Scientific and Technical–John Wiley and Sons. New York, USA. 227 p. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=360554&pid=S0568-2517200600030001000013&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=360554&pid=S0568-2517200600030001000013&lng=es).
- Lesur L., 2005. Manual del cultivo del maíz, Editorial Trilla, México D. F. 79 p.
- Llanos C. M., 1984. El maíz. Editorial, Mundi-Prensa, Madrid, España. 314 p.
- López B. L., 1991. Cultivos herbáceos Vol. 1: cereales. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España. 539 p.
- Márquez – Sánchez, F. 2013. Endogamia en sintéticos de maíz formado con familias de autohermanos (Lineas, S1). Revista fitotecnia mexicana 36 (3). 259-261.
- McDonald, M. B. 1998. Seed quality assessment. Seed Science and Technology 8:265-275. Gutiérrez-Hernández, Germán Fernando; Virgen-Vargas, Juan; Arellano-Vázquez, José Luis. Germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz con

- envejecimiento natural *Agronomía Mesoamericana*, vol. 18, núm. 2, julio-diciembre, 2007, pp. 163-170 Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica.
- Melgar R. Díaz Z. M. 1997. *La fertilización de cultivos y pastura*. Editorial, Hemisferio Sur, Buenos Aires, argentina. 275 p.
- Moreno M. E. 1984. *Análisis físico y bilógico de semillas agrícolas*. Editorial UNAM, México, D. F. 380 P.
- National Geographic. 2017. *México potencia alimentaria*. Pág. 101.
- Niño, C.V., Nicolás, M.C., Pérez, L.D.J. y González, H.A. 1998. Estudio de trece híbridos y cinco variedades de maíz en tres localidades del Valle Toluca-Atacomulco. *Revista Ciencias Agrícolas Informa* 12:33-43.
- Olague R. J., Montemayor T. J. A., Bravo S. S. R., Fortis H. M., Aldaco N. R. A., Ruiz C. E., 2006. Características agronómicas y calidad del maíz forrajero con riego sub-superficial *Técnica Pecuaria en México*, vol. 44, núm. 3, septiembre-diciembre, 2006, pp. 351-357 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Mérida, México
- Oyervides G. M. 1981. *Formación y mejoramiento continuo de una población precoz de amplia base genética. La huerta, Jalisco*. SARH. Programa de maíz del centro de investigación agrícola del bajío. 100 y 114 pp.
- Padrón C. E. 1996. *Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y a la ganadería*. Editorial Trillas, México, D. F. 211 p.

- Paliwal R. L. 2001. El maíz en los trópicos mejoramiento y producción. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s14.htm>. (Fecha de consulta: 25/01/2018).
- Paliwal R. L. 2018. Producción de semillas. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s14.htm>. (Fecha de consulta: 25/01/2018).
- Parsons B. D. 1981. Manual para educación agropecuaria: maíz. Editorial SEP-Trillas, México, D. F. 22 p.
- Pataky, J.K., 1999. Smuts. Pp: 33-55. In: White, D.G. (ed.). Compendium of corn diseases. Third edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 78p.
- Perez C. J. P., Bobadilla M. M., 2002. Carbón de la espiga, Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental Pachuca. SAGARPA-INIFAP.
- Reyes C. P. 1980. Bioestadística aplicada. Editorial, Trillas, México, D.F. 215p.
- Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo. Editorial AGT, México D. F., S. A. 460 p.
- Reyes C. P., Reyes M. C. A. y Reyes M. F. E. 2002. Introducción a la Agronomía. Editorial Trillas. México, D. F. 221 p.
- Robles S. R. 2013. Diccionario genético y filogenético. Editorial Trillas, México, D. F. 208 p.
- Romero P. J. y A. Muñoz. 1996. Patrón varietal y selección de variedades de maíz para los sistemas en la región de tierra caliente. Agrociencia 30:63-73.

- SAGARPA. 2016. Producción de maíz blanco y amarillo. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/guerrero/boletines/Paginas/2016B117.aspx>. (Fecha de consulta: 24/01/2018)
- SAGARPA-SIAP. 2017. Balanza disponibilidad-consumo. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/nayarit/boletines/2017/enero/Documents/BNSAGENE322017.PDF>. (Fecha de consulta: 24/01/2018)
- Sahagún-Castellanos, J., & Villanueva-Verduzco, C. (2012). ¿Variedades sintéticas derivadas de cruza simples o de cruza dobles? *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(3), 279-289. doi: 10.5154/r.rchsh.2012.06.031
- Salazar L. M. E. 1995. Análisis y discusión de los resultados obtenidos en una evaluación comparativa de cuarenta y tres genotipos de maíz (*Zea mays L.*) en dos localidades en el valle de Toluca – Atlacomulco. Tesis de licenciatura. Facultad de ciencias agrícolas de la UAEM. Toluca, México. 80 p.
- Sánchez, G.J.J. 1995. El análisis biplot en clasificación. *Revista Fitotecnia Mexicana* 18:188-203.
- Sánchez, H. 1988. Enfermedades del maíz. pp.1-11. In: Teliz, D. (ed.). *Enfermedades del Maíz, Frijol, Trigo y Papa*. Colegio de Postgraduados. Montecillo, edo. Méx., México. 84p.
- Sánchez, J. J., Goodman, M.M. y Stuber, C.M. 2000. Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ.c Bot*- 54:43-59.
- Sánchez – Pale, J. R. 2011. Análisis Espacio Temporal del Carbón de la Espiga (*Sporisorium reilianum f. sp. Zeae* (Kuhn) Langdon y Fullerton) del maíz en el

Estado de México. Tesis Doctoral en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca, Edo. De México. 223 pp.

Sánchez, P.A., Nicholaides, J.J., III y Couto, W. 1977. Physical and chemical constraints to food production in the tropics. *In* G. Bixler & L.W. Shenilt, eds. *Chemistry and world food supplies: the new frontiers*, CHEMRAWN II, p. 89-105. Los Baños, Philippines, IRRI.

SARH. 1992. Guía Fitosanitaria para el Cultivo del Maíz. Serie Sanidad Vegetal. México, D.F. Pp:1-23.

Sierra – Macías, M., Rodríguez, M. f., Andrés, M. P. Gómez, M. N. Espinoza, C. A. Tadeo, R. M. y Barron, F. S. 2017. Comportamiento Agronómico de Variedades Sintéticas de Maíz para el Trópico Húmedo de México. Memoria del sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco Edo. México. 309 pag.

SNICS. 2011. Mejoramiento genético (métodos, estrategias, tipos de variedades) Mantenimiento varietal. Dr. Aquiles Carballo C, pp 35

Tosquy, O., Sierra. M., Rodríguez, F., Castillo, R. Ortiz, J., Tinoco, C., Sandoval, A. Y Uribe, S. 1995. Validación del híbrido de maíz (*Zea mayz* l.) de cruza doble H-512 en el Estado de Veracruz, México. *Agronomía Mesoamericana* 6:93-97.

Turrent-Fernández A, T A Wise, E Garvey 2012. Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mex. Rural Develop. Res. Rep.* 24:1-36.

- Varela S. A. y Arana V. 2011. Latencia y germinación de la semilla. Tratamientos pregerminativos. Editorial INTA.
- Vázquez-Carrillo M G, J P Pérez-Camarillo, J M Hernández-Casillas, M L Marruf-Díaz, E Martínez-Ruiz. 2010. Calidad de grano y de tortillas de maíces criollos del altiplano y valle del mezquital, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 33:49-56.
- Vásquez T. G. A. M. 1992. Ecología y formación ambiental. Editorial McGraw-Hill, México, D. F. 296 p.
- Villanueva V., C.; Castillo G., F.; Molina G., J. D. 1994. Aprovechamiento de cruzamientos dialélicos entre híbridos comerciales de maíz: Análisis de progenitores y cruza. *Revista Fitotecnia Mexicana* 17: 175–185.
- Virgen V. J., Zepeda B. R., Ávila P. M. A., Espinoza C. A., Arellano V. J. L., Gámez V. A. J. 2016. Producción y calidad de semilla de maíz en valles altos de México. Vol. 27. Num. 1. Pag 192. Disponible en: <http://www.redalyc.org?id=4374010019>
- Wilson, D. O.; McDonald, M. B. 1986. The lipid peroxidation model of seed ageing. *Seed Science and Technology* 27:177-237.