

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Descripción Varietal en Genotipos de Maíz a Través de Caracteres Morfológicos
en Batán, Estado de México

Por:

YOBANI JIMÉNEZ ROSAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPATAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Descripción Varietal en Genotipos de Maíz a Través de Caracteres Morfológicos
en Batán, Estado de México

Por:

YOBANI JIMÉNEZ ROSAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:



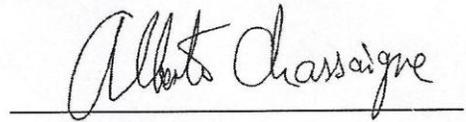
M.P. María Alejandra Torres Tapia

Asesor Principal



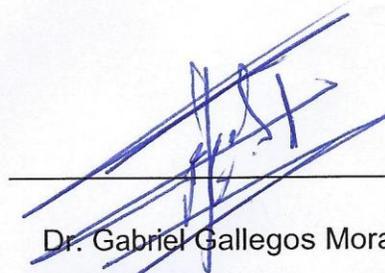
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Coasesor



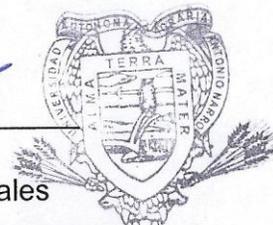
Dr. Alberto Antonio Chassaigne Ricciulli

Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo 2017

DEDICATORIAS

A mis padres

El Sr. **Seferino Jiménez** y la Sra. **Elvia Rosas** por el apoyo y consejo recibido durante mi formación profesional, gracias a ustedes he logrado concluir esta etapa de mi vida.

A mis hermanas

Janet por aconsejarme cuando lo necesite, alentarme a seguir adelante con mis estudios y sobre todo creer en mí.

Ana Juliet por su apoyo recibido, la comprensión y por compartir momentos de nuestra vida.

A mi novia **Merari Sujey Vázquez López** por el tiempo que lleva a mi lado, la amistad que me ha brindado, comprensión y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por todo lo que me dio en el tiempo que estuve en ella, por la preparación para desarrollarme en un ámbito laboral y darme la oportunidad de cumplir una de mis metas en la vida, es mi más grande orgullo ser **buitre** y formar parte de mi **ALMA MATER**.

Al **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)** por darme la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales en el área de Sistemas de Semillas de Maíz en donde se realizó el presente trabajo.

A la **MC. Alejandra Torres** por su valiosa asesoría y el tiempo que dedicó a este trabajo.

Al **Dr. Víctor Zamora** por su apoyo profesional y tiempo en la elaboración de este trabajo.

Al **Dr. Alberto Chassaing** por el apoyo brindado durante mi estancia en el CIMMYT.

Al **Ing. Ubaldo** por su apoyo y conocimiento brindado durante mis prácticas profesionales en el CIMMYT.

A mis amigos **Eleazar, Iván, Armando, Néstor, Marcos, Chío, Cristian y Barry** con los que compartí momentos agradables en el tiempo que estuve en la universidad.

Los datos utilizados en el presente trabajo son propiedad del **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)**.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general	2
Objetivos específicos.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
Origen y evolución del maíz	3
Importancia del maíz en México	4
Mejoramiento genético	6
Heterosis y heterobeltiosis.....	8
Tipos de expresión de los caracteres	9
Descripción varietal	10
Importancia de la protección de variedades vegetales.....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
Localización de área de estudio	14
Material genético	14
Procedimiento.....	14
Caracteres evaluados.....	15
Análisis de la información.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
Caracteres Cuantitativos	25
Caracteres Cualitativos	39
Comparación de genotipos.....	47
V. CONCLUSIONES.....	50
VI. LITERATURA CITADA	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro IV.1 Resultados del análisis de varianza para los descriptores cuantitativos de los 6 genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	25
Cuadro IV.2 Prueba de medias del descriptor longitud de hoja de los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.....	26
Cuadro IV.3 Prueba de medias del descriptor ancho de la primer hoja de los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	27
Cuadro IV.4 Prueba de medias del descriptor relación entre el largo y ancho de la hoja para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.....	27
Cuadro IV.5 Resultados del descriptor longitud media de entrenudos inferiores para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	28
Cuadro IV.6 Prueba de medias del descriptor diámetro de tallo para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.....	29
Cuadro IV.7 Prueba de medias del descriptor longitud media de entrenudos superiores para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	30
Cuadro IV.8 Prueba de medias en floración masculina para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	31
Cuadro IV.9 Prueba de medias del descriptor longitud del pedúnculo de la espiga para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	31
Cuadro IV.10 Prueba de medias del descriptor longitud de la espiga para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	32
Cuadro IV.11 Prueba de medias del descriptor longitud del eje principal para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	33
Cuadro IV.12 Prueba de medias del descriptor floración femenina para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	34
Cuadro IV.13 Prueba de medias del descriptor longitud de las ramas laterales de la espiga para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	34
Cuadro IV.14 Prueba de medias del descriptor longitud de planta para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	35

Cuadro IV.15 Prueba de medias del descriptor altura de mazorca para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	36
Cuadro IV.16 Prueba de medias del descriptor relación entre altura de mazorca y altura de planta para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	37
Cuadro IV.17 Prueba de medias del descriptor ancho de lámina para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.	37
Cuadro IV.18 Resultados del descriptor longitud del pedúnculo en los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.....	38
Cuadro IV.19 Resultados de los descriptores cualitativos para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Balanza comercial de maíz en México, 2005 – 2015.....	5
Figura IV.1 Resultados de la agrupación de los genotipos mediante el análisis de conglomerados.....	48
Figura IV.2 Resultados de los caracteres más significativos en los genotipos.....	49

RESUMEN

Uno de los objetivos del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) es desarrollar variedades mejoradas y sistemas de producción de maíz, por lo que han adaptado tecnologías para que los productores de maíz mejoren su competitividad, mediante la aplicación de tecnología de producción, prácticas de cultivo y variedades disponibles que sean de calidad, de tal forma que el presente trabajo se realizó en sus instalaciones, ubicadas en la localidad de el Batán, Texcoco, México. Se establecieron 6 genotipos de maíz a campo abierto con el objetivo de conocer las características morfológicas que permitan su identificación, evaluando caracteres cuantitativos y cualitativos en 50 plantas o partes de plantas por cada genotipo de acuerdo a la guía técnica para descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.) establecida por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). En los resultados se obtuvieron las descripciones varietales durante el crecimiento y desarrollo del cultivo para cada genotipo, se encontraron varias similitudes entre ellos, pero manteniendo cada uno características propias en algunos descriptores. Los caracteres cuantitativos en los cuales hubo diferencias entre los genotipos fueron altura de planta, altura de mazorca, longitud de entrenudos superiores e inferiores, longitud de espiga, días a floración masculina y femenina, mientras que los caracteres cualitativos en que más se distinguieron fueron: el color de aurícula, pubescencia, coloración en la base de las glumas, coloración en los estigmas y número de mazorcas (%), estos genotipos son diferentes entre sí en al menos un descriptor por lo cual son distintos.

Palabras clave: genotipo, maíz, descriptores varietales, distinción.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos de gran importancia, por su uso en la alimentación humana, ganadera y en la industria. En México la producción de este grano en el año 2016 fue de 15.5 millones de toneladas obteniendo un rendimiento promedio de 4.2 ton/ha. Sin embargo, no es suficiente para completar el consumo nacional por lo cual se importa alrededor de 10 millones de toneladas para completar el consumo. La adopción de mejores tecnologías es un requisito para que los productores de maíz mejoren su competitividad, mediante la aplicación de tecnología de producción, prácticas de cultivo y variedades disponibles que sean de calidad desarrolladas por instituciones públicas o privadas, tal como lo es el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), el cual se dedica a la investigación científica, desarrollando variedades mejoradas y sistemas de producción de maíz y trigo para aumentar de manera sustentable la productividad garantizando la seguridad alimentaria.

Las variedades de calidad (física, fisiológica, genética y fitosanitaria), han sido evaluadas durante su proceso de producción de semillas por el servicio nacional de inspección y certificación de semillas (SNICS), para ello el primer paso que se debe realizar es el registro de la nueva variedad en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), el cual consiste en administrar y coordinar el sistema que fomente la generación y transferencia de tecnología en variedades vegetales a través de la integración de un marco técnico y normativo, cuya operación eficaz y oportuna permita a los productores nacionales e internacionales la explotación de mejores variedades.

El requisito para registrar una variedad es presentar una solicitud, y junto con ella un informe técnico el cual describa las características de la variedad, está debe de ser distinta, homogénea y estable en las características que la identifican, para realizar el informe técnico el productor puede apoyarse en guías técnicas para la descripción varietal, integradas por el SNICS. Las guías técnicas, son documentos

en los que se establecen las características para identificar y distinguir claramente una variedad de otra, en donde se incluye la metodología para la evaluación, requisitos técnicos que debe cumplir una variedad vegetal, para su registro. Asimismo, se integran los diferentes elementos, métodos, uniformidad de criterios y se proporcionan los mecanismos que permitan la identificación objetiva de los descriptores varietales (SNICS, 2016). Debido a esto, el Área de Sistemas de Semillas de Maíz del CIMMYT, llevó a cabo la descripción varietal conforme a la guía técnica para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.), de los genotipos de maíz para semilla los cuales constaron de tres líneas puras y tres cruizas simples desarrollados por el programa de mejoramiento para Valles Altos pertenecientes al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo; planteando el siguiente objetivo general y específicos:

Objetivo general

- Describir las características morfológicas de 6 genotipos de maíz de acuerdo a la guía técnica para la descripción varietal del maíz (*Zea mays* L.)(SNICS-CP; SNICS-SAGARPA), durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

Objetivos específicos

- Determinar los descriptores que permitan la identificación de los genotipos de maíz: G1, G2, G3 estos como líneas puras y G4, G5, G6 como cruizas simples, en la localidad de el Batán.
- Comparar los genotipos evaluados en base a los descriptores varietales establecidos por el SNICS, observados durante el crecimiento y desarrollo del cultivo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Origen y evolución del maíz

Generalmente se considera que el maíz fue una de las primeras plantas cultivadas por los agricultores hace entre 7 000 y 10 000 años. La evidencia más antigua del maíz como alimento humano proviene de algunos lugares arqueológicos en México donde algunas pequeñas mazorcas de maíz estimadas en más de 5 000 años de antigüedad fueron encontradas en cuevas de los habitantes primitivos (Wilkes, 1979).

En los últimos años se han realizado importantes investigaciones acerca del origen del maíz, sin embargo sigue faltando con más precisión aspectos básicos del cómo y dónde se creó esta planta, ya que son muy pocas las exploraciones arqueológicas y paleontológicas específicas que se han enfocado al análisis del maíz en América. Las mejor conocidas son las de Puebla (Tehuacán) y Oaxaca (Guilá Naquitz) en México, la de Nuevo México (Cueva del Murciélago) en Estados Unidos, y algunas más en otras partes de México. Esta escases de datos, del registro fósil y arqueológico limita la correcta definición y localización de los centros de origen, domesticación y diversidad del maíz. (Serratos, 2009). En la actualidad, la mayoría de los genetistas están de acuerdo en que se deriva del teocintle, por su gran parentesco cromosómico de planta y su facilidad de entrecruzamiento (Acosta, 2009).

Evidencias aportadas por diversos investigadores señalan a Centroamérica como un importante centro de evolución y diversificación natural de varias poblaciones silvestres de teocintles, entre las que destacan las de *Zea nicaraguensis*, (reportada en 2002), cuya diversidad genética, aunada a la correspondiente a las poblaciones silvestres existentes en México, destacando entre éstas las de *Zea diploperennis* y *Zea mays spp. parviglumis*, fue utilizada por diversas culturas Mesoamericanas para crear al maíz. (Sánchez, 2011).

Mascareño (2013) propone un proceso evolutivo del *Zea mays ssp. mays* donde indica una posible causa de anamorfosis en las plantas de matriz teocintle lo que ocasiona en forma concatenada y en el mismo proceso, el acortamiento paulatino y supresión de ramas, la elongación longitudinal de la planta y la fusión de protomazorcas en una mazorca integradora única; ello deberá quedar plasmado en regiones polimórficas del genoma. Esto debido a la recurrente toxicidad por ácido sulfhídrico producto del estrés oxidativo milenario, propio de los vasos lacustres característicos del Eje Neovolcánico y en vegas saturadas de ríos en la Sierra Madre del Sur.

No cabe duda de que el principal suceso científico-tecnológico de Mesoamérica fue la domesticación del maíz, misma que, de acuerdo con las investigaciones, se logró hace unos 9,000 años en el sureste mexicano (Matsuoka *et al.*, 2002). Su evolución es producto de la interacción de los procesos biológicos y factores ecológicos con la dinámica cultural y los intereses del hombre (Benz, 1997).

Importancia del maíz en México

El maíz en la actualidad es una planta completamente domesticada, el hombre y el maíz han vivido y evolucionado juntos desde tiempos remotos, es una planta C4 con un alta tasa de actividad fotosintética, tiene el más alto potencial para la producción de carbohidratos por unidad de superficie. Fue el primer cereal a ser sometido a rápidas e importantes transformaciones tecnológicas en su forma de cultivo (Paliwal *et al.*, 2001).

Principalmente es utilizado para el consumo humano, también es utilizado para la alimentación del ganado y el uso industrial. En México las numerosas variedades de maíces (*Zea mays* L.) nativos se utilizan para elaborar además de la tortilla, una enorme cantidad de preparaciones culinarias tradicionales, lo que hace del maíz uno de los elementos fundamentales de la cocina nacional. Estos maíces siguen siendo el sustento de miles de familias rurales mexicanas (Fernández *et al.*, 2013). Por otra parte, muchas de las variedades criollas generan numerosos productos, más allá del grano, para los que existen mercados importantes, como

es el caso de las hojas de maíz ("totomoxtle") que se utilizan para envolver los tamales "platillo tradicional" (Hellin *et al.*, 2013).

En el 2016 la producción en México fue de 15.5 millones de toneladas obteniendo un rendimiento promedio de 4.2 ton/ha (SIAP, 2016). Sin embargo, no es suficiente para cubrir el consumo en México e importa alrededor de diez millones de toneladas para completar el consumo y Estados Unidos es el principal proveedor. Las importaciones de maíz en nuestro país presentan una tasa media de crecimiento anual de 6.5 % entre los años 2005 y 2014 como se muestra en la Figura 2.1 (FIRA, 2015).

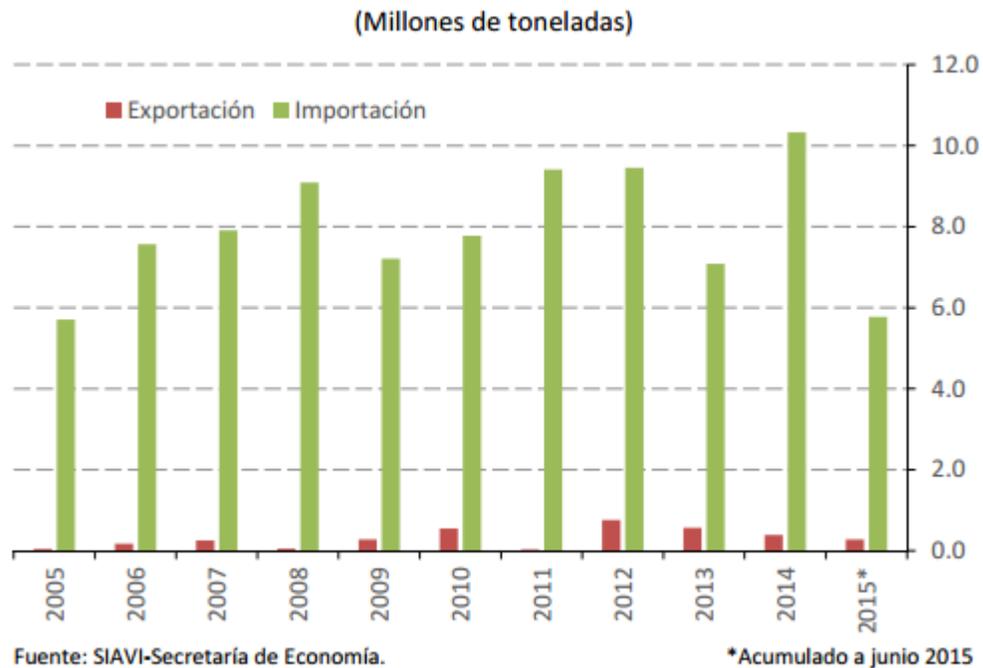


Figura 2.1 Balanza comercial de maíz en México, 2005 – 2015.

La adopción de mejores tecnologías es un requisito para que los productores de maíz mejoren su competitividad. Se ha estimado que el potencial de producción sostenible de este cereal en México es de 52 millones de toneladas, de las cuales 28 millones serían factibles de lograr en el corto plazo (tres a seis años), sin incrementar la superficie sembrada y sin utilizar maíz transgénico, mediante la aplicación de tecnología de producción, variedades y prácticas de cultivo

disponibles, desarrolladas por instituciones públicas nacionales de investigación y de educación superior (Turrent, 2009).

Actualmente se reconoce que el maíz es un cultivo no sólo del pasado, sino del futuro. Pues a diferencia de sus contrapartes más exitosas como el trigo en Europa y el arroz en Asia, que sólo se usan como alimentos cocidos y tienen poco uso en otras áreas industriales, el maíz tiene una versatilidad muy grande, reconociéndosele más de 800 aplicaciones industriales y alimenticias, por lo cual esta característica le abre un panorama muy amplio a futuro (Figuroa, 2010).

Mejoramiento genético

El mejoramiento genético se inició cuando el hombre primitivo cambió su hábito de recolección por una agricultura naciente, al seleccionar las mejores plantas y luego multiplicarlas; así, la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento. En 1900, con el descubrimiento de las leyes de la herencia dictadas por Gregor Mendel, se inicia una nueva etapa del mejoramiento. Al contar con bases científicas para buscar y seleccionar genotipos superiores en las poblaciones, para formar nuevos tipos de vegetales más o menos a voluntad, aprovechando la variabilidad de las poblaciones (Chávez, 1993).

Vallejo y Estrada (2002), definen al mejoramiento como el arte y la ciencia de alterar o modificar la herencia de las plantas para obtener cultivares mejorados genéticamente, adaptados a condiciones específicas, de mayores rendimientos económicos y de mayor calidad que las variedades nativas o criollas.

Una variedad mejorada se define como el conjunto de plantas con cierto nivel de uniformidad, producto de la aplicación de alguna técnica de mejoramiento genético con características bien definidas y que reúnen la condición de ser diferente a otros, y estables en sus características esenciales; generalmente tiene mayor rendimiento que las variedades que la antecedieron, así como condiciones favorables de calidad, precocidad, resistencia a plagas y enfermedades, y un potencial de uso para las regiones a las que se recomienda (Espinosa, 2008).

De las variedades de maíz sembradas en nuestro entorno, algunas son variedades híbridas, seleccionadas por su gran potencial productivo, obtenida del cruzamiento de dos líneas puras diferentes, una línea pura puede definirse como la descendencia de una planta única obtenida por autofecundación durante varias generaciones, hasta que el grado de homocigosis alcanzado sea tal que no se aprecie segregación en nuevas autofecundaciones. Lo que se pretende con el cruzamiento de líneas puras es obtener híbridos superiores a la población original (Ramírez, 2006).

Chávez (1993) define a la cruce, como el acto de fecundar gametos femeninos (óvulos) de un individuo con gametos masculinos (polen, espermatozoides, etc.) procedentes de otro. También se le denomina hibridación.

Tipos de cruces

Cruza fraternal: Es la que se efectúa entre plantas de una misma línea, variedad, etc. Es una cruce entre individuos hermanos. Comúnmente se utiliza para incrementar la semilla de progenitores (líneas) de híbridos y/o incrementar la semilla de variedades mejoradas.

Cruza simple: Es el cruzamiento entre dos genotipos diferentes, generalmente dos líneas endocreadas; también se denomina híbrido simple.

Cruza recíproca: Son aquellas que se efectúan entre dos plantas (líneas, variedades, etc.) y en las que el progenitor macho de una cruce es el progenitor hembra en la otra cruce. Si no hay efectos maternos (herencia citoplasmática u otros), entonces: $A \times B = B \times A$.

Cruza triple ó híbrido triple: Es el cruzamiento resultante entre un híbrido simple (F1 de una cruce simple) con una tercera línea.

Cruza doble: Es la F1 del cruzamiento de dos híbridos simples. También se le denomina híbrido doble.

Heterosis y heterobeltiosis

El resultado de la heterosis es la superioridad fenotípica de un híbrido sobre la media de sus padres con respecto a los rasgos tales como la tasa de crecimiento, el éxito reproductivo y el rendimiento (Lippman y Zamir, 2007). Existen dos hipótesis principales que explican el fenómeno de heterosis: la de dominancia y la de sobre-dominancia (Allard, 1960). La hipótesis de sobre-dominancia se basa en la complementación de los alelos cuando estos se encuentran en estado heterocigótico en el individuo, mientras que la de dominancia se basa en que los descendientes híbridos deben poseer mayor cantidad de alelos dominantes que el que posee por separado cada uno de sus progenitores. La heterobeltiosis es la superioridad del híbrido F1 sobre su mejor padre.

La superioridad de la F1 en comparación con la media de sus padres no es tan importante ya que no ofrece ventajas sobre los mejores padres, mientras que la heterobeltiosis es la diferencia de la generación F1 con respecto al mejor progenitor, ambos son expresados en porcentaje.

El uso de la heterosis ha desarrollado una industria de semillas que cambió drásticamente el panorama del mejoramiento de plantas, sin duda la contribución de la tecnología híbrida F1 ha aumentado la producción de alimentos en muchas regiones del mundo.

Estimación de la heterosis y heterobeltiosis:

$$H = \frac{F_1 - \frac{P_1 + P_2}{2}}{\frac{P_1 + P_2}{2}} \times 100$$

$$H = \frac{F_1 - P_s}{P_s} \times 100$$

En donde:

F1= Rendimiento del híbrido

P1= Rendimiento de un progenitor

P2= Rendimiento de otro progenitor

Ps= Progenitor superior

Ramírez *et al.* (2007) indican que las acciones genéticas aditivas, de dominancia, sobredominancia, epistasis; así como las interacciones genético-ambientales, contribuyen a la existencia de heterosis, que a su vez se basa en el cruzamiento de germoplasma con acervos genéticos u orígenes geográficos.

Por su parte De la cruz *et al.* (2010) encontraron efectos positivos de heterosis con respecto al progenitor superior, al evaluar 8 poblaciones de maíz mediante un dialélico de Griffing 2, en donde sobresalieron las poblaciones 23 y 43 con la mayor heterosis para rendimiento de grano. Martínez *et al.* (2016), estimaron valores de heterosis de entre el -12% y 36.4%, encontrando 8 cruza de 15 con heterosis positiva para rendimiento de grano por hectárea, los valores negativos de heterosis generalmente se atribuyen a insuficiente diversidad genética entre poblaciones o posiblemente a la presencia de efectos interalélicos o intraalélicos que reducen la expresión del carácter medido.

Tipos de expresión de los caracteres

La manifestación fenotípica de los caracteres que definen a una variedad dependen del potencial genético (genotipo), del ambiente y la interacción genotipo-ambiente. De acuerdo con su grado de interacción con el medio ambiente los caracteres descriptivos se diferencian en fijos (cualitativos) o variables (cuantitativos), los fijos dependen generalmente de uno o de pocos genes y las modificaciones que experimentan por acción del medio ambiente son pocas, mientras que los caracteres variables dependen de pocos o de muchos genes y son más afectados por el medio ambiente (Muñoz *et al.*, 1993).

Cada uno de estos caracteres cuantitativos y cualitativos son evaluados en distintas etapas fenológicas de la planta pues es en una de estas etapas que alcanzan su mayor expresión fenotípica. Dentro de los caracteres cuantitativos está la altura de planta, altura de mazorca, diámetro de tallo, ancho de lámina foliar, longitud de entre nudos, etc. En relación a los cualitativos se encuentran la forma característica de la hoja, forma de la espiga, grado de zigzagado, cloración

por antocianinas acumuladas en distintas partes de la planta como son entre nudos, vaina foliar, aurícula, glumas, anteras, etc.

Mendoza (2013), evaluó la acumulación de antocianinas en maíz durante el ciclo del cultivo, determinando que existe un patrón de acumulación de antocianinas bien definido el cual fue: vainas foliares, laminas foliares, tallo, espiga, brácteas del jilote, pedúnculo, olote y grano, obteniendo la mayor producción de antocianinas a los 118 días después de la siembra, sin embargo en el periodo comprendido entre 118 y 138 días después de la siembra el contenido de antocianinas se redujo en 60 a 65 % lo cual indica que las antocianinas se degradan al final del ciclo biológico, siendo las láminas foliares y la espiga los órganos más afectados.

Por su parte Fallas *et al.* (2011), caracterizaron el desarrollo del híbrido de maíz HC-57 encontrando que en la etapa de V1-VT hay un incremento significativo del número de hojas y altura de planta, después de esta etapa la planta no presenta ningún incremento significativo. La estabilización en la producción de material vegetativo observada en la emisión de hojas nuevas y altura de planta corresponde con el inicio del proceso reproductivo de la planta e inicio de formación de la mazorca.

Dentro de la expresión de caracteres, se ha encontrado diferencias significativas cuando se utilizan cruza recíprocas en la formación de híbridos simples tal como lo mencionan Ávila *et al.* (2009), al observar efectos recíprocos significativos en altura de planta y longitud de mazorca debido a la diversidad genética y el diferente origen geográfico de los progenitores que influye en la manifestación de los efectos recíprocos.

Descripción varietal

El Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), es un documento que tiene la lista de variedades vegetales que han sido descritas de acuerdo con estándares internacionales, las cuales permitan distinguir y caracterizar variedades de un mismo cultivo

El primer requisito para registrar una variedad vegetal, es presentar una solicitud ante el SNICS. Como requerimiento principal y de acuerdo con el reglamento de la Ley Federal de Variedades Vegetales (1996), se especifica presentar junto con la solicitud, un informe técnico, el cual detalle las características de la variedad. Este informe está formulado con base en guías técnicas para cada género y especie; y en Normas Mexicanas, expedidas por la Secretaría.

El Informe Técnico es el resultado del examen DHE. Dicho examen, lo puede realizar el propio solicitante apoyándose de herramientas técnicas como: Directrices de examen, publicadas por la UPOV; y de guías técnicas para la descripción varietal, integradas por el SNICS. Las guías técnicas, son documentos en los que se establecen las características para identificar y distinguir claramente una variedad de otra. En estos documentos se incluye la metodología para la evaluación, requisitos técnicos que debe cumplir una variedad vegetal, para su registro. Asimismo, se integran los diferentes elementos, métodos, uniformidad de criterios y se proporcionan los mecanismos que permitan la identificación objetiva de los descriptores varietales.

El examen DHE consiste en establecer en campo la variedad a registrar y compararla con las variedades notoriamente conocidas. Consta de dos ciclos de cultivos homólogos, durante los cuales se verifica que la variedad candidata sea distinta a las variedades existentes; que sea homogénea y estable en la expresión de las características que la identifican.

Distinta: tendrá esta característica la variedad vegetal que se distinga técnica y claramente por uno o varios caracteres pertinentes de cualquiera otra variedad, cuya existencia sea conocida en el momento de solicitar la protección.

Homogénea: La variedad deberá ser suficientemente homogénea, teniendo en cuenta las particularidades que presente su reproducción sexuada o su multiplicación vegetativa.

Estabilidad: este requisito se cumplirá si los caracteres pertinentes de una variedad vegetal se mantienen con un alto nivel de homogeneidad tras sucesivas multiplicaciones, en los términos de las guías técnicas respectivas.

Muñoz *et al.* (1993), mencionan que la presencia de aristas o la resistencia de una enfermedad sirven para definir la condición de diferente; otros caracteres como la altura de planta o la fecha de floración describen la uniformidad; estos y otros como el color de la flor o el color del grano, determinan la estabilidad.

Por su parte Hernández (2012), realizó la descripción varietal de tres poblaciones de maíz amarillo, POBAM, pool 33 y pool 34 utilizando como variedad de referencia a la pool 33 y pool34. Considerando a la población amarillo (POBAM) distinta, estable y homogénea, encontrando diferencias en siete de los 25 caracteres evaluados en el análisis de los caracteres cuantitativos. Así mismo las poblaciones fueron diferentes en la mayoría de los caracteres cualitativos.

Importancia de la protección de variedades vegetales

El registro en el CNVV es el primer requisito para la inscripción de una variedad en un programa de producción de semillas. Sin embargo, no confiere protección legal sobre los derechos de los obtentores de variedades vegetales. Proteger una variedad significa conceder y avalar derechos al propietario intelectual que obtuvo la nueva variedad vegetal, para su uso, producción, reproducción, comercio y/o permisos exclusivos y por tiempo definido.

Un obtentor es quien, mediante un proceso de mejoramiento adquiere una nueva variedad vegetal, la cual cumple con las características de distinción, homogeneidad y estabilidad.

Los derechos de un obtentor se conceden mediante un título de obtentor, emitido por el Estado a través del SNICS. Estos derechos reconocen al titular como obtentor de una variedad vegetal, son intransferibles e imprescriptibles; permiten aprovechar y explotar la variedad y su material de propagación en forma exclusiva y de manera temporal, por sí o por terceros con su consentimiento. De esta

manera, la variedad podrá ser utilizada en la producción, reproducción, distribución o venta; así como, en la producción de otras variedades vegetales e híbridos con fines comerciales.

La Ley Federal de Variedades Vegetales en 1996 establece que los derechos de obtentor tendrán una duración de dieciocho años, para especies perennes (forestales, frutícolas, vides, ornamentales) y sus porta injertos; y de quince años para las demás especies.

Quien aproveche o explote una variedad vegetal o su material de propagación, desde la fecha de expedición de la constancia de presentación y hasta el otorgamiento del título de obtentor correspondiente, sin consentimiento de quien resulte ser el obtentor, será responsable de los daños y perjuicios que origine a este último. El obtentor podrá exigir, a partir del inicio de la vigencia de su título, tales daños y perjuicios.

Actualmente, las leyes mexicanas de protección varietal se encuentran definidas con base en las emitidas por la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV).

El registro y protección de variedades consiste en administrar y coordinar el sistema que fomente la generación y transferencia de tecnología en variedades vegetales a fin de incrementar la producción agropecuaria a través de la integración de un marco técnico y normativo cuya operación eficaz y oportuna permita a los productores nacionales e internacionales la explotación de mejores variedades (SNICS, 2016).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de área de estudio

El presente estudio se realizó en el campo experimental del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, situado en el municipio de Texcoco de Mora en el Estado de México cuya ubicación geográfica es de 19° 30' latitud norte, 98° 53' longitud oeste y una altitud de 2,250 msnm. Su clima es templado subhúmedo con una precipitación media anual de 636.5 mm, temperatura media anual de 15.2°C, una temperatura media máxima de 17.9° C y media mínima de 11.8° C (García, 1987).

Material genético

El material genético del cual se realizó la descripción varietal fueron tres líneas puras y tres cruzas simples generadas por el programa de mejoramiento para Valles Altos del CIMMYT., los cuales fueron: **Genotipo 1**, **Genotipo 2**, **genotipo 3**, estos tres primeros como líneas puras, **Genotipo 4** cruza simple derivada del G2/G3, **Genotipo 5** que es la cruza recíproca del genotipo 4 es decir G3/G2 y **Genotipo 6** cruza directa del G2/G1.

Procedimiento

Los materiales fueron sembrados en campo abierto durante el ciclo Primavera-Verano del año 2016, bajo condiciones de riego por cintilla. Cada material fue establecido en una parcela, la cual constó de 13 surcos con 5 metros de largo y una distancia entre surcos de 75 cm. La siembra se realizó con dos semillas por golpe colocando 23 golpes por surco, posteriormente se realizó un raleo para dejar una sola planta.

Para realizar la caracterización de cada material se seleccionaron 50 plantas al azar que estuvieran en competencia completa, evaluando en cada una de las plantas el descriptor correspondiente a la etapa fenológica de acuerdo a los lineamientos de la guía técnica para la descripción varietal en maíz (*Zea mays* L.).

Caracteres evaluados

Se evaluaron los caracteres cuantitativos y cualitativos en cada una de las 50 plantas o partes de plantas seleccionadas por genotipo.

Caracteres cuantitativos

Etapa fenológica V4. Crecimiento, 4 hojas desdobladas

D2. Primera hoja: longitud (LPH). Se midió la longitud de la lámina de la hoja en centímetros, del extremo inferior donde termina la vaina hasta el ápice de la hoja. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1= Muy corta (≤ 2.0); 3= Corta (2.1-3.5); 5= Media (3.6-4.5) 7= Larga (4.6- 5.5); 9: Muy larga (≥ 5.5).

D3. Primera hoja: ancho (APH). Se midió la distancia entre bordes en la parte central de la lámina de la hoja y se expresa en centímetros. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy estrecha (≤ 0.5); 2: estrecha (0.6-0.9); 3: media (1.0-1.3); 4: ancha (1.4-1.7); 5: muy ancha (> 1.7).

D4. Primera hoja: relación largo / ancho (L/A). Se calculó dividiendo la longitud de la primera hoja entre el ancho de la primera hoja. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pequeña (≤ 1.5); 3: pequeña (1.6-3.0); 5: media (3.1-4.5); 7: grande (4.6-6.0); 9: muy grande (> 6.0).

Etapa fenológica R1. Mitad de antesis

D25. Espiga: floración masculina (FM). Se observó en el tercio medio del eje principal de la espiga. Se deben indicar el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha donde el 50 % de las plantas se encuentran en antesis.

D26. Espiga: longitud del pedúnculo (LPE). Se midió en centímetros a partir del nudo de la hoja bandera hasta la rama lateral más baja de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta (< 1.0); 3: corta (1.1–12.0); 5: media (12.1–20.0); 7: larga (20.1–28.0); 9: muy larga (> 28.0).

D27. Espiga: longitud (LE). Se midió desde la base de la rama lateral más baja hasta el ápice de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta

(≤ 15.0); 3: corta (15.1-27.0); 5: mediana (27.1-35.0); 7: larga (35.1-43.0); 9: muy larga (> 43.0).

D28. Espiga: longitud del eje principal (LEP). Se midió desde la base de la rama lateral más alta hasta el ápice de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta (≤ 7.0); 3: corta (7.1-16.0); 5: media (16.1-22.0); 7: larga (22.1-28.0); 9: muy larga (> 28.0).

D38. Jilote: floración femenina (FF). Se indicó los días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en el que el 50% de las plantas presentan estigmas de maíz de 1 cm de longitud.

Etapas fenológicas R2. Mitad antesis – Cariópside en madurez acuosa

D14. Tallo: diámetro (DT). Se midió en milímetros justo en el centro del entrenudo de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pequeño (≤ 10.0); 2: pequeño (10.1-15.0); 3: medio (15.1-20.0); 4: grande (20.1-25.0); 5: muy grande (> 25.0).

D42. Espiga: longitud de ramas laterales (LRL). Se midió la rama lateral inferior de la espiga en centímetros desde su base hasta su ápice. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta (≤ 10.0); 3: corta (10.1-15.0); 5: media (15.1-20.0); 7: larga (20.1-25.0); 9: muy larga (> 25.0).

Etapas fenológicas R3. Mitad antesis – Medio lechoso

D13. Tallo: longitud media de entrenudos inferiores (LEI). Se calculó midiendo en centímetros la distancia de los entrenudos, a partir del nudo de la mazorca superior hasta el nudo de la base del tallo, se sumaron los valores y se divide entre el número de entrenudos medidos. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta (≤ 1.0); 3: corta (1.1-7.0); 5: media (7.1-11.0); 7: larga (11.1-15.0); 9: muy larga (> 15.0).

D15. Tallo: longitud media de entrenudos superiores (LES). Se calculó midiendo la distancia de entrenudos, a partir del nudo de la mazorca superior hasta el nudo de

la hoja bandera, se sumaron los valores y se dividió entre el número de entrenudos medidos. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta (≤ 4.0); 3: corta (4.1-10.0); 5: media (10.1-14.0); 7: larga (14.1-18.0); 9: muy larga (>18.0).

Etapas fenológicas R4. Masoso – suave

D43. Planta: longitud (LP). Se midió en centímetros desde la base del suelo hasta el ápice de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy baja (≤ 130); 3: baja (131-190); 5: media (191-220); 7: alta (221-300); 9: muy alta (> 300).

D44. Planta: altura de la mazorca (AM). Se midió en centímetros desde la base del suelo hasta el nudo de inserción de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy baja (≤ 60); 3: baja (61-100); 5: media (101-120); 7: alta (121-160); 9: muy alta (> 160).

D45. Planta: relación entre la altura de la mazorca superior y la altura de la planta (RM/P). Se calculó dividiendo la altura de la mazorca superior entre la altura de planta. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pequeña (≤ 0.25); 3: pequeña (0.26-0.45); 5: media (0.46-0.65); 7: alta (0.66-0.90); 9: muy alta (> 0.90).

D46. Hoja: ancho de lámina (AL). Se midió en centímetros en la parte media de la hoja que se encuentra en la vaina de la mazorca principal. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy estrecha (≤ 5.0); 3: estrecha (5.1-8.0); 5: mediana (8.1-11.0); 7: ancha (11.1-14.0); 9: muy ancha (> 14.0).

Etapas fenológicas R6. Madurez fisiológica (Cariópside dura)

D48. Mazorca: longitud del pedúnculo (LPM). Se midió en centímetros desde el nudo de inserción de la mazorca superior hasta su base. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corto (≤ 5.0); 3: corto (5.1-14.0); 5: medio (14.1-20.0); 7: largo (20.1-26.0); 9: muy largo (> 26.0).

D49. Mazorca: longitud (LM). Se midió en centímetros desde la base de la mazorca hasta su ápice. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy corta (\leq

10); 3: corta (10.1-15.0); 5: media (15.1-20.0); 7: larga (20.1-25.0); 9: muy larga (> 25.0).

D50. Mazorca: diámetro (DM). Se midió en milímetros en la parte media de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pequeño (\leq 4.0); 3: pequeño (4.1-5.0); 5: medio (5.1-6.0); 7: grande (6.1-7.0); 9: muy grande (> 7.0).

D53. Mazorca: número de hileras de granos (NHG). Se contó el número de hileras de granos en la parte media de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pocas (< 10); 3: pocas (12-16); 5: media (18-22); 7: muchas (24-30); 9: numerosas (> 30).

D54. Mazorca: número de granos por hilera (NGH). Se contó el número de granos por hilera desde la base hasta el ápice de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pocos (\leq 20); 3: pocos (21-30); 5: medio (31-40); 7: muchos (41-50); 9: numerosos (> 50).

Caracteres cualitativos

Etapas fenológicas V2. Crecimiento, 2 hojas desdobladas

D1. Primera hoja: coloración de la vaina por antocianinas. Se evaluó cuando la plántula tenía dos hojas desdobladas, observando las distintas tonalidades de color rojizo que generan las antocianinas. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

Etapas fenológicas V4. Crecimiento, 4 hojas desdobladas

D5. Primera hoja: forma de la punta. Se observó directamente la forma de la punta la primera hoja de la plántula. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: puntiaguda; 2: puntiaguda a redondeada; 3: redondeada; 4: redondeada a espatulada; 5: espatulada.

Etapas fenológicas R1. Inicio de antesis

D6. Hoja: ángulo de inserción de las hojas abajo de la mazorca superior. Se midió el ángulo entre la lámina y el tallo de las hojas por debajo de la mazorca superior. Clasificándolas de la siguiente manera: 1: erecto ($\leq 30^\circ$); 2: semierecto ($31-60^\circ$); 3: semihorizontal ($61-90^\circ$); 4: caído ($> 90^\circ$).

D7. Hoja: ángulo entre la lámina y el tallo. Se midió el ángulo en la hoja, justo arriba de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy pequeño ($< 5^\circ$); 3: pequeño ($\pm 25^\circ$); 5: medio ($\pm 50^\circ$); 7: grande ($\pm 75^\circ$); 9: muy grande ($> 90^\circ$).

D8. Hoja: ángulo de inserción de las hojas por arriba de la mazorca superior. Se midió el ángulo entre la lámina y el tallo de las hojas por arriba de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: erecta ($\leq 30^\circ$); 2: semierecta ($31-60^\circ$); 3: semihorizontal ($61-90^\circ$); 4: caído ($> 90^\circ$).

D9. Hoja: forma característica. Se observó la caída de la hoja que se encuentra justo arriba de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: rectilínea; 3: ligeramente; 5: curvada; 7: fuertemente curvada; 9: muy fuertemente curvada.

D10. Hoja: ondulación del margen laminar. Se realizó la observación directa del borde de la hoja de la mazorca principal. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente; 2: moderada; 3: fuerte.

Etapa fenológica R1. Mitad antesis

D12. Tallo: número de hijuelos por planta. Se contó el número de hijuelos que se desprenden a partir de las yemas ubicadas en los nudos inferiores de la planta y se clasificaron de la siguiente manera: 1: ausentes; 2: 1 por planta; 3: 2-3 por planta; 4: 4-5 por planta; 5: > 5 por planta.

D16. Tallo: grado de zigzag. Se observó a lo largo del tallo para determinar el grado en que la estructura es recta o en zigzag. Se clasificaron en los siguientes niveles: 3: ausente o muy ligero; 5: ligero; 7: fuerte.

D18. Hoja: presencia de arrugas longitudinales. Se observó la presencia de arrugas a lo largo de la hoja de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausentes; 9: presentes.

D19. Hoja: coloración de la lámina. Se determinó mediante la observación directa de la lámina de la hoja de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: verde claro; 2: verde; 3: verde oscuro; 4: rojiza; 5: morada.

D21. Hoja: coloración por antocianinas en la vaina, en la parte media de la planta. Se observó directamente en la vaina de la hoja que se encuentra en la parte media de la planta. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

D29. Espiga: ángulo. Se determinó mediante la medición del ángulo formado entre el eje principal y una rama lateral del tercio inferior de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: muy compacta ($\leq 10^\circ$); 3: compacta ($\pm 25^\circ$); 5: semiabierta ($\pm 50^\circ$); 7: abierta ($\pm 75^\circ$); 9: postrada ($> 90^\circ$).

D30. Espiga: posición de ramas laterales. Se realizó la observación directa en el tercio inferior de la espiga para determinar el grado en que las ramas laterales se curvan. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: rectilíneas; 3: ligeramente curvadas; 5: curvadas; 7: fuertemente curvadas; 9: muy fuertemente curvadas.

D31. Espiga: número de ramas laterales primarias. Se determinó contando el número total de ramas laterales presentes en la espiga y se clasificaron en las siguientes categorías: 1: ausentes; 2: muy pocas (1-3); 3: pocas (4-6); 4: medio (7-9); 5: alto (10-12); 6: muy alto (> 12).

D32. Espiga: ramas secundarias. Se realizó la observación directa de la espiga para determinar si tenía ramas secundarias. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausentes; 9: presentes.

D33. Espiga: densidad de espiguillas. Se observó directamente en el tercio medio de la rama principal de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 3: laxa; 5: media; 7: densa.

D34. Espiga: coloración por antocianinas en la base de las glumas. Se determinaron las distintas tonalidades de color rojizo por la presencia de antocianinas, mediante la observación directa en la base de las glumas del tercio medio del eje principal de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

D35. Espiga: coloración por antocianinas en las glumas. Se observaron las glumas en el tercio medio de la rama principal de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

D36. Espiga: coloración por antocianinas en las anteras. Se observó la coloración de las anteras en el tercio medio de la rama principal de la espiga. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

D39. Jilote: coloración por antocianinas en los estigmas. Se observó directamente en la mazorca superior cuando los estigmas sobresalían de las brácteas. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente; 9: presente.

D40. Jilote: intensidad de la coloración por antocianinas. Se determinó la intensidad de coloración mediante la observación directa de los estigmas de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

D41. Jilote: desarrollo de filodios. Se observó directamente en la mazorca superior, se refiere a la presencia de las extensiones de las brácteas de la mazorca. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy poco; 3: poco; 5: moderado; 7: mucho; 9: abundante.

Etapas fenológicas R2. Mitad antesis – Cariópside en madurez acuosa

D17. Tallo: coloración por antocianinas en nudos. Se realizó la observación directa de los nudos a lo largo del tallo. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

D20. Hoja: coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo. Se determinó mediante la observación directa en las vainas de las tres primeras hojas desde la base del tallo. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: verde claro; 2: verde; 3: verde oscuro; 4: rojiza; 5: morada; 6: café.

D22. Hoja: coloración de la vaina en la hoja de la mazorca principal. Se realizó la observación directa en vaina de la hoja que se encuentra exactamente debajo de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: verde claro; 2: verde; 3: verde oscuro; 4: rojiza; 5: morada; 6: café.

D23. Hoja: coloración de la aurícula. Se realizó una sola observación de la aurícula, en la hoja que se encuentra debajo de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: blanca; 2: verde claro; 3: verde; 4: púrpura claro; 5: púrpura medio; 6: púrpura fuerte; 7: café.

D24. Hoja: pubescencia sobre el margen de la vaina. Se determinó mediante la observación directa de la vaina, en la hoja que se encuentra debajo de la mazorca superior. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy poca; 3: poca; 5: media; 7: mucha.

D37. Espiga: cubrimiento por la hoja bandera. Se determinó el porcentaje de la espiga cubierta por la hoja bandera, mediante la observación directa. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente; 3: poca ($\pm 25\%$); 5: media ($\pm 50\%$); 7: mucha ($> 75\%$).

Etapas fenológicas R3. Mitad antesis – Medio lechoso

D11. Tallo: coloración por antocianinas en raíces adventicias. Se realizó la observación directa de las raíces adventicias que se desarrollan en los nudos de la base del tallo. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

Etapas fenológicas R6. Madurez fisiológica (Cariópside dura)

D47. Planta: número de mazorcas por planta. Se calculó el porcentaje del número de mazorcas, mediante el conteo de mazorcas por planta y dividiéndolo en el número de tallos principales en la muestra. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: 0-20 %; 2: 21-40 %; 3: 41-60 %; 4: 61-80 %; 5: 81-100 %; 6: 101-120 %; 7: 121-140 %; 8: 141-160 %; 9: > 160 %.

D51. Mazorca: forma. Se determinó mediante la observación directa de la mazorca superior, bien desarrollada. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: cónica; 2: cónica-cilíndrica; 3: cilíndrica.

D52. Mazorca: arreglo de hileras de granos. Se observó la forma que tenían las hileras de granos en la mazorca superior bien desarrollada. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: recta; 3: en espiral; 4: irregular.

D55. Mazorca: tipo de grano. Se determinó mediante la observación del grano en el tercio medio de la mazorca superior. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: cristalino; 2: semicristalino; 3: semidentado (intermedio); 4: dentado; 5: harinoso; 6: reventador; 7: dulce; 8: ceroso.

D56. Mazorca: forma de la corona del grano. Se observó la forma del grano en el tercio central de la mazorca superior bien desarrollada. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: convexa; 2: hendida; 3: puntiaguda.

D57. Mazorca: color del grano. Se determinó la apariencia externa del grano mediante la observación directa en el tercio medio de la mazorca superior bien desarrollada. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: blanco; 2: blanco cremoso; 3: amarillo claro; 4: amarillo; 5: amarillo oscuro; 6: naranja; 7: rojo claro; 8: rojo; 9: rojo oscuro; 10: azul; 11: azul oscuro; 12: negro.

D58. Mazorca: color dorsal del grano. El color se observó en el lado opuesto a la posición del embrión, en la parte media de la mazorca superior. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: blanco; 2: blanco cremoso; 3: amarillo claro; 4: amarillo; 5: amarillo oscuro; 6: naranja; 7: rojo claro; 8: rojo; 9: rojo oscuro; 10: azul; 11: negro; 12: variegado.

D59. Mazorca: color del endospermo del grano. Para hacer esta observación se realizó un corte transversal del grano de la parte media de la mazorca superior. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: blanco; 2: amarillo; 3: naranja.

D60. Mazorca: coloración por antocianinas en las glumas del olote. Se determinó mediante la observación directa de las glumas del olote de la mazorca superior. Se clasificaron en las siguientes categorías: 1: ausente; 9: presente.

D61. Mazorca: intensidad de la coloración por antocianinas en las glumas del olote. Se observó la coloración presente en las glumas del olote de la mazorca principal. Se clasificaron en los siguientes niveles: 1: ausente o muy débil; 3: débil; 5: media; 7: fuerte; 9: muy fuerte.

Análisis de la información

Para el análisis de los caracteres cuantitativos se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM de SAS, adicionalmente se realizó una prueba de medias, DMS $p \leq 0.05$; en los caracteres cualitativos se determinó la frecuencia y porcentajes de los estados de los descriptores mediante la hoja de cálculo Excel y por medio de un análisis de conglomerados, se diferencié a los genotipos formando grupos de individuos semejantes entre sí en base a las características evaluadas, de igual forma se procedió con las variables cuantitativas y cualitativas.

El análisis de conglomerados (Cluster Analysis) es una técnica multivariante que agrupa elementos o variables tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos, su interpretación se realiza mediante un dendograma en donde a menor distancia de ligamento mayor es la similitud entre elementos o variables (De la Fuente, 2011).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida mediante los descriptores varietales establecidos por el SNICS para la descripción de los genotipos de maíz, fue analizada en caracteres cuantitativos y cualitativos.

Caracteres Cuantitativos

Los resultados obtenidos de los análisis de varianza para los caracteres cuantitativos de los genotipos de maíz evaluados se presentan en el Cuadro IV.1, donde se aprecia que solo en los descriptores D3, D4 y D45 no se presentaron diferencias entre los genotipos, existiendo diferencias altamente significativas en el resto de descriptores.

Cuadro IV.1 Resultados del análisis de varianza para los descriptores cuantitativos de los 6 genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Variables	Media (cm)	Significancia	CV (%)
D2. Longitud de la primera hoja	4.22	0.0001	24.22
D3. Ancho de la primera hoja	1.38	0.0593	77.88
D4. Relación largo/ancho de la primera hoja	3.32	0.67	39.74
D13. Longitud media de entrenudos inferiores	15.95	0.0001	9.22
D14. Diámetro del tallo	16.32*	0.0001	10.55
D15. Longitud media de entrenudos superiores	15.07	0.0001	8.96
D25. Floración masculina	81.83»	0.0001	1.99
D26. Longitud del pedúnculo de la espiga	18.52	0.0001	19.96
D27. Longitud de la espiga	36.27	0.0001	40.85
D28. Longitud del eje principal en la espiga	23.1	0.0001	29.7
D38. Floración femenina	83.74»	0.0001	5.78
D42. Longitud de las ramas laterales de la espiga	20	0.0001	83.74
D43. Longitud de planta	249.77	0.0001	8.92
D44. Altura de mazorca	113.9	0.0001	12.33
D45. Relación entre la altura de mazorca y altura de planta	0.49	0.3722	131.37
D46. Ancho de lámina	10.11	0.0001	7.02
D48. Longitud del pedúnculo de la mazorca	6.15	0.0001	20.23

D: Descriptor varietal, CV: Coeficiente de variación, *: Media de la variable en milímetros, »: media en días.

D2. Longitud de la primera hoja (LPH)

Los resultados de la prueba de medias para el descriptor D2 de los genotipos de maíz evaluados, se presentan en el Cuadro IV.2. Obteniendo una hoja de largo medio en los genotipos G2, G3, G4 y G6, con una longitud media que oscilan entre los 3.6 a 4.5 cm, mientras que el G1 mostró una longitud media corta de 3.4 cm y el valor más alto fue del material G5 con una longitud de hoja larga con promedio de 4.6 cm.

En las líneas puras solo la G2 fue estadísticamente igual que las cruzas simples, formando el primer grupo de significancia, en tanto que G3 y G1 formaron el grupo b.

Cuadro IV.2 Prueba de medias del descriptor longitud de hoja de los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D2. Primera hoja: Longitud en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	3.4 b»	4.1 a	3.7 b	4.4 a	4.6 a	4.5 a
Max	5.6	5	4.9	6	5.8	6.1
Min	1.3	3.4	2.9	3.1	3.3	3.5
DE	0.48	0.41	0.36	0.53	2.16	0.70
CV (%)	14.1	9.9	9.7	12	46.9	15.5

D2: Descriptor establecido por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D3. Ancho de la primera hoja (APH)

Los resultados para este descriptor muestran similitudes entre las líneas G1, G2, G3 y la craza simple G4, teniendo una hoja de ancho medio en un rango de 1.0 a 1.3 cm.

Las cruzas G5 y G6, tienen una hoja ancha con 1.7 y 1.5 cm respectivamente. Por lo tanto son diferentes a los otros genotipos evaluados de acuerdo a la

clasificación de la guía técnica, pero estadísticamente todos los genotipos fueron iguales (Cuadro IV.3), como previamente se había mencionado en el Cuadro 4.1.

Cuadro IV.3 Prueba de medias del descriptor ancho de la primer hoja de los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D3. Primera hoja :Ancho en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	1.1 a»	1.3 a	1.1 a	1.2 a	1.7 a	1.5 a
Max	1.5	1.7	1.4	1.9	1.9	2
Min	.7	1	.9	.8	1	1.1
DE	.14	.17	.10	.23	2.49	.42
CV (%)	12.7	13.2	8.9	18.1	146	28

D3: Descriptor establecido por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D4. Relación largo/ancho de la primera hoja (L/A)

La relación obtenida del largo de la hoja entre el ancho de la misma no mostró diferencias entre los genotipos. Las líneas G2, G3 y las cruza simples, tienen una relación media de 3.1, 3.2, 3.4, 3.4 y 3.4 respectivamente; el material con el valor más bajo en este descriptor fue el G1 con un promedio de 3.0 y relación de hoja pequeña (Cuadro IV.4).

Cuadro IV.4 Prueba de medias del descriptor relación entre el largo y ancho de la hoja para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D4. Primera hoja: Relación Largo/Ancho.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	3 a»	3.1 a	3.2 a	3.4 a	3.4 a	3.4 a
Max	6.2	4.8	4.5	5	4.9	4.2
Min	1	2.3	2.2	2.6	2.3	2.2
DE	0.70	0.51	0.44	0.58	1.83	2.34
CV (%)	23.3	16	13.8	16.6	53.82	68.8

D3: Descriptor establecido por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D13. Longitud media de entrenudos inferiores (LEI)

En el Cuadro IV.5 se muestran los resultados obtenidos para este carácter.

Las cruza simples no mostraron diferencias entre ellas y conformaron el primer grupo de significancia, teniendo una longitud de entrenudos muy larga, los valores sobrepasan los 15.0 cm. Los resultados obtenidos coinciden con los de Ávila *et al.* (2009) al describir el híbrido de maíz H-52 con una longitud muy larga de los entrenudos inferiores (> 15 cm).

Las líneas G2 y G3 tuvieron un promedio de 13.6 cm clasificándose con una longitud larga y se ubicaron en un segundo grupo de significancia; el valor más bajo lo obtuvo el genotipo 1 con una longitud de entrenudos de 10.8 cm.

La diferencia obtenida de las cruza simples en comparación con las líneas puede deberse al efecto de heterosis, como lo mencionan Lippman y Zamir (2007) el resultado es la superioridad fenotípica de un híbrido sobre la media de sus padres.

Cuadro IV.5 Resultados del descriptor longitud media de entrenudos inferiores para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D13. Tallo: Longitud media entre nudos inferiores (cm).					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	10.8 c»	13.6 b	13.6 b	18.2 a	18.5 a	19 a
Max	14.8	16.9	15.5	21.2	20.5	25
Min	8.2	9	11.8	13.4	15.7	14.6
DE	1.1	1.6	0.8	1.4	1	2.2
CV (%)	10.5	11.7	6.3	8	5.5	11.5

D13: Descriptor establecido por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D14. Diámetro del tallo (DT)

Los resultados indican que el genotipo 1 tuvo un diámetro de tipo medio, con un promedio de 17.1 mm y en comparación con las otras dos líneas fue diferente ya que estas contaron con un diámetro de tallo pequeño con un promedio de 14.3 y 13.8 mm, por lo que se ubicaron en el último grupo de significancia.

El genotipo 4 tiene un promedio en su diámetro de 17 mm, el cual es estadísticamente igual a su cruce recíproca G5 con un promedio de 17.5 mm; el valor más alto lo obtuvo la cruce simple G6 con 18.4 mm, esta es diferente de acuerdo a la prueba de medias en comparación a las cruces simples contando con un diámetro de tallo de tipo medio. Los resultados se presentan en el Cuadro IV.6.

Cuadro IV.6 Prueba de medias del descriptor diámetro de tallo para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D14. Tallo: Diámetro en mm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	17.1 b»	14.3 c	13.8 c	17 b	17.5 b	18.4 a
Max	21.3	17.2	17.3	19.7	20.3	28.2
Min	14.7	12.6	11.4	14.5	13.7	15
DE	1.4	1	1.1	1.3	3	1.4
CV	8.1	7	8.4	7.6	17.1	7.6

D14: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D15. Longitud media de entrenudos superiores (LES)

Los resultados del descriptor 15 en los genotipos de maíz evaluados se presentan en el Cuadro IV.7.

Para el genotipo 1 se tuvo un promedio de 12.4 cm, esta es diferente a los genotipos evaluados, el G2 tiene 13.1 cm y 13 cm para el G3, por lo cual no hay diferencias entre ellos; presentan una longitud de entre nudos media al clasificarse en un rango de 10.1 a 14.0 cm.

Se tuvo un promedio de 16.8 cm para la cruce simple G4, la cual no mostró diferencia en comparación con su cruce recíproca G5 al tener esta un promedio en su longitud de entrenudos de 16.7 cm. El material con el valor más alto fue la cruce G6 con un promedio de 17.2 cm, pero no fue diferente a las otras dos cruces simples.

La diferencia de las cruces en comparación con las líneas es atribuida al mayor crecimiento por causa de la hibridación.

Cuadro IV.7 Prueba de medias del descriptor longitud media de entrenudos superiores para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor		D15. tallo: Longitud media entrenudos superiores en cm.				
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	12.4 c»	13.1 b	13 b	16.8 a	16.7 a	17.2 a
Max	14.6	16.2	15.2	20.6	19.2	21.3
Min	10.2	9.3	10	13.3	14.9	13.9
DE	.96	1.4	1	1.3	1.3	1.6
CV (%)	7.7	11.2	7.8	8.1	7.7	9.3

D15: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D25. Floración masculina (FM)

La inflorescencia masculina se observó a los 86 días después de la siembra (DDS) en la línea G1, 82 DDS para G2 y 87 DDS en G3 la cual es la más tardía de los genotipos evaluados (grupo a).

Las cruces simples fueron más precoces en su floración masculina (grupos d y e) en comparación con sus progenitores, al observarse a los 79 DDS en la cruces G4 y G5, mientras que la más precoz fue la G6 a los 78 DDS con un promedio de diferencia en las cruces de 1 día y de 9 a 4 días en comparación con las líneas. Los resultados se muestran en el

Cuadro IV.8.

Estos resultados coinciden con los de Noriega *et al.* (2011) al evaluar los progenitores del híbrido trilineal de maíz H-374C, en donde observaron que la cruza simple utilizada como hembra fue más precoz a floración con respecto a sus líneas progenitoras.

Cuadro IV.8 Prueba de medias en floración masculina para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D25. Espiga: Floración masculina (medido en días).					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Días \bar{x}	86 b»	82 c	87 a	79 d	79 d	78 e

D25: Descriptor establecido por el SNICS, \bar{x} : promedio de días a floración, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D26. Longitud del pedúnculo de la espiga (LPE)

Las líneas G1 y G2 poseen una longitud de pedúnculo media debido a que están en un rango de 12.1 a 20.0 cm, clasificación para este descriptor establecido por el SNICS. Con un promedio en su longitud de 11.1 cm la línea G3 es diferente en comparación con los materiales antes mencionados, con un pedúnculo corto y diferencia en promedio de 6.5 cm.

El pedúnculo de las cruza simples es largo con 20.7 cm en la cruza G4, en su forma recíproca no hubo diferencia teniendo 20 cm en su longitud (ambas en el grupo b) y el valor más alto fue de 23.2 cm en la cruza G6 por lo cual es estadísticamente diferente, considerándose con un pedúnculo de espiga largo. Los resultados de los genotipos se muestran en el Cuadro IV.9.

Cuadro IV.9 Prueba de medias del descriptor longitud del pedúnculo de la espiga para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D26. Espiga: Longitud del pedúnculo en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	17.3 c»	18.2 c	11.1 d	20.7 b	20 b	23.2 a
Max	23.5	26.5	20.5	29.3	28.8	28
Min	11.5	9.5	6.5	11.3	8	18

Descriptor	D26. Espiga: Longitud del pedúnculo en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
DE	2.5	4.3	2.5	3.9	4..2	3.6
CV (%)	14.4	23.6	22.7	19.1	21	15.5

D26: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D27. Longitud de la espiga (LE)

De acuerdo a los resultados obtenidos en este descriptor hubo diferencias entre las líneas como se muestra en el Cuadro IV.10, se observa una espiga corta con 27 cm de largo en el genotipo 2, 31 cm para la línea G3 considerándose una espiga mediana y la línea G1 tiene una espiga larga con promedio de 38.7 cm.

Para los genotipos G4, G5 y G6 no hay diferencias, se considera que tienen una espiga larga debido a que su promedio en longitud está en un rango de 35.1 a 43.0 cm.

Cuadro IV.10 Prueba de medias del descriptor longitud de la espiga para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D27. Espiga: Longitud en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	38.7 a»	27 b	31 b	37.4 a	42.1 a	42.6 a
Max	48.5	31.5	39	41.5	43	46.5
Min	34	21	24	33.5	29	32
DE	3	2.2	3.5	1.8	34.6	3.5
CV (%)	7.7	8.3	11.3	4.8	82.1	8.2

D27: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D28. Longitud del eje principal en la espiga (LEP)

Los resultados de este descriptor se presentan en el Cuadro IV.11, en donde se observa una diferencia de 4 cm entre los genotipos G2 (estadísticamente diferente

del resto) con un promedio de 16.9 cm y G3 con promedio de 21.3 cm, estos materiales se consideran con un eje principal de la espiga de tipo medio en base a un rango en su longitud de 16.1 a 22.0 cm. La línea G1 cuenta con un eje principal de espiga largo, es decir tiene un promedio entre 22.1 a 28.0 cm.

La cruza simple G4 tuvo un promedio de 23.7 cm, 25.7 cm en su cruza recíproca y 27.3 cm para la cruza G6, entre ellas no hubo diferencias significativas. Tienen una longitud larga en su eje principal.

Cuadro IV.11 Prueba de medias del descriptor longitud del eje principal para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D28. Espiga: Longitud del eje principal en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	24.3 a»	16.9 b	21.3 a	23.7 a	25.7 a	27.1 a
Max	31	21	28.5	27	27.5	31
Min	19	12.5	15.5	19	14	18.5
DE	1.8	2	2.3	1.7	15.6	2.1
CV (%)	7.4	12.1	10.9	7.3	60.7	7.7

D28: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D38. Floración femenina (FF)

La aparición de los estigmas indicando la floración se observó a los 88 días después de la siembra (DDS) en los genotipos G1 y G3 los cuales fueron los más tardíos, a los 85 DDS en el genotipo G2 con una diferencia entre ellos de 3 días en promedio.

En la cruza G4 y en su forma recíproca la floración se observó a los 82 DDS, 3 y 6 días en promedio antes que sus progenitores sin ser afectados al cambiar la forma de cruzamiento en sus gametos, lo cual indica que no hay efectos maternos entonces $axb = bxa$ (Chávez, 1993).

La cruza G6 (grupo d), fue en promedio la más precoz de los genotipos evaluados al presentar estigmas visibles a los 79 DDS. Los resultados obtenidos se muestran en el

Cuadro IV.12.

Cuadro IV.12 Prueba de medias del descriptor floración femenina para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D38. Jilote: Floración femenina medido en días.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Días \bar{x}	88 a»	85 b	88 a	82 c	82 c	79 d

D38: Descriptor recomendado por el SNICS, \bar{x} : Promedio de días a floración, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D42. Longitud de las ramas laterales de la espiga (LRL)

Los resultados de este descriptor en el Cuadro IV.13 muestran que el valor más bajo lo obtuvo la línea G2, con un promedio en su longitud de ramas laterales de 13.5 cm considerándose cortas, las otras dos líneas G1 y G3 tiene un promedio de 19.2 y 17.4 cm respectivamente con longitud en sus ramas laterales de tipo medio, aunque estadísticamente iguales entre sí.

Para la cruza simple G6 se obtuvo un promedio de 24.6 cm en su longitud de ramas laterales considerándose largas y en comparación de las otras dos es diferente ya que en las cruzas G4 y G5 se tienen ramas laterales con longitud media en un promedio de 19 cm.

Cuadro IV.13 Prueba de medias del descriptor longitud de las ramas laterales de la espiga para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D42 Espiga: Longitud de ramas laterales en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	19.2 b»	13.5 b	17.4 b	19.9 b	19.5 b	24.6 a
Max	28.2	18	22.5	25	29	30
Min	13.3	8.5	13	14.5	14.5	20.5

Descriptor	D42 Espiga: Longitud de ramas laterales en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
DE	3.1	1.8	2	3.6	3.9	2.4
CV (%)	16.1	13.7	11.4	18.5	20	9.9

D42: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D43. Longitud de planta (LP)

Los resultados de altura de planta se presentan en el Cuadro IV.14.

Los genotipos G1 y G2 son de porte medio al tener un promedio en su altura de 194 y 196 cm. Con un promedio de 239 cm la línea G3 fue estadísticamente diferente de las otras al tener una planta de porte alto.

Como era de esperarse en las cruza simples (grupo a) hubo un mayor crecimiento en la altura de planta por el efecto de hibridación superando significativamente a sus progenitores, se obtuvo un promedio de 287 cm para la cruza G4, 282 cm para la G5, mientras que para la cruza G6 se presentó un promedio en su longitud de 280 cm.

Al igual que la línea G3 las cruza simples se consideran de porte alto, pero estas fueron diferentes al superar su altura en un promedio de 41 a 48 cm.

Los resultados obtenidos concuerdan con los de Reyes *et al.* (2009) al obtener plantas de porte intermedio con una longitud de 191 - 220 cm y los obtenidos por Acosta *et al.* (2013) al evaluar una población de maíz en la cual obtuvieron plantas de porte alto con una longitud de 245 a 260 cm.

Cuadro IV.14 Prueba de medias del descriptor longitud de planta para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D43. Planta: Longitud en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	195 c»	196 c	239 b	287 a	282 a	280 a

Descriptor	D43. Planta: Longitud en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Max	213	219.5	254.5	306	309	307
Min	173.8	173	218.5	253	260	244
DE	7.4	9	9	12	40.7	28.4
CV (%)	3.7	4.7	3.7	4.1	14.4	10.1

D43: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D44. Altura de mazorca (AM)

Los resultados para este descriptor mostraron diferencias entre las líneas, se obtuvo una altura de mazorca baja en los materiales G1 con 69 cm y G2 con 83.8 cm, mientras que el material G3 tiene una altura media con un promedio de 117.3 cm.

En las cruza simples (grupos a y b) como era de esperarse se obtuvo una mayor altura en su mazorca debido al mayor crecimiento de las plantas, se tuvo un promedio de 136.7 cm para la cruza G4, y de 136.1 cm para su cruza recíproca y 123.1 cm en la cruza G6. La directa y recíproca se consideraron estadísticamente iguales con una altura de mazorca alta. Los resultados se presentan en el Cuadro IV.15.

Cuadro IV.15 Prueba de medias del descriptor altura de mazorca para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D44. Planta: Altura de mazorca en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	69 e»	83.8 d	117.3 c	136.7 a	136.1 a	123.1 b
Max	84.5	100.5	134	157.5	153	146
Min	59	69.5	93	109	123.5	104.5
DE	6.3	7.8	8.9	11.3	19.9	20.6
CV (%)	9.1	9.4	7.6	8.3	14.6	16.7

D44: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D45. Relación entre la altura de mazorca y altura de planta

Los resultados de este descriptor se muestran en el Cuadro IV.16, y como se mencionó al inicio de este capítulo, fueron estadísticamente iguales, en un rango de 0.26 a 0.45 los genotipos G1, G2 y su cruce G6, tienen una relación pequeña es decir la mazorca se encuentra por debajo de la parte media de la planta. Los genotipos G3, G4 y G5 tienen una relación mediana, en un rango de 0.46 a 0.65, lo cual indica que la mazorca se encuentra aproximadamente en la parte media de la planta.

Cuadro IV.16 Prueba de medias del descriptor relación entre altura de mazorca y altura de planta para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D45. Planta: Relación entre altura de mazorca y altura de planta.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	0.35 a»	0.42 a	0.49 a	0.47 a	0.49 a	0.44 a
Max	0.45	0.49	0.56	0.54	0.53	0.49
Min	0.31	0.37	0.38	0.40	0.43	0.39
DE	0.033	0.034	0.033	0.032	0.077	0.025
CV (%)	9.4	8.1	6.7	6.7	15.7	5.6

D45: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D46. Ancho de lámina (AL)

Los resultados para este descriptor se muestran en el Cuadro IV.17, donde se observa que el valor más alto (grupo a) lo obtuvo el genotipo G6 con un promedio de 11.1 cm, en base a la clasificación de la guía técnica tiene una hoja ancha y es diferente a los otros materiales evaluados debido a que presentan una hoja mediana considerándose en un rango de 8.1 a 11.0 cm

Cuadro IV.17 Prueba de medias del descriptor ancho de lámina para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D46. Hoja: Ancho de lámina en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	9.6 c»	9.5 c	8.7 d	10.7 b	10.7 b	11.1 a
Max	10.3	10.8	9.3	11.5	11.9	12.4
Min	8.5	8.5	7.4	9.9	9.5	10
DE	0.42	0.54	0.38	0.41	1.2	0.76
CV (%)	4.4	5.7	4.4	3.8	11.2	6.8

D46: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

D48. Longitud del pedúnculo de la mazorca (LPM)

En base a los resultados obtenidos en este descriptor los cuales se muestran en el Cuadro IV.18, se considera que los genotipos G2 y G3 tiene una longitud muy corta en su pedúnculo, fueron estadísticamente diferentes con promedios de 5 y 3.9 cm respectivamente. Con un promedio de 5.4 cm el genotipo G1 tiene un pedúnculo de mazorca corto, por lo cual difiere al G3 pero es igual al G2.

Para las cruza simples se tienen promedios de 7.1 cm en el G4, 7 cm en G5 por lo cual son iguales, mientras que la cruza G6 fue mayor y diferente con un promedio de 8.1 cm, estos materiales se consideran con un pedúnculo corto el cual tiene un rango de 5.1 a 14.0 cm de acuerdo a la guía técnica para la descripción varietal en maíz.

Cuadro IV.18 Resultados del descriptor longitud del pedúnculo en los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Descriptor	D48. Mazorca: Longitud del pedúnculo en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Media	5.4 c»	5 c	3.9 d	7.1 b	7 b	8.1 a
Max	7	8	5.5	10	10	11.5
Min	4	3	3	4.7	5	5.5
DE	0.7	1.1	0.5	1.2	1.5	1.7

Descriptor	D48. Mazorca: Longitud del pedúnculo en cm.					
Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
CV	14.3	22.4	13.9	17.5	21.4	20.9

D48: Descriptor recomendado por el SNICS, DE: Desviación estándar, CV: Coeficiente de variación, »: Letras diferentes indican diferencias significativas (DMS, $p \leq 0.05$).

Caracteres Cualitativos

Los resultados obtenidos de los caracteres cualitativos para los 6 genotipos de maíz evaluados en la localidad el Batán se presentan en el Cuadro IV.19.

Cuadro IV.19 Resultados de los descriptores cualitativos para los genotipos de maíz evaluados en la localidad de el Batán.

Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Descriptor	Nivel y %	Nivel y %	Nivel y %	Nivel y %	Nivel y %	Nivel y %
D1	Media= 70%	Media= 58%	Media= 74%	Media= 68%	Media= 48%	Media= 52%
D5	Espatulada= 50%	Redonda- espatulada= 44%	Redonda- espatulada= 50%	Redonda- espatulada= 56%	Redonda- espatulada= 58%	Redonda- espatulada= 48%
D6	Erecto= 32%	Erecto= 100%	Erecto= 100%	Erecto= 100%	Erecto= 100%	Erecto= 94%
D7	Pequeño= 92%	Pequeño= 94%	Pequeño= 98%	Pequeño= 98%	Pequeño= 96%	Pequeño= 96%
D8	Erecta= 66%	Erecta= 68%	Erecta= 98%	Erecta= 94%	Erecta= 84%	Erecta= 72%
D9	Curvada= 48%	Ligeramente curvada= 60%	Ligeramente curvada= 66%	Ligeramente curvada= 52%	Curvada= 48%	Ligeramente curvada= 64%
D10	Moderada= 96%	Moderada= 88%	Moderada= 94%	Moderada= 86%	Moderada= 92%	Moderada= 90%
D11	Fuerte= 68%	Fuerte= 64%	Media= 44%	Fuerte= 72%	Fuerte= 76%	Fuerte= 64%
D12	Ausentes= 98%	Ausentes= 100%	Ausentes= 98%	Ausentes= 98%	Ausentes= 100%	Ausentes= 100%
D16	Ausente o muy ligero= 94%	Ligero= 86%	Ligero= 88%	Ligero= 86%	Ligero= 94%	Ligero= 54%
D17	Débil= 92%	Débil= 76%	Débil= 90%	Débil= 64%	Ausente o muy débil=62%	Débil= 62%
D18	Presentes= 100%	Presentes= 100%	Presentes= 100%	Presentes= 98%	Presentes= 100%	Presentes= 100%
D19	Verde oscuro=80%	Verde= 66%	Verde oscuro=54%	Verde oscuro=100%	Verde oscuro=100%	Verde oscuro=100%
D20	Rojiza= 76%	Rojiza= 52%	Verde claro= 70%	Verde claro= 60%	Verde claro= 50%	Verde claro= 50%
D21	Media= 84%	Media= 52%	Fuerte= 100%	Débil=90%	Débil=66%	Débil=58%
D22	Rojiza= 100%	Rojiza= 98%	Rojiza= 100%	Rojiza= 100%	Rojiza= 84%	Rojiza= 58%
D23	Verde= 48%	Verde claro= 82%	Purpura claro=92%	Verde claro= 52%	Verde claro= 74%	Verde claro= 80%
D24	Mucha= 64%	Ausente o muy poca= 100%	Poca= 56%	Ausente o muy poca= 48%	Ausente o muy poca= 60%	Media= 74%
D29	Compacta= 84%	Compacta= 98%	Compacta= 88%	Compacta= 78%	Compacta= 60%	Compacta= 58%
D30	Ligeramente curvadas= 82%	Rectilíneas= 84%	Ligeramente curvadas= 94%	Ligeramente curvadas= 96%	Ligeramente curvadas= 88%	Ligeramente curvadas= 86%
D31	Muy alto= 96%	Muy alto= 56%	Alto= 50%	Muy alto= 100%	Muy alto= 100%	Muy alto= 100%

Genotipo	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Descriptor	Nivel y %	Nivel y %				
D32	Presentes= 76%	Presentes= 94%	Presentes= 52%	Presentes= 100%	Presentes= 98%	Presentes= 100%
D33	Densa= 50%	Densa= 90%	Densa= 92%	Densa= 54%	Densa= 56%	Media= 50%
D34	Débil= 50%	Fuerte= 92%	Débil= 78%	Fuerte= 78%	Fuerte= 64%	Media= 42%
D35	Media= 74%	Fuerte= 82%	Fuerte= 58%	Media= 52%	Fuerte= 62%	Media= 48%
D36	Débil= 88%	Ausente o muy débil= 96%	Medio=64%	Ausente o muy débil= 48%	Débil= 56%	Débil= 64%
D37	Ausente= 90%	Ausente= 48%	Poca= 82%	Ausente= 70%	Ausente= 68%	Ausente= 38%
D39	Presentes= 98%	Presentes= 100%	Presentes= 100%	Presentes= 100%	Presentes= 100%	Presentes= 98%
D40	Débil= 52%	Fuerte= 58%	Fuerte= 78%	Fuerte= 54%	Media= 46%	Débil=82%
D41	Ausente o muy poco= 100%	Ausente o muy poco= 98%	Ausente o muy poco= 100%	Ausente o muy poco= 100%	Ausente o muy poco= 100%	Ausente o muy poco= 98%
D47	>160 %	101-120%	141-160%	101-120%	81-100%	101-120%

D1...D47: Descriptores de maíz recomendados por el SNICS, %: porcentaje que representa a cada nivel del número de plantas evaluadas.

D1. Coloración de la vaina por antocianinas en la primer hoja

Los resultados obtenidos para este descriptor no mostraron diferencias entre los genotipos evaluados al tener una coloración media en su vaina de la hoja.

D5. Forma de la punta de la primera hoja

Los resultados no mostraron diferencias entre los genotipos G2, G3, G4, G5 y G6 con una forma en su punta redonda-espatalada, el único diferente es el genotipo G1 con una forma espatalada en su punta de la hoja.

D6. Angulo de inserción de las hojas abajo de la mazorca superior

Para este descriptor no hubo diferencias entre los genotipos, tienen un ángulo con un promedio $\leq 30^\circ$ que de acuerdo a la clasificación es erecto. Cabe destacar que en el genotipo G1 los resultados se evaluaron en solo 20 plantas debido a que las hojas estaban dañadas por el manejo agronómico que se le dio a los materiales.

D7. Ángulo entre la lámina y el tallo

Los resultados obtenidos no evidenciaron diferencias entre los genotipos evaluados, teniendo un ángulo pequeño entre la lámina arriba de la mazorca superior y el tallo.

D8. Ángulo de inserción de las hojas arriba de la mazorca superior

Para este descriptor todos los genotipos evaluados mostraron un ángulo $\leq 30^\circ$ por lo cual es erecto.

D9. Forma característica de la hoja

Los resultados indicaron que los genotipos G1 y G5 tienen una hoja con forma curvada, resultados diferentes tuvieron los genotipos G2, G3, G4 y G6 con una hoja ligeramente curvada en su forma.

D10. Ondulación del margen laminar

La ondulación del margen laminar estuvo presente en todos los genotipos evaluados con una intensidad moderada.

D11. Coloración por antocianinas en las raíces adventicias

De acuerdo a los resultados las líneas G1 y G2 tienen una coloración fuerte por antocianinas en sus raíces adventicias y la línea G3 tiene una coloración media, lo que indica que existe menor presencia de antocianinas en este genotipo.

Las cruzas simples tienen una coloración fuerte en sus raíces adventicias esto debido a que en cada craza al menos uno de sus progenitores contaba con una fuerte presencia de antocianinas.

D12. Número de hijuelos por planta

Para este descriptor no hubo diferencias debido a que no hay presencia de hijuelos en los genotipos evaluados.

D16. Grado de zigzagueo

En este descriptor el genotipo G1 cuenta con un zigzagueo ausente o muy ligero, mientras que los genotipos G2, G3, G4, G5 y G6 tiene un zigzagueo ligero.

D17. Coloración por antocianinas en nudos

La coloración por antocianinas fue débil en los genotipos G1, G2, G3, G4 y G6, mientras que en la craza reciproca G5 fue ausente o muy débil por lo cual es diferente.

D18. Presencia de arrugas longitudinales

Los resultados obtenidos en este descriptor no mostraron diferencias entre los genotipos, en todos ellos están presentes las arrugas longitudinales.

D19. Coloración de la lámina

Para este descriptor predominó el color verde oscuro en los genotipos G1, G3, G4, G5 y G6, el genotipo diferente con una coloración en su lámina verde fue la línea G2 la cual no se expresó en este carácter en sus cruzas simples.

D20. Coloración de la vaina en las tres primeras hojas de la base del tallo

Para este carácter en las líneas G1 y G2 predominó una coloración rojiza en la vaina de sus hojas, la línea G3 fue diferente al presentar vainas con una coloración verde claro y en las cruzas simples no hubo diferencias al tener estas un color verde claro en la vaina de sus hojas.

D21. Coloración por antocianinas de la vaina en la parte media de la planta

Los resultados para este descriptor indicaron que la línea G3 posee una coloración fuerte por presencia de antocianinas, esta es diferente a los otros materiales evaluados debido a que las líneas G1 y G2 tiene una coloración media, mientras que para las tres cruzas simples se presentó una coloración débil por antocianinas.

D22. Coloración de la vaina en la hoja de la mazorca principal

Para este descriptor no hubo diferencias entre los genotipos evaluados al predominar en ellos una coloración rojiza en la vaina de la mazorca principal.

D23. Coloración de la aurícula

Los resultados en este descriptor mostraron diferencias entre las líneas al tener un color verde en la línea G1, la G2 presento un color verde claro y la G3 mostro una coloración rojiza. Para las tres cruzas simples no hubo diferencias al presentar una coloración verde.

D24. Pubescencia sobre el margen de la vaina

Para este descriptor hubo diferencias entre las líneas, teniendo mucha pubescencia en el genotipo G1, ausente o muy poca en el G2 y poca en el G3. Para las cruza simples G4, G5 la pubescencia fue ausente o muy poca, mientras que para el G6 se considera de tipo media.

D29. Ángulo de espiga

En este descriptor no hubo diferencias entre los genotipos, todos tienen un ángulo de espiga compacto.

D30. Posición de ramas laterales

Los genotipos G1, G3, G4, G5 y G6 presentaron una posición de ramas ligeramente curvadas, el material G2 es diferente al tener ramas laterales rectilíneas.

D31. Numero de ramas laterales primarias

Para este descriptor las líneas G1, G2 mostraron un número muy alto de ramas laterales con promedios de 17 y 14 ramas, mientras que la G3 tuvo un número alto de ramas con un promedio de 12. Las cruza simples contaron con un número de ramas laterales muy alto, se tuvo un promedio de 23 ramas para la G4, 25 para la G5 y 19 para la G6.

D32. Ramas secundarias

Los genotipos evaluados presentaron ramas secundarias en su espiga por lo cual no hay diferencias entre ellos.

D33. Densidad de espiguillas

Los resultados en este descriptor no revelaron diferencias entre las líneas al presentar espiguillas densas. Para las cruza G4 y en su forma recíproca de igual forma se tienen espiguillas densas, el único material que presento una densidad media fue la cruza G6.

D34. Coloración por antocianinas en la base de las glumas

En este descriptor se tuvo una coloración débil en las líneas G1 y G3, una coloración fuerte por antocianinas en la G2 por lo tanto es diferente. En las cruzas simples se presentaron coloraciones por antocianinas debido a que sus progenitores la tenían; Se tiene una coloración fuerte en G4 y G5, mientras que la G6 tuvo una coloración media.

D35. Coloración por antocianinas en las glumas

Para este descriptor se presentó una coloración fuerte en los genotipos G2, G3 y su cruce G5, mientras que los genotipos G1, G4 y G6 fueron diferentes al tener una coloración media por antocianinas.

D36. Coloración por antocianinas en las anteras

Para este carácter hubo diferencias entre las líneas, se tiene una coloración débil en la G1, media en la G3 y ausente o muy débil en la G2. La cruce G4 tuvo una coloración ausente o muy débil, en su forma recíproca es diferente al presentar una coloración débil esto debido al cambio en su forma de cruzamiento y para la G6 se presentó una coloración por antocianinas débil.

D37. Cubrimiento por hoja bandera

El cubrimiento de hoja bandera se observó en el genotipo G3 con un cubrimiento del 25%, para los otros genotipos generalmente estaba ausente.

D39. Coloración por antocianinas en los estigmas

La coloración por antocianinas en los estigmas estuvo presente en todos los genotipos evaluados

D40. Intensidad de la coloración por antocianinas en los estigmas

Para este descriptor se obtuvo una intensidad de color fuerte para las líneas G2, G3 y para la línea G1 una intensidad débil por lo cual es diferente. Para las cruzas

simples se tuvo una intensidad fuerte en la G4, intensidad media en su cruz recíproca y débil en la cruz G6, indicando que son diferentes entre ellas.

D41 Desarrollo de filodios

Los genotipos evaluados no presentaron el desarrollo de filodios por lo cual se consideraron ausentes o muy pocos.

D47. Número de mazorcas por planta

Para este descriptor se obtuvo un 80 a 100% en el genotipo G5 es decir se tendrá al menos una mazorca por planta, para los genotipos G2, G4 y G6 oscilaron en una prolificidad mayor con un 101 a 120%, pero los genotipos G3 y G1 fueron superiores al tener una prolificidad de 141-160 y mayor a 160% respectivamente, lo que indica que en la mayoría de sus plantas se encuentran dos mazorcas por tallo.

Comparación de genotipos

Como se observa en la Figura 4.1 del análisis de conglomerados, las líneas y las cruza simples fueron diferentes entre sí, la línea G3 fue la más diferente debido a que no se encuentra dentro de un grupo formado por los genotipos evaluados, las líneas G1 y G2 fueron similares en 8 de 17 caracteres cuantitativos y difirieron en 10 de 31 caracteres cualitativos por lo cual son distintos.

Los genotipos más parecidos debido a su cruz recíproca son G4 y G5 difiriendo solo en caracteres cualitativos, la cruz G6 fue diferente a las mencionadas anteriormente en 6 características cuantitativas y en 4 cualitativas, por lo tanto se consideró distinta.

Respecto a las variables en donde se observó mayor diferencia entre los genotipos, de acuerdo con el análisis de conglomerados fueron: Longitud de planta, altura de mazorca, floración masculina y femenina, longitud de espiga, longitud del pedúnculo de espiga, longitud de entrenudos superiores e inferiores, como se muestra en la Figura 4.2.

Los caracteres en que se diferencian los genotipos son similares a los mencionados por Illescas (2008), quien al evaluar dos poblaciones de maíz, determinó que los caracteres para diferenciar a las variedades fueron: ancho de la primer hoja, floración masculina y femenina, longitud del pedúnculo, longitud media de entrenudos inferiores, altura de planta, ancho de lámina, altura de mazorca, longitud del pedúnculo de mazorca; en los caracteres cualitativos estuvieron coloración de la vaina por antocianinas, forma de la punta, forma de mazorca principal y coloración en raíces adventicias.

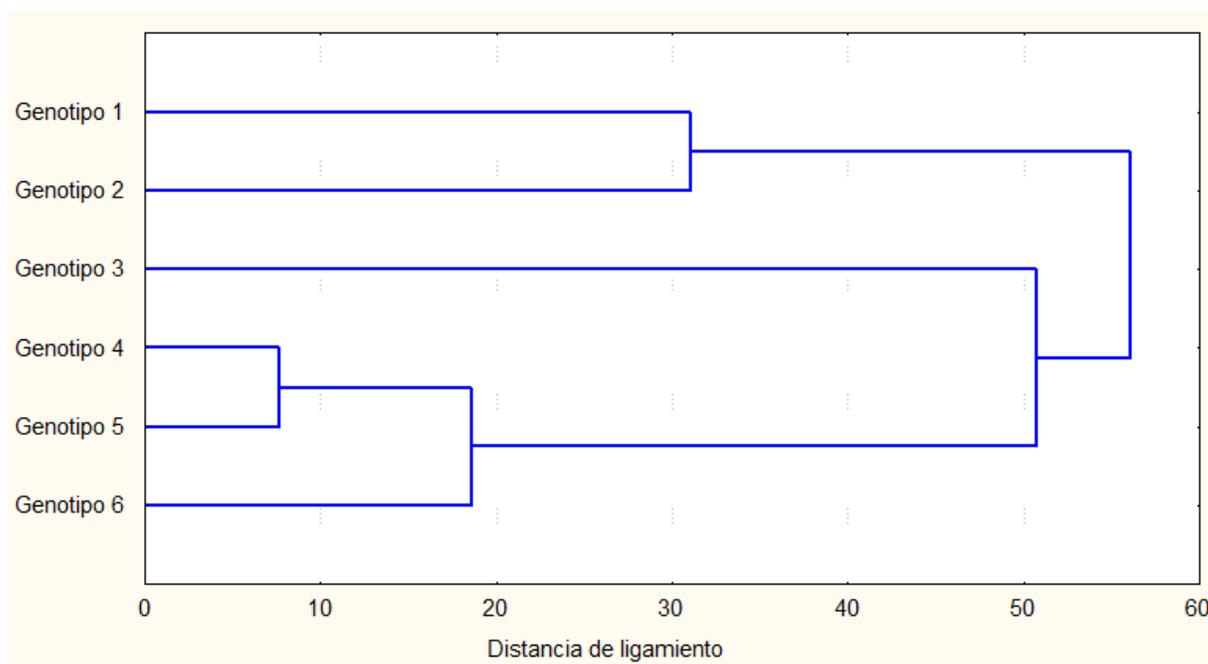


Figura 4.1 Resultados de la agrupación de los genotipos mediante el análisis de conglomerados.

V. CONCLUSIONES

- Los genotipos demostraron distinguirse en 12 de los caracteres cuantitativos y en 7 de los cualitativos por lo cual cumplen la función de distinción, los caracteres en los que más se diferencian los genotipos son: floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca, longitud de espiga, longitud de entre nudos superiores e inferiores, coloración por antocianinas en la parte media, en la base de las glumas, en anteras, color de aurícula, pubescencia, intensidad de coloración en los estigmas y número de mazorcas por planta.
- La cruz simple G4 y su forma recíproca fueron estadísticamente igual en los caracteres cuantitativos y solo se diferenciaron en 3 de los caracteres cualitativos, por lo tanto son diferentes al distinguirse de uno o más caracteres de acuerdo a la guía para la descripción varietal en maíz.
- Algunas características mostraron evidencia de la presencia de heterosis, ya que las cruza simples generalmente mostraron mayores valores que las líneas progenitoras.
- La utilización de solo un ambiente limitó el alcance del presente trabajo para estimar la estabilidad de las características evaluadas.

VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, R. 2009. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos Tropicales, Vol.30, No. 2, p. 113-120 p.
- Acosta R. R., Martínez C. M., Colomer L. A. R., & Ríos L. H. 2013. Evaluación morfoagronómica de una población de maíz (*Zea mays*, L.) en condiciones de polinización abierta en el municipio Batabanó, provincia Mayabeque. Cultivos Tropicales. 34(2): 52-60 p.
- Allard, R. W. 1960. Principles of Plant Breeding. John Wiley and Sons, Inc. New York. London 485 p.
- Ávila, P. M. A., Rodríguez H. S. A., Vázquez B. M. E., Borrego E. F., Lozano del R. A. J., & López B. A. 2009. Aptitud combinatoria y efectos recíprocos en líneas endogámicas de maíz de Valles Altos del centro de México. Agricultura Técnica en México. 35(3):285-293 p.
- Ávila P. M. A., Arellano V. J. L., Virgen V. J., & Gámez V. A. J. 2009. H-52 Híbrido de maíz para Valles Altos de la Mesa Central de México. Agricultura Técnica en México. 35(2):237-240.
- Benz, B. F. 1997. Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano. Arqueología Mexicana. 5(25):17-23 p.
- Chávez, J. L. 1993. Mejoramiento de plantas 1. Editorial Trillas. México. 136 p.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 1996. Ley Federal de Variedades Vegetales. México. 13 p.
- De la Cruz, L. D., Castañón N. G., Brito M. N. P., Gómez V. A., Robledo T. V., & Lozano del R. A. J. 2010. Heterosis y aptitud combinatoria de poblaciones de maíz tropical. Phytón (Buenos Aires). 79(1), 11-17 p.
- De la Fuente, F. S. 2011. Análisis de Conglomerados. Universidad Autónoma de Madrid. España. 55 p.

- Espinosa, A., Tadeo M., Turrent A., & Gómez N. 2008. El potencial de las variedades nativas y mejoradas de maíz. *Ciencias*. 92-93: 118-125 p.
- Fallas, R., Bertsch F., Echandi C., & Henríquez C. 2011. Nutrient absorption and phenology development of the Costa Rican corn hybrid HC 57. *Agronomía Costarricense*. 35(2):33-47 p.
- Fernández, S. R., Morales C., & Gálvez M., A. 2013. Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36:275-283 p.
- Figuroa, C. J. D. 2010. Maíz y tortilla: alimento, cultura y tradición de México. Aportaciones queretanas a su modernización. La ciencia, el desarrollo tecnológico y la innovación en Querétaro. *Historia, Realidad y Proyecciones*. 235 p.
- FIRA. 2015. Panorama agroalimentario: Maíz. 36 p.
- García M, E. 1987. Modificaciones del sistema de clasificación climático de kopen. 4ª edición, México, D.F. 55 p.
- Hellin, J., Keleman A., López D., Donnet L., & Flores D. 2013. La importancia de los nichos de mercado: Un estudio de caso del maíz azul y del maíz para pozole en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36:315-328 p.
- Hernández, O. D. 2012. Análisis de los caracteres cuantitativos y cualitativos en la descripción de poblaciones de maíz. Tesis de Licenciatura en Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Illescas P. C. N. 2008. Descripción varietal de la población Jaguan de maíz en dos localidades del sureste de Coahuila. Tesis de Licenciatura en Ingeniero en Agrobiología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Lippman, Z. B., & Zamir, D. 2007. Heterosis: revisiting the magic. *Trends in Genetics*. 23(2):60-66 p.
- Martínez, J. G., Santillán J. A. L., Drouaillet B. E., Martínez R. D., Martínez J. A. P., Fuentes E. S. V., & Rodríguez M. R. 2016. Parámetros genéticos y heterosis en líneas derivadas de poblaciones nativas de maíz tropical de Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(2):387-399 p.
- Mascareño, F. R. I. 2013. Hibridación entre teocintle y maíz en la Ciénega, Jal., México: propuesta narrativa del proceso evolutivo. Dirección de Centros Regionales Universitarios Coordinación de Revistas Institucionales. México. 71p.
- Matsuoka Y., Vigouroux Y., Goodman M.M., Sánchez J., Buckler E., and Doebley J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *PNAS*. 99(9):6080-6084 p.
- Mendoza, M. C. G. 2012. Las antocianinas del maíz: su distribución en la planta y producción. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, EDO. De México, México. 117 p.
- Muñoz, G., Giraldo G., & Fernández S. J. 1993. Descriptores varietales: arroz, frijol, maíz, sorgo. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT. Cali, Colombia. 174 p.
- Noriega G. L. A., Preciado O. R. E., Andrio E. E., Terrón I. A. D., & Covarrubias P. J. 2011. Fenología, crecimiento y sincronía floral de los progenitores del híbrido de maíz QPM H-374C. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(4): 489-500 p.
- Paliwal, R., Granados G., Lafitte H. R. & Violic A. 2001. El maíz en los trópicos, mejoramiento y producción. FAO. 376 p.
- Ramírez, L. 2006. Mejora de plantas alógamas. Universidad Pública de Navarra, Departamento de producción agraria. Pamplona, España. 14-16 p.

- Ramírez, D. J. L., Chuela B. M., Vidal M. V. A., Ron P. J. & Caballero H.F. 2007. Propuesta para formar híbridos de maíz combinando patrones heteróticos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 30 (4): 453-461 p.
- Reyes M. C. A., Cantú A. M. A., de la Garza C. M., Vázquez C. G., & Córdova O. H. 2009. H-443A, Híbrido de maíz de grano amarillo para el noreste de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 32(4): 331-333 p.
- Sánchez, J. A. C. 2011. Evolución natural y antropogénica de *Zea* spp. En *Mesoamérica*. *Archaeobios*. 5:36-78 p.
- Serratos, H. J. A. 2009. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Editorial Aleira Lara & Cecilia Navarro. Ciudad de México, México. 33 p.
- SIAP. 2016. Servicio de información agroalimentaria y pesquera. SAGARPA. México.
- SNICS. 2016. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. México.
- Turren Fernández, Antonio. 2009. El potencial productivo del maíz. *Ciencias*. 92-93:126-129 p.
- Vallejo, C. F. A. & Estrada S. E. I. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Compañía Editorial Feriva S. A., Cali, Colombia. 401 p.
- Wilkes, H.G. 1979. Mexico and Central America as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. *Crop Improv*. 6(1): 1-18 p.