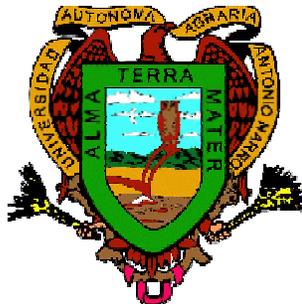


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



Evaluación de Híbridos Pigmentados (*Zea mays L.*)

Por:

NOLBERTO MORALES LÓPEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Noviembre de 2009.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Híbridos Pigmentados (Zea mays L.)

Por:

NOLBERTO MORALES LÓPEZ

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
Para obtener el Título de:

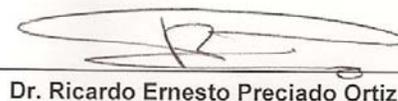
Ingeniero Agrónomo en Producción

Aprobada por:

El presidente del jurado


M.C. Arnoldo Overvides García

Sinodal


Dr. Ricardo Ernesto Preciado Ortiz

Sinodal


M.C. Arturo Daniel Terrón Ibarra

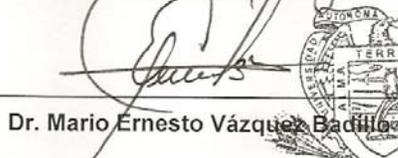
Sinodal


M.C. Luis Alberto Noriega González

Sinodal suplente


Dr. Rosalinda Mendoza Villarreal

Coordinador de la División
de Agronomía


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo



AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater”, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro unidad Saltillo, por haberme brindado la oportunidad de culminar mis estudios profesionales.

Al M.C. Arnoldo Oyervides García, por su importante asesoría y disponibilidad en la revisión y estructuramiento de la tesis.

A mis profesores quienes fueron la base de mi formación profesional.

Al Programa de Maíz del INIFAP en el Campo Experimental Bajío por permitir, la realización de mis prácticas profesionales.

Al Dr. Ricardo Ernesto Preciado Ortiz, por su valiosa dirección y disponibilidad para la culminación de este trabajo y por haberme invitado a participar en el proyecto de tesis que hoy concluyo con orgullo.

De igual manera al M.C. Arturo Daniel Terrón Ibarra, por su asesoría y apoyo brindado durante la conducción de la presente investigación y realización de esta tesis.

Al M.C. Luis Alberto Noriega González por su amistad y apoyo en la realización de este proyecto.

Al M.C. José Ángel Daniel González por su valioso apoyo.

Agradezco profundamente a mis compañeros y amigos de clase ya que fueron parte importante de mi vida como estudiante, en especial a mis amigos: Luis Enrique García Rodríguez, Francisco López Santiago, Carlos Meza Velasco, Manuel de Jesús García Morales, Alfredo Rivera Yerena, Ing. Moisés López Jiménez, M.C. Roselin Rodríguez García, Ing. Benjamín Serrano Pérez, Ing. Roque López Santiago, Ing. Melbi López Hernández y al M.C. José Archivaldo Chávez Muñoz.

A mis dos grandes amigos de la infancia Aníbal y Fredi, “Los mejores”.

A los amigos del departamento de maíz INIFAP por cobijarme durante mi estancia y realización del proyecto de tesis.

DEDICATORIA ESPECIAL

Dedico este proyecto especialmente a mi DIOS del cual no tengo palabras para agradecerle, le doy gracias por concederme vida y salud, pero sobre todo por el don del conocimiento.

A mis padres

De quienes estoy inmensamente agradecido por entregarme el corazón y parte de sus vidas para guiarme en el camino correcto de la vida, por estar en todo momento conmigo, apoyándome, brindándome la fuerza para seguir adelante. Por corregir mis errores con mano dura, para forjar al hombre que soy. Por ser ciudadanos ejemplares, a quienes honro con amor y respeto.

Gracias papá, gracias mamá.

Sr. Everardo Morales Sántiz y Sra. María López Vázquez

A mis hermanos

Con quienes crecí y compartí mi vida: José Hubelter Morales López, Eliberto Morales López, Guillermo Morales López, Fredi Antonio Morales López, Joel Morales López, Carlos Alberto Morales López y Saúl Morales López gracias por estar en los momentos en que más los necesite, por el cariño incondicional que me brindaron y por sus buenos consejos.

A mis tíos(as), mis cuñadas y a todos mis sobrinos(as).

Gracias.

“La luz del espíritu humano es el conocimiento”

ÍNDICE

Pag.

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	III
INDICE DE CUADROS	VI
INDICE DE GRÁFICAS	VII
RESUMEN	VIII
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
2.3. Hipótesis.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Origen geográfico e historia del maíz.....	3
3.2. Maíces criollos en México.....	4
3.3. Genética del color del grano.....	5
3.4. Antioxidantes.....	6
3.5. Antocianinas.....	7
3.6. Endogamia.....	9
3.7. Líneas endocriadas.....	10
3.8. Vigor híbrido o Heterosis.....	12
3.9. Generación de híbridos.....	13
3.9.1. Cruza simple.....	14
3.9.2. Cruza doble.....	14
3.9.3. Cruza triple o trilineal.....	15
3.10. Mantenimiento varietal.....	15
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Localización del experimento.....	16
4.2. Características climáticas.....	17
4.2.1. Celaya, Gto.....	17
4.2.2. Pabellón, Ags.....	17
4.2.3. Morelia, Mich.....	17
4.3. Formación de líneas progenitoras.....	18
4.4. Material genético.....	18
4.5. Manejo agronómico, Celaya.....	20
4.5.1. Preparación del terreno.....	20
4.5.2. Siembra.....	20
4.5.3. Fertilización.....	20
4.5.4. Riego.....	20
4.5.5. Control de malezas.....	21
4.5.6. Control de plagas.....	21
4.6. Manejo agronómico, Morelia.....	21
4.6.1. Preparación del terreno.....	21
4.6.2. Siembra.....	21
4.6.3. Fertilización.....	22

4.6.4. Riego.....	22
4.6.5. Control de malezas.....	22
4.6.6. Control de plagas.....	22
4.7. Manejo agronómico Pabellón.....	23
4.7.1. Preparación del terreno.....	23
4.7.2. Siembra.....	23
4.7.3. Fertilización.....	23
4.7.4. Riego.....	23
4.7.5. Control de malezas.....	24
4.7.6. Control de plagas.....	24
4.8. Variables estudiadas.....	24
4.8.1. Floración femenina.....	24
4.8.2. Floración masculina.....	24
4.8.3. Rendimiento.....	25
4.8.4. Altura de planta.....	25
4.8.5. Altura de mazorca.....	25
4.8.6. Acame de raíz.....	26
4.8.7. Acame de tallo.....	26
4.8.8. Número de mazorcas totales.....	26
4.8.9. Cobertura de mazorca.....	26
4.8.10. Aspecto de planta.....	27
4.8.11. Aspecto de mazorca.....	27
4.8.12. Fusarium.....	27
4.8.13. Porciento de mazorcas podridas.....	27
4.8.14. Peso de campo.....	27
4.8.15. Determinación de humedad.....	28
4.9. Diseño experimental.....	28
4.10. Análisis estadístico.....	28
4.11. Modelo matemático.....	29
4.12. Extracción y cuantificación de antocianinas.....	29
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1. Análisis de varianza individual y combinado.....	31
5.2. Rendimiento.....	34
5.3. Comparación de medias de las variables estudiadas.....	36
5.3.1. Días a floración masculina.....	37
5.3.2. Días a floración femenina.....	38
5.3.3. Altura de planta.....	39
5.3.4. Altura de mazorca.....	40
5.3.5. Porciento de acame.....	41
5.3.6. Porciento de mazorcas podridas... ..	42
5.4. Análisis de laboratorio para contenido de antocianinas.....	43
5.5. Relación, rendimiento de grano y contenido de antocianinas.....	46
VI. CONCLUSIONES.....	50
VII. BIBLIOGRAFIA.....	52

ÍNDICE DE CUADROS	Pag.
Cuadro 1. Clasificación taxonómica.....	4
Cuadro 2. Coordenadas geográficas de las localidades.....	16
Cuadro 3. Genealogía de materiales utilizados (origen BO7R).....	19
Cuadro 4. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza para las variables evaluadas en la localidad Celaya. INIFAP, PV 2008.....	31
Cuadro 5. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza para las variables evaluadas en la localidad Pabellón. INIFAP, PV 2008.....	32
Cuadro 6. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza para las variables evaluadas en la localidad Morelia. INIFAP, PV 2008.....	32
Cuadro 7. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza combinado para las variables evaluadas en las tres localidades Celaya. INIFAP, PV 2008.....	33
Cuadro 8. Rendimiento promedio de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local, por localidad y combinado. NINIFAP, PV 2008.....	35
Cuadro 9. Promedio para las variables días a (floración masculina y floración femenina), altura de (planta y mazorca), rendimiento, densidad de población, acame (de tallo y raíz) y mazorcas podridas de 48 híbridos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.....	36
Cuadro 10. Análisis de varianza de 25 genotipos obtenidos del los experimentos de Celaya y Morelia, para la variable contenido de antocianinas. INIFAP, PV 2008.....	44
Cuadro 11. Comparación de rendimiento total por hectárea de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado en las localidades Celaya y Morelia. INIFAP, PV 2008.....	45

INDICE DE GRÁFICAS

Pag.

Grafica 1. Rendimiento a través de localidades y combinado de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008....	33
Grafica 2. Comportamiento de las variables días a floración masculina y femenina. INIFAP, PV 2008.....	38
Grafica 3. Altura de planta de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.....	40
Grafica 4. Altura de mazorca de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.....	41
Grafica 5. Porcentaje de acame de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.....	42
Grafica 6. Porcentaje de mazorcas podridas de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, región Bajío PV 2008.....	43
Grafica 7. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento Celaya. INIFAP, PV 2008.....	46
Grafica 8. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento Morelia. INIFAP, PV 2008.....	47
Grafica 9. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento Celaya. INIFAP, PV 2008.....	48
Grafica 10. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento Morelia. INIFAP, PV 2008.....	48

RESUMEN

El hecho de que la gran mayoría de países latinoamericanos identifiquemos al maíz como uno de los alimentos por excelencia de nuestra mesa, se debe a que hemos cultivado maíz por miles de años y hemos desarrollado una fuerte identidad ligada a él. Sin embargo aún no ha sido posible solventar la demanda nacional y lejos de lograr este propósito, cada día son menos los agricultores involucrados, conllevando a la reducción de la superficie dedicada a este cultivo. Este y otros objetivos llevaron al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) a desarrollar nueva tecnología en maíces híbridos pigmentados, aprovechando las propiedades biológicas (antioxidantes y nutraceuticas) de los pigmentos naturales encontrados en los maíces criollos de color y que han representado durante mucho tiempo a nuestra cultura mexicana. Sobre todo considerando que en muchas regiones del país son consumidos en fresco o utilizados para la elaboración de tortillas, atole, pinole entre otros alimentos.

La presente investigación se realizó dentro del Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del INIFAP con sede en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) ubicado en el Km. 6.5 Carretera Celaya San Miguel de Allende. El trabajo experimental estuvo dividido en dos fases, la primera consistió en la evaluación en campo de 60 genotipos de maíces pigmentados, establecidos en tres localidades: Celaya, Pabellón y Morelia. La segunda fase correspondió al análisis del contenido de antocianinas de 25 genotipos pigmentados tomados de los experimentos de Celaya y Morelia, en el Laboratorio de Alimentos de la Unidad de Biotecnología del INIFAP con sede en el CEBAJ en Celaya, Guanajuato.

Cada localidad consto de tres repeticiones, el diseño utilizado fue de látice y las variables evaluadas fueron: días a floración masculina, días a floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, rendimientos, densidad de población, % de acame y % de mazorcas podridas.

Se realizaron los análisis de varianza para cada localidad y un análisis combinado, además de los análisis de varianza para contenido de antocianinas de los 25 genotipos en las dos localidades. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey.

Se realizó un análisis de covarianza en las localidades Celaya y Morelia con el propósito de ajustar los rendimientos en base a la densidad de población, debido a que no en todas las parcelas se cosechó el mismo número de plantas.

Para el caso de las variables % de acame, cobertura y mazorcas podridas se realizó una transformación de datos por medio de raíz Cuadrada más 0.5 ($x+0.5$) con el propósito de reducir la variabilidad de datos y evitar que el coeficiente de variación sea elevado.

Los tratamientos 13 (136 x 197) y 45 (364 x 224) obtuvieron los mayores rendimientos con 10652 y 10135 kg ha⁻¹ respectivamente en promedio de las tres localidades.

El mejor ambiente para producción de grano, fue Morelia con un promedio de 12707.102 kg ha⁻¹ seguido de Celaya con 7476.408 kg ha⁻¹ y Pabellón con 5150.918 kg ha⁻¹.

La producción de antocianinas en las localidades Celaya y Morelia fue de 5.510 y 8.861 kg ha⁻¹ respectivamente.

El rendimiento y el contenido de antocianinas, son variables que no están relacionadas genéticamente.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es la base de la alimentación de los mexicanos, ya que proporciona en promedio 39% de proteína asimilable y 59% de la energía que ingieren los mexicanos y representa la mitad del volumen total de alimentos que se consumen cada año en el país. El maíz ocupa el 40% de la superficie agrícola cultivable en México. En 2002, la producción ascendió a 21.3 millones de toneladas, en tanto que la demanda fue de 26.2 millones de toneladas. De esta manera, el maíz no satisface las necesidades de la sociedad, por lo cual se recurre anualmente a importaciones, cerca de cinco millones de toneladas provenientes de Estados Unidos, el incremento mínimo en la producción de maíz durante las últimas décadas, no ha sido suficiente para satisfacer la demanda dentro del territorio nacional. Esta crisis es atribuida a que en México cerca del 70% de la superficie maicera se siembra con variedades criollas.

La importancia de este cultivo no solo recae en las necesidades alimenticias directamente, sino que el desarrollo de la tecnología ha permitido explotar el maíz como una materia prima de gran importancia para la industria la cual se ha convertido en una importante fuente de demanda, a demás de los innumerables usos industriales que representan los maíces amarillos y blancos, actualmente se reconoce la posibilidad de emplear maíces de color para la extracción de pigmentos para la industria, al producir pigmentos del tipo de las antocianinas con una alta capacidad biológica. Sin embargo esto representa la necesidad de superar la producción de pigmentos que actualmente abastecen los maíces criollos de color, eliminando muchas de sus características agronómicas indeseables, incluyendo plantas demasiado altas susceptibles al acame, diferenciación en altura de mazorca, bajo potencial de rendimiento, pudriciones en mazorca, así como susceptibilidad a enfermedades.

PALABRAS CLAVE: *Zea mays L.*, HÍBRIDOS PIGMENTADOS, ANTOCIANINAS.

II. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo general

Identificar híbridos experimentales pigmentados con características agronómicas deseables para régimen de riego.

2.2. Objetivos específicos

1. Evaluar 60 genotipos de maíz pigmentados y con alto potencial de rendimiento.
2. Determinar él o los maíces pigmentados adaptados para cada localidad.
3. Determinar la interacción genotipo ambiente en cada una de las unidades experimentales.
4. Determinar el mejor ambiente para producción de grano y antocianinas.
5. Analizar 25 genotipos de maíz pigmentado para determinar el contenido de antocianinas.
6. Determinar la relación entre el rendimiento y contenido de antocianinas para cada una de las muestras de maíz pigmentado.

2.3. Hipótesis

1. Los híbridos pigmentados son similares a los testigos comerciales.
2. Existe un híbrido de maíz pigmentado que alcance el más alto rendimiento por hectárea.
3. Existe al menos un genotipo que sobresale en las tres localidades.
4. Existe al menos un ambiente más favorable para la producción de grano y antocianinas.
5. Existe al menos un híbrido de maíz pigmentado que contenga un alto nivel de antocianinas
6. Existe al menos un híbrido de maíz pigmentado que correlacione positivamente en producción de grano y contenido de antocianinas

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Origen geográfico e historia del maíz

El maíz ha sido estudiado intensamente y aún no se ha encontrado una explicación satisfactoria de su origen. Darwin determinó que el origen de los vegetales y animales puede estar donde se desarrollan sus antecesores silvestres más cercanos.

El origen de las plantas cultivadas esta en los centros de diversificación y para el caso del maíz se reconoce que el lugar de origen está en México y América central, esta diversidad tiene un patrón que fue descrito a finales de los años 20 y principios de los 30 del siglo pasado por el reconocido genetista (Vavilov 1926, 1931 y 1992).

Otras teorías afirman que el origen del maíz está ubicado en las zonas de México y Centroamérica, al haberse encontrado parientes como el *Tripsacum* y *Euchlaena*, que crecen especialmente muy cerca del maíz, aunque actualmente se acepta que uno de los teocintles, probablemente *Zea mays* subsp. *parviglumus* es el ancestro del maíz domesticado *Zea mays* (Afford y Horn, 2004).

Sánchez *et al.*, (2000) y Santacruz *et al.*, (2004) concuerdan que; en las áreas de distribución del maíz, los genotipos exhiben generalmente diferentes grados de variación, producto de la selección del hombre y del ambiente, en concordancia con la presión ecológica y fisiológica, culinaria y conceptos metafísicos. La diversidad del maíz se ha clasificado al menos en 59 razas, en base a las características morfológicas, vegetativas, de espiga, composición química del grano, polen, así como polimorfismos de iso-enzimas y algunas variedades con marcadores moleculares como micro satélites.

Cuadro 1. Reyes (1990) menciona la siguiente clasificación taxonómica.

Categoría	Ejemplo	Característica distintiva
Reino	Vegetal	Planta anual
Phylum	Tracheophyta	Sistema vascular
Subdivisión	Pterapsidae	Producción de flores
Clase	Angiosperma	Semilla cubierta
Subclase	Monocotiledoneae	Cotiledón único
Orden	Graminales	Tallo, nudos prominentes
Familia	Gramineae	Grano-cereal
Tribu	Maydeae	Flores unisexuales
Genero	Zea	único
Especie	Mays	Maíz común
	Mexicana	teocintle anual
	Perennis	teocintle perenne
Raza	Más de 300 razas	Adaptadas a regiones
	Clasificadas; 30 en México	bien definidas. Ejemplo Tuxpeño trópico; chalqueño Mesa Central

3.2. Maíces criollos en México

Gran parte de la diversidad genética del maíz nativo de México, aún se puede encontrar en los campos agrícolas en forma de variedades criollas (Wellhausen *et al.*, 1951) y actualmente se reconocen 35 razas de maíz nativo y la gran mayoría aun conserva rasgos muy semejantes a las razas que había antes de que llegaran los españoles (Lesur, 2005).

Herrera *et al.*, (2002) mencionan que el 77.8% de los agricultores hace la selección de la semilla criolla después de la cosecha y esta práctica en general se realiza en todas las regiones agrícolas. Esta forma de selección tiene la desventaja de desconocer las características de las plantas de las cuales se obtuvo la semilla.

Louette y Smale (1996) estiman que sólo el 22.2% de los agricultores identifican plantas con características sobresalientes en campo, antes de la cosecha, metodología con la cual pueden identificar características como sanidad, precocidad, tallos fuertes, altura de planta ideales para el productor, mazorca llena y de mayor tamaño. En un estudio realizado por la FIRA (1998), se encontró que algunas variedades criollas no han podido ser desplazadas por híbridos o variedades mejoradas más rendidoras, debido a que no producen tortillas de la misma calidad y sabor o para la elaboración de algunos productos como: Atole, pinole, elotes, etc.

Vázquez *et al.*, (2003) mencionan la necesidad de un nuevo reenfoque en los programas de maíz debido a la apertura comercial, la competencia de productores nacionales con agricultores extranjeros altamente tecnificados y las necesidades propia de la industria nacional.

3.3. Genética del color del grano

Coe (1985) afirma que el color de los granos de maíz es muy variado y esta controlado genéticamente, y que son alrededor de 20 loci los que afectan directamente la distribución cualitativa y cuantitativa de los pigmentos de antocianinas.

Coe *et al.*, (1988) confieren a los carotenoides y las antocianinas como los responsables primarios de la coloración del grano de maíz; y que estos se encuentran en el tejido del endospermo (carotenoides) y la capa externa del endospermo conocida como aleurona (antocianinas).

Nakatani *et al.*, (1979), Fossen *et al.*, (2001), Pascual *et al.*, (2002); Jing y Giusti (2005) en maíz los compuestos fenólicos se encuentran principalmente en pericarpio, aleurona, endospermo y embrión.

Egesel *et al.*, (2003) hacen referencia sobre variantes dentro de las razas a las cuales se debe la coloración del grano, mencionan que se determina por la frecuencia de pigmentos como carotenoides en granos amarillos ó antocianinas y flobafenos en los granos azules y rojos.

3.4. Antioxidantes

Los pigmentos en los granos de maíz, además de ser usados como colorantes naturales se les atribuyen funciones biológicas como antioxidantes (Pozo *et al.*, 2006).

Halliwell *et al.*, (1995) mencionan que un antioxidante es una sustancia que aún en concentraciones más bajas que el sustrato oxidable, disminuye significativamente o inhibe la oxidación del sustrato,

Rao y Balachandran, (2002) afirman que los polifenoles, antocianinas y flavonoides son ejemplos de sustancias antioxidantes.

Las antocianinas tienen un carácter antioxidante, por lo que su consumo trae beneficios a la salud, tales como la disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos del torrente sanguíneo, por lo que reduce las afecciones cardiacas,

contribuyendo también a la prevención de ciertos tipos de cánceres (María *et al.*, 2003).

3.5. Antocianinas

Downham y Colins (2000) encontraron que las antocianinas son colorantes vegetales que pueden tener aplicación en la industria alimenticia, debido a su capacidad colorante y su carácter natural, y que gracias a la creciente demanda del consumidor, para los productos naturales sobre todo en los países desarrollados, se incrementa su valor comercial ya que estos colorantes reemplazan a los colorantes sintéticos.

Las antocianinas son miembros del grupo de los polifenoles, también llamados por sus efectos “vitaminas del siglo XXI” (Antonio *et al.*, 2004). Salinas, (2000) menciona que todas las antocianinas son pigmentos que van desde el color escarlata al azul, dan color a la flor o al fruto por medio de una solución en la vacuola, por ejemplo es rojo si el pH es ácido, violeta en medio neutro y azul en solución básica ó alcalina. Y que estas, están presentes en los diferentes tejidos de la planta de maíz abarcando desde el tallo, vainas, hojas, hasta inflorescencias; masculinas y femeninas en la mazorca se puede encontrar en brácteas y raquis. En grano se encuentran acumulados principalmente en el pericarpio y en la capa de aleurona.

Reyes (1990) menciona que los colores en los granos de maíz pigmentados varían en las tonalidades:

1. Color rojo, con diversas intensidades, variando desde el rosado, el rojo muy claro, hasta llegar al rojo intenso.
2. Morado, variando desde muy claro (lila), el azul, el púrpura, hasta el casi negro.

3. Amarillo, con diversas intensidades, desde el muy claro (crema), hasta el muy amarillo y naranja intenso.
4. Blanco o incoloro, ligeramente crema, con variaciones como blanco intenso, blanco sucio, poco ahumado o levemente café.
5. Una mazorca puede tener todos los granos de un color uniforme y único, o puede tener granos de varios colores en la misma mazorca y se le llama maíz "pinto".

Mismo autor dice que el periodo de acumulación de antocianinas depende de la estructura del grano; si se acumula en la capa de aleurona, inicia en una etapa más temprana. Las antocianinas se acumulan formando agregados a manera de gránulos, tanto en la capa de aleurona como en el pericarpio. Si la acumulación de antocianinas ocurre en la capa de aleurona se sintetizan primero las antocianinas simples y posteriormente las de tipo asilado.

Salas (2003) menciona que en los maíces azules y morados el pigmento se ubica en la capa de aleurona, en los granos rojos y guindas se encuentra principalmente en el pericarpio, y que los tipos de antocianinas predominantes en el maíz azul son las derivadas de la cianidina y delphinidina.

Bustillos (1997) encontró que el contenido total de antocianinas en el grano de maíz azul es de 67.72 mg/100g de harina y para el maíz rojo 63.73 mg/100g de harina.

Salinas *et al.*, (1999) encontraron que los valores de antocianinas en el grano varían de 29.8 a 46.1 mg/100g de harina para el maíz azul, mientras que para los maíces de grano rojo va de 8.7 a 61.0 mg/100g de harina.

3.6. Endogamia

El término endogamia indica una forma de apareamiento entre individuos emparentados. En las plantas monoicas compatibles, la endogamia es máxima cuando ocurre la autofecundación, pero puede presentarse diferentes grados de endogamia en atención al parentesco entre el conjunto de progenitores en una población de plantas o al número de ellas (Reyes, 1990).

Shull (1908) y East (1908) mencionan que plantas alógamas como el maíz; se practica la endogamia artificialmente controlando oportunamente la polinización. El cruzamiento entre progenitores e hijos, entre hermanos, entre medios hermanos, se llama cruza consanguínea y la descendencia puede estar relacionada, usándose los términos cruza regresiva, cruza fraternal, cruza de medios hermanos, etc. Existe una tendencia en asociar los efectos biológicos desfavorables con la endogamia, debido a que se han observado efectos contrastados cuando se comparan los efectos de la endogamia máxima (autofecundación) las cruza consanguíneas y el cruzamiento entre individuos no relacionados.

El efecto de la autofecundación en una especie de polinización cruzada es el aumento de la homocigosis, expresado en la planta por la pérdida de vigor (Poehlman, 1983).

Hallauer y Miranda (1988) en las poblaciones de maíz los efectos de la autofecundación son inmediatamente evidentes, tales como la reducción del vigor y productividad, un menor porte de planta, una demora de la floración y una mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades.

3.7. Líneas endocriadas

La selección del pedigrí es el método de mejoramiento más usado para el desarrollo de líneas endocriadas. Este consiste esencialmente en la autofecundación de plantas individuales seleccionadas durante varias generaciones (Bauman, 1981; Hallauer *et al.*, 1988; Hallauer, 1990).

La selección individual, conocida también como genealógico o por pedigree, consiste en seleccionar en campo en una población de plantas, aquellas plantas individuales que fenotípicamente se manifiestan sobresalientes a las restantes, Reyes (1985).

Poehlman (1983) menciona que la selección de progenie es un procedimiento en el que las progenies se cultivan en lotes individuales con el objetivo de determinar la capacidad de mejoramiento de las plantas seleccionadas. También dice que mediante la prueba de las progenies, se puede diferenciar las plantas cuya superioridad se deba a variación genética de aquellas en que sea debido al medio ambiente.

Chávez (1995) menciona que una línea que es pura, originada generalmente por autofecundaciones sucesivas y selección, hasta obtener plantas homocigotas. Y que para formar buenas líneas autofecundadas, es necesario partir de poblaciones con amplia base genética, de ahí la importancia de seleccionar las mejores variedades de cada región cuando se pretende iniciar con poblaciones criollas. Este mismo autor describe los pasos generales para obtener líneas homocigotas:

- 1- Siembra de una población de amplia variabilidad genética. (población original). Selección de las mejores plantas (según los objetivos), seguido de aislamiento y autofecundación artificial de las mismas.

2- A continuación, se recoge separadamente la semilla de cada planta autofecundada (líneas S_1) a la que se le adjunta una genealogía.

Se siembra la descendencia de cada planta autofecundada en una parcela separada, en surcos de 10 m. Es conveniente conseguir de 20 a 50 plantas en cada descendencia. Estas generaciones formadas por descendencias de autofecundación se suelen llamar generaciones S (La letra S es del inglés "selfing" y el subíndice el número de generaciones de autofecundaciones). Esta será la generación S_1 , mientras que la población original es la generación S_0 .

3- En la S_1 , se realiza primero una selección de parcelas y luego se seleccionan plantas dentro de las parcelas y se autofecundan recogiendo de nuevo por separado la semilla de cada planta.

4- Se siembran las parcelas de esta generación S_2 ; Cada parcela de S_2 , procederá de una planta de la S_1 autofecundada.

5- Se repiten los pasos 3 y 4 durante varias generaciones. Hasta obtener líneas S_6 ó S_8

6- Alcanzada la generación S_6 a S_8 , se podrá observar uniformidad dentro de cada parcela por aumento de la homocigosis.

El número necesario de generaciones para alcanzar la uniformidad, dependerá del grado de heterocigosis de la población original. Alcanzada la mencionada uniformidad, toda parcela homogénea puede considerarse como una línea pura.

Jones (1918) llevo a cabo un resumen de los resultados obtenidos al autofecundar una población de plantas de maíz y concluyo que:

1. Existe una reducción en el tamaño de las plantas y en la productividad pero esta reducción se manifiesta en las generaciones sucesivas solo hasta cierto punto.
2. Se observa el aislamiento de subvariedades o líneas que difieren notablemente en caracteres morfológicos.

3. A medida que estas subvariedades o líneas van siendo más uniformes, la reducción en el vigor es menos apreciable.
4. Se observa la segregación de plantas anormales, débiles y parcial o totalmente estériles o que no llegan a sobrevivir.
5. Se obtienen algunas líneas que difieren por su vigor, desarrollo y productividad y que son uniformes año tras año, sin cambios apreciables; no obstante, estas líneas son sin excepción, menos vigorosas y menos productivas que la población original.

3.8. Vigor híbrido o heterosis

Poehlman (1983) define al vigor híbrido como el exceso de vigor de la descendencia en la F_1 con respecto al promedio de sus progenitores. También menciona que es un efecto de la interacción positiva de dos genes dominantes favorables sobre la planta híbrida que aportan un pequeño incremento al rendimiento final.

Shull (1914) citado por Reyes (1990) utilizó el término heterosis como contracción de la expresión “estimulo de la heterocigosis” el cual se usa como sinónimo del “vigor híbrido” por el efecto que se manifiesta en la F_1 al presentarse un estímulo general en el híbrido. Este estímulo se debe a la cruce de dos líneas puras (homocigóticas) en la que generalmente se obtiene una descendencia que es superior en casi todas las características morfológicas, fisiológicas y de adaptabilidad a cualquiera de los padres que intervienen en su formación.

Reyes (1990) asegura que este fenómeno, definido como heterosis estaría dado por la reaparición de la heterocigosidad en los genes que estaban al estado homocigótico en las líneas puras, manifestándose de la siguiente manera:

- I. Mayor rendimiento de grano, forraje o fruto.
- II. Madurez más temprana (para el caso de materiales precoces).
- III. Mayor resistencia a plagas y enfermedades.
- IV. Plantas más altas (con respecto a sus progenitores).
- V. Aumento en el tamaño o número de ciertas partes u órganos de la planta.
- VI. Incremento en algunas características internas de la planta.

3.9. Generación de híbridos

Chávez (1995) menciona que el objetivo del mejoramiento genético de plantas, es obtener materiales que presenten características agronómicas deseables (variedades o híbridos) principalmente: con alto potencial de rendimiento con menores costos. Esto implica un manejo intensivo, mayor población por unidad de superficie, aunado a otras características que los fitomejoradores deben de tomar en cuenta como son: la resistencia o tolerancia a malezas, plagas y enfermedades, factores ambientales (sequía, frío, viento entre otras). Situaciones que los mejoradores deberán resolver a través de la investigación y búsqueda de nuevos métodos de tal manera que se pueda obtener mayor producción total y calidad.

Reyes (1985); Gómez (1986); Vasal *et al.*, (1992) y Melchinger (1997) recomiendan el uso de híbridos en las regiones del sureste mexicano donde según informes de la (SAGARPA, 2002) de los 2.5 millones de hectáreas que se siembran cada año; cerca de un millón están comprendidas dentro de los niveles de buena y media productividad y 100 mil hectáreas están bajo condiciones de riego. Condiciones bajo las cuales los híbridos expresan al máximo su potencial genético, dado por el efecto heterótico de cruzar progenitores de relativa divergencia genética.

Reyes (1990) menciona que un híbrido es el producto del apareamiento de individuos de genotipos diferentes. En la producción normal de semilla de maíz híbrido, se producen generalmente tres clases de semilla que son: cruza simples, cruza dobles y cruza triples o trilineales.

3.9.1. Cruza simple

Poehlman (1983) describe como una cruza simple a la descendencia híbrida que se obtiene por cruzamiento de dos líneas autofecundadas y que esta recupera el vigor y la productividad que perdió durante el proceso de endogamia, por tanto será más productiva y vigorosa que sus progenitores.

Una cruza simple o híbrido simple es el resultado del cruzamiento entre dos genotipos diferentes, generalmente dos líneas endocriadas (Chávez 1995 y Reyes, 1990)

3.9.2. Cruza doble

Poehlman (1983) describe como una cruza doble aquella en la que intervienen cuatro líneas progenitoras: una cruza simple por otra cruza simple, bajo condiciones de aislamiento. Además menciona que el híbrido resultante no es tan uniforme como la cruza simple pero que presenta una semilla más uniforme en cuanto a tamaño y apariencia; además, en mayores cantidades debido a que proviene de progenitores (cruzas simples) altamente productivas.

En 1918, Jones sugirió la cruza de dos cruza simples F_1 vigorosas para la formación de una cruza doble. Reyes (1990) menciona que el alto vigor de las cruza simples, hace que la semilla (F_1) de cruza doble sea abundante y barata.

3.9.3. Cruza triple o trilineal

Chávez (1995) describe a la craza triple como la resultante de cruzar un híbrido simple (cruza simple) utilizada como hembra y una línea utilizada como macho. Menciona que esta es una de las cruzas que más utilizan las empresas para la producción de grano.

Rodríguez (1997) y Sierra *et al.*, (1998) recomiendan la utilización de híbridos formados por tres líneas como una buena alternativa, al aprovechar las ventajas que ofrece la heterosis en la producción comercial de maíz; al cruzar líneas de relativa divergencia genética con cruza simples de alto rendimiento. Vasal (1994) sugiere la utilización de cruza triples en la producción de semilla comercial por su buen rendimiento, facilidad de mantenimiento y reproducción.

3.10. Mantenimiento varietal

Carballo (1992) considera que el mantenimiento varietal es únicamente a través de semilla de categoría original, la cual tiene el propósito de conservar la identidad de progenitores y variedades, independientemente del grado de variabilidad que presenten. Sin embargo, reconoce la posibilidad de que en el proceso pueda lograrse un mejoramiento adicional y con ello una nueva variedad.

Douglas (1982) afirma que; para que una variedad o híbrido logre una amplia distribución y aceptación por parte de los agricultores, no solo debe reunir características agronómicas deseables superiores a las existentes, sino que debe ser de fácil multiplicación.

Paliwal *et al.*, (2000) divide a la metodología para el mejoramiento del maíz en dos grandes grupos: a) esquema de selección recurrente para mejoramiento de las poblaciones y b) desarrollo de líneas puras e híbridos.

IV. MATERIALES Y METODOS.

4.1. Localización del experimento.

La presente investigación se realizó dentro del Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) con sede en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ) ubicado en el Km. 6.5 Carretera Celaya San Miguel de Allende. El trabajo experimental estuvo dividido en dos fases, la primera consistió en la evaluación en campo de 60 genotipos de maíces pigmentados, establecidos en tres localidades: Celaya, Pabellón y Morelia. La segunda fase correspondió al análisis del contenido de antocianinas de 25 genotipos pigmentados tomados de los experimentos de Celaya y Morelia, en el Laboratorio de Alimentos de la Unidad de Biotecnología del INIFAP con sede en el CEBAJ en Celaya, Guanajuato.

Cuadro 2. Coordenadas geográficas de las localidades

Localidades	Latitud	Longitud	Altitud
Celaya, Gto.	20° 31'	100° 49'	1,754 msnm.
Pabellón, Ags.	22° 10'	102° 20'	1,870 msnm
Morelia, Mich.	19°42'	101°11'	1,941 msnm

4.2. Características climáticas

4.2.1. Celaya, Gto.

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1987), el clima de esta región es semiárido templado BS1hw(w)(e)g, temperatura media anual mayor de 18°C, con precipitación media anual de 550 a 710 mm; las precipitaciones mayores ocurren de junio a septiembre y las más bajas de diciembre a Abril. El régimen térmico medio anual es de 18.4 °C.

4.2.2. Pabellón, Ags.

De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1987) el clima de esta región es semiárido templado BS1hw(w)(e)g, la temperatura media anual es de 17.4 °C y el promedio de precipitación pluvial de 507 mm anuales y 430 mm que ocurren en el periodo de Junio a Octubre, mal distribuidos concentrados en verano, considerándose insuficiente y errática para fines agrícolas de temporal. Durante la presente investigación hubo una fuerte granizada seguida de vientos que propiciaron un fuerte acame al experimento de Pabellón, que finalmente no afectaron severamente al cultivo (se recupero).

4.2.3. Morelia, Mich.

Según la clasificación de Köppen modificada por García (1987), en la región predomina el clima templado con verano fresco largo Cb(w1)(w)(i')g, con régimen de precipitación de 760 mm en promedio anual y lluvias en verano menores a 5 mm de la anual y temperatura media anual de 17.6 °C.

4.3. Formación de líneas progenitoras

Se inicio el proceso de obtención de progenitores a partir de la crusa de colectas de maíces criollos pigmentados que intervinieron como progenitores masculinos y como progenitores femeninos híbridos de maíz mejorados de excelentes características agronómicas, con el fin de involucrar caracteres deseables como pigmentación y alto rendimiento en las nuevas poblaciones mejoradas, a través de la derivación de líneas por el método genealógico, que constituyan los progenitores para formar nuevos híbridos experimentales de color con alto potencial de rendimiento y características agronómicas deseables.

De la generación F_1 obtenida de las cruas híbrido por criollo se autofecundaron y seleccionaron plantas con mazorcas que presentaran segregación hacia la forma paterna es decir del progenitor de color. De las mazorcas seleccionadas, se enfatizó la selección de las semillas de color más intenso de las cuales se obtuvo la F_2 donde fueron seleccionadas de nuevo las semillas segregantes de color más intenso, a través de este proceso, en cada generación de autofecundación, se fueron eliminando las semillas homocigotas portadoras del color blanco, y fijándose el color de grano. Mediante este proceso, varios ciclos de autofecundación y selección se formaron un grupo de líneas endogámicas seleccionadas teniendo en cuenta la genealogía de los progenitores involucrados para identificar a las mejores líneas que en combinación con otras produjeran los nuevos híbridos experimentales con las características de ambos progenitores.

4.4. Material genético

El material genético que se utilizó en este trabajo Cuadro 3, fue un grupo de 60 híbridos experimentales de maíz pigmentado formados por el INIFAP con las líneas progenitoras pigmentadas superiores, que fueron descritas anteriormente y

como testigos 6 híbridos comerciales: H-316 y H-317 liberados por el INIFAP y DK 2000, DK 2020, Tigre, y León, provenientes de empresas particulares.

De los 60 híbridos, los 25 con mejor desempeño fueron muestreados para su evaluación y análisis de contenido de antocianinas en laboratorio, Cuadros 10 y 11.

CUADRO 3. Genealogía de materiales utilizados (Origen B07R)

CRUZA	GENEALOGIA
23 x 53	(Criollo negro elotes cónicos x H317)-514-V's-4-1-1
29 x 59	(Criollo negro elotes cónicos x HCB5)-520-V's-1-1-1
33 x 58	(Criollo negro elotes cónicos x HCB7)-518-V's-2-1-1
63 x 26	(MZ 6 Pinto)-VS-2-3-1
67 x 129	(HCB1 x Criollo colorado elotes cónicos)-V's-2-2-1
73 x 155	(HCB8)X criollo colorado Temp.Elote cónico x pepitilla)-3-3-1
79 x 38	(MZ 9)-V-2-2-1
84 x 354	(HCB3 x Criollo Colorado Riego Elotes Cónicos)- -2-1-1
87 x 160	(HCB8 x Criollo colorado cónico norteño)-1-1-1
111 x 88	(HCB4) x criollo negro cónico norteño x tabilla de 8)-V's-3-2-1
121 x 84	(HCB2 x Criollo colorado Elotes Cónicos)- V's-3-1-1
124 x 144	(H317 x Criollo negro elotes cónicos)-V's-2-1-1
131 x 171	(HCB1 x Criollo negro elotes cónicos)-608 V's-1-1-1
135 x 175	(HCB1 x Criollo colorado elotes cónicos)- V's-2-1-1
136 x 197	(HCB1 x Criollo colorado elotes cónicos)- V's-2-2-1
144 x 124	(HCB3 x Criollo negro elote cónico)- 4 V's-1-1-1
152 x 200	(HCB8 X criollo colorado Temp.Elote cónico x pepitilla)-3-1-1
156 x 301	(HCB8 x Criollo negro cónico norteño)-1-1-1
159 x 306	(HCB8 x Criollo negro cónico norteño)-4-1-2
160 x 87	(HCB8 x Criollo colorado cónico norteño)-1-1-1
160 x 292	(HCB8 x Criollo colorado cónico norteño)-1-1-1
171 x 131	(HCB7 x Criollo negro elote cónico)-2-1-1
192 x 207	(HCB7 x Criollo colorado cónico norteño)-2-1-1
193 x 210	(HCB7 x Criollo colorado cónico norteño)-2-1-2
200 x 152	(HCB4 x Criollo colorado Temp. Elotes cónicos x pepitilla)-1-2-1
207 x 192	(HCB1 x criollo negro elote cónico)-2-2-1
210 x 193	(HCB1 x criollo negro elote cónico)-3-1-3
222 x 323	(HCB1 x criollo colorado cónico norteño)-1-1-1
225 x 242	(HCB1 x criollo colorado cónico norteño)-2-1-2
242 x 225	(HCB2 x Criollo negro Elote cónico)-V's-3-1-1
249 x 302	(HCB2 x Criollo negro Elote cónico)-V's-1-2-1
254 x 315	(HCB2 x Criollo colorado Elote cónico)-V's-2-1-1
256 x 358	(HCB2 x Criollo colorado Elote cónico)-V's-2-1-3
262 x 312	(HCB2 x Criollo colorado Riego Elote cónico)-V's-2-1-2
263 x 307	(HCB2 x Criollo colorado Riego Elote cónico)-V's-2-1-3
272 x 93	(HCB2 x Criollo colorado Riego Elote cónico)-V's-3-1-3
277 x 190	(HCB2 x criollo colorado cónico norteño)-1-1-2
285 x 67	(HCB2 x criollo colorado cónico norteño)-3-2-1
292 x 160	(HCB2 x criollo colorado elote cónico)-4-1-3
301 x 156	(HCB11 x Criollo negro elote cónico)-4-2-1
293 x 227	(HCB2 x criollo colorado elote cónico)-5-1-1
302 x 249	(HCB11 x Criollo negro elote cónico)-4-3-1
306 x 159	(HCB11 x Criollo colorado elote cónico)-2-2-1
324 x 190	(HCB5 x Criollo Negro Cónico Norteño x Tabilla de 8)-1-1-1
352 x 38	(HCB3 x Criollo Negro Elotes Cónicos)- -3-2-1
354 x 84	(HCB3 x Criollo Colorado Riego Elotes Cónicos)- -2-1-1
356 x 152	(HCB3 x Criollo Colorado Riego Elotes Cónicos)- -2-1-3
357 x 394	(HCB3 x Bolivia Jaspeado 3)- -1-1-1
362 x 322	(HCB9 x Criollo Negro)- -1-3-1
364 x 224	(HCB9 x Criollo Negro)- -2-1-1
380 x 352	(HCB9 x Criollo Negro Elote Cónico)- -3-1-1
386 x 222	(HCB9 x Colecta Negra)- -2-1-1
394 x 357	(HCB6 x Criollo Negro Elotes Cónicos)- -2-2-1
397 x 99	(HCB6 x Criollo Negro Elotes Cónicos)- -2-4-1
TESTIGO	H-316
TESTIGO	H-317
TESTIGO	DK 2000
TESTIGO	DK 2020
TESTIGO	Tigre
TESTIGO	León

4.5. Manejo agronómico Celaya

4.5.1. Preparación del terreno.

La preparación del terreno consistió en un barbecho profundo a 30 cm, seguido de dos pasos de rastra y surcado a una distancia de 0.76 m, posteriormente se realizó el trazo de las fajas para la distribución de las parcelas y aleatorización de los tratamientos.

4.5.2. Siembra

En Celaya la siembra se realizó bajo condiciones de riego, la parcela experimental constó de dos surcos de 5.165 metros de largo y una separación entre surcos de 0.76 metros.

Debido a que la siembra fue de semilla por golpe no hubo necesidad de aclareo.

4.5.3. Fertilización

Se empleó como fuente de fertilización la mezcla física 18-24-12 más micro elementos; aplicando 250 kg ha⁻¹ a la siembra, con esta cantidad de fertilizante se aplicaron 45 unidades de Nitrógeno (N), 60 de Fosforo (P) y 30 de Potasio (K); la segunda fertilización se efectuó cuando las plantas presentaron la décima hoja aplicando 215 kg de Urea por hectárea, para cubrir la fórmula 144-60-30.

4.5.4. Riego

Debido a que hubo presencia de precipitación, se efectuó un riego ligero y uno de auxilio.

4.5.5. Control de malezas

En esta actividad se utilizó el control químico con el propósito de eliminar las malas hierbas que compiten con el cultivo por agua, nutrientes y luz, aplicándose en forma pre-emergente, PRIMAGRAM GOLD a razón de 4 Lts/ha⁻¹ con ingrediente activos Atrazina 33.7 y Metolaclor 26%; y para el control durante desarrollo del cultivo se utilizó GRAMOXONE 1 L/ha⁻¹, con ingrediente activo Paraquat 25%, más el control manual.

4.5.6. Control de plagas

Se aplicaron 20 kg de Furadan 5G con ingrediente activo Carbofuran para proteger la siembra contra plagas del suelo. Como control durante la etapa vegetativa para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se aplicó Lorsban a una dosis de 1.5 Lts/ha⁻¹

4.6. Manejo agronómico Morelia

4.6.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en un barbecho profundo a 30 cm, un paso de rastra, y surcado a una distancia de 0.76 m, posteriormente se trazaron las fajas para la distribución de las parcelas y aleatorización de los tratamientos.

4.6.2. Siembra.

La siembra se realizó "a tierra venida", la parcela experimental constó de dos surcos de 5.165 m de largo y una separación entre surcos de 0.76 m.

4.6.3. Fertilización.

Se aplicó la fórmula 250-30-00, a la siembra se aplicaron 65.21 kg de Fosfato Diamónico y 246.23 kg de urea para cubrir con la mitad del nitrógeno (N) y todo el fósforo (P), en la segunda fertilización se aplicaron 271.73 kg de Urea para cubrir el resto del nitrógeno antes del espigamiento.

4.6.4. Riegos

Debido a que hubo presencia de precipitación, se efectuó un riego ligero y uno de auxilio.

4.6.5. Control de malezas.

Se programó un control químico con el propósito de eliminar las malas hierbas que compiten con el cultivo por agua, nutrientes y luz, aplicando de forma pre-emergente PRIMAGRAM GOLD a razón de 4Lts/ha⁻¹ con ingrediente activos Atrazina 33.7 y Metolaclor 26%, posteriormente se hicieron aplicaciones localizadas de 2 Lts/ha⁻¹ de Faena, Marvel 480 y una última aplicación de 1 L/ha⁻¹ de Gramocil antes de la floración.

4.6.6. Control de plagas.

Se aplicaron 20 kg de Furadan 5G con ingrediente activo Carbofuran para proteger la siembra contra plagas del suelo, como control para las plagas del follaje se usó una dosis 250 ml/ha⁻¹ de Cipermetrina.

4.7. Manejo agronómico de Pabellón

4.7.1. Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en un barbecho profundo, un paso de rastra, y surcado a una distancia de 0.76m, posteriormente se trazaron las fajas para la distribución de las parcelas y aleatorización de los tratamientos.

4.7.2. Siembra

La siembra se realizó bajo condiciones de riego, de una a dos semillas por golpe en el fondo del surco tapándola con un paso de rastra, a los 30 días aproximadamente después de la siembra se hizo un aclareo a una planta, para procurar una densidad de 80 mil plantas por hectárea. La parcela experimental consistió de dos surcos de 5.165m de largo y una separación entre surcos de 0.76m

4.7.3. Fertilización.

De la fórmula 200-90-00, a la primera escarda se aplicó 195.65 kg de Fosfato Diamónico para cubrir la mitad del nitrógeno (N) y todo el fósforo (P), en la segunda fertilización se aplicaron 140.84 kg de Urea para cubrir el resto del nitrógeno antes del espigamiento.

4.7.4. Riegos

Debido a que hubo presencia de precipitación, únicamente se efectuó un riego de auxilio.

4.7.5. Control de malezas.

Se programó un control químico con el propósito de eliminar las malas hierbas que compiten con el cultivo por agua, nutrientes y luz, aplicando de forma pre-emergente PRIMAGRAM GOLD a razón de 4Lts/ha⁻¹ con ingrediente activos Atrazina 33.7 y Metolaclor 26%, posteriormente se hicieron aplicaciones localizadas de GRAMOXONE 1 L/ha⁻¹, con ingrediente activo Paraquat 25%.

4.7.6. Control de plagas

Se aplicaron 20 kg de Furadan 5G con ingrediente activo Carbofuran para proteger la siembra de plagas del suelo. Como control durante la etapa vegetativa para gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se aplicó Lorsban a una dosis de 1.5 Lts/ha⁻¹

4.8. Variables estudiadas

4.8.1. Floración femenina

La floración femenina se considera a partir de que el 50% del total de las plantas dentro de la parcela experimental exponen los estigmas (por lo menos de 2 a 3 cm de longitud), es decir se encuentran receptivos para la polinización. Para registrar los días a floración se consideran los días desde la siembra hasta el momento de la floración.

4.8.2. Floración masculina

Se considera cuando el 50% del total de plantas de la parcela experimental presenta maduración de la panícula (aparato reproductor masculino) es decir

comienza a liberar polen. Para registrar los días a floración masculina se consideran los días desde la siembra hasta el momento de la floración.

4.8.3. Rendimiento

Esta variable está determinada por varios componentes expresados en la siguiente formula.

$$(PC \times 10000m^2 / \text{ÁREA}) ((100 - \%H / 86) \times ID)$$

DONDE:

PC = Peso de campo en Kg.

ÁREA = Se considera el área que ocupa el material dentro de los 10000 m² esto está dado por el número de surcos, longitud del surco y distancia entre surcos.

% H = Porcentaje de humedad al momento de la cosecha (ajustado al 14% de humedad).

ID = Índice de desgrane, se maneja un valor estandarizado de 0.8

4.8.4. Altura de planta

Se selecciona una planta representativa y al azar por parcela y utilizando una regla de aluminio se mide la distancia en centímetros, desde su base al punto de inserción de la hoja bandera.

4.8.5. Altura de mazorca

Para la misma planta cuya altura ya se ha medido, se determina la distancia en centímetros desde la base del tallo al nudo de la mazorca principal. La altura de planta y mazorca puede medirse en cualquier momento después de la floración hasta momentos antes de la cosecha.

4.8.6. Acame de raíz

Los datos sobre el acame de raíz y tallo se toman al final del ciclo, antes de la cosecha. Son consideradas con acame de raíz aquellas con una inclinación de 30° o más a partir de la perpendicular en la base de la planta donde comienza la zona radicular.

4.8.7. Acame de tallo

Se refiere al número de plantas con tallos rotos debajo de la mazorca principal. Cuando se encuentran dentro de las parcelas plantas débiles con tallos de poca calidad, que todavía no se han acamado es necesario presionar los tallos suavemente por debajo de la mazorca principal y las plantas que estén flácidas son consideradas con problema de fusarium spp., que presentan problema de acame de tallo.

4.8.8. Número de mazorcas totales

Se refiere al total de mazorcas cosechadas dentro de la parcela.

4.8.9. Cobertura de mazorca

Es el número de mazorcas de cada parcela que antes de la cosecha presenten expuesta la punta de la mazorca. Este dato se puede expresar en porcentaje dividiendo el número de mazorcas con mala cobertura entre el total de plantas cosechadas.

4.8 10. Aspecto de planta

Esta variable se registró en una escala del 1 al 5, las mazorcas de mejor aspecto se aproximaron al rango de 1 y las peores a 5.

4.8.11. Aspecto de mazorca

El rango utilizado fue del 1 al 5 dando la calificación según las observaciones a simple vista del total de mazorcas cosechadas por parcela, considerando aspectos como color, mazorcas podridas tamaño de mazorca. Para las mejores mazorcas se asignaron valores cercanos a 1 y a las peores, valores cercanos a 5.

4.8.12. Fusarium

Se consideran todas las plantas con el tallo vano o hueco efecto de la presencia de fusarium spp.

4.8.13. Porcentaje de mazorcas podridas

Del total de mazorcas cosechadas dentro de cada parcela, se contaron las mazorcas dañadas por *Diplodia* spp., *Fusarium* spp. o *Gibberella* spp. de cada material. Para obtener el porcentaje, se multiplica el número de mazorcas podridas por cien, dividido entre el total de mazorcas cosechada dentro de la parcela.

4.8.14. Peso de campo

Para su determinación se cosechan todas las plantas de cada parcela útil y las mazorcas se depositan en bolsas de mandado, las cuales se pesan en una báscula digital y así se obtiene el peso en kilogramos de cada parcela por separado.

4.8.15. Determinación de humedad

Se determino el porcentaje de humedad del grano empleando un determinador de humedad (Burrows Digital Moisture Computer 700), pesando una muestra de 250g para cada parcela, la muestra se vacía en la tolva del determinador de humedad, previamente ajustado para determinar humedad en maíz; la humedad es medida en base al paso de la corriente eléctrica a través de la muestra de granos, entre mas húmedos mayor será el paso de corriente.

4.9. Diseño experimental

Se utilizaron látices rectangulares de 6 x 10 (Celaya), 6 x 9 (Morelia) y 7 x 8 (Pabellón) para evaluar los tratamientos de maíces híbridos pigmentados.

4.10. Análisis estadístico

Uno de los principales objetivos del análisis de datos de un diseño experimental es cuantificar y evaluar la importancia de las fuentes de variación (factores de tratamientos y de clasificación) esto puede ser obtenido a través del análisis de varianza (ANVA). Donde se utilizo el diseño experimental de látice.

Fue necesario realizar análisis de covarianzas en las localidades de Morelia y Bajío con la intención de tener datos más representativos del rendimiento en base a la densidad de población, esta prueba es recomendable y valida cuando hay significancia estadística en la variable densidad de población.

Para el caso de las variables % de acame, cobertura y mazorcas podridas se realizo una transformación de datos por medio de raíz cuadrada más 0.5 ($x+0.5$); para disminuir los coeficientes de variación y hacer valida la prueba del análisis de varianza, puesto que estas variables no tienen una distribución normal.

4.11. Modelo matemático

El modelo matemático utilizado para el análisis estadístico de los datos obtenidos de las variables estudiadas en látice fue:

$$Y_{ijk} = \mu + R_k + T_i + B_{j(Rk)} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor observado en la unidad experimental

μ = efecto medio

R_k = efecto de la repetición k

T_i = efecto del tratamiento

$B_{j(Rk)}$ = efecto del bloque incompleto j de la repetición k

E_{ijk} = error asociado con la unidad experimenta

4.12. Extracción y cuantificación de antocianinas

La cuantificación de las antocianinas en maíz se realizó mediante el método desarrollado por Habel-Aal y Huch en 1999. La extracción y cuantificación se realizó a pH ácido (=1) con la finalidad de llevar las antocianinas a la forma de ión flavilo que presenta coloración y de esta forma poder cuantificarlas espectrofotométricamente.

Se pesan 0.03 gr. de maíz molido y pasando por un tamiz de 40 mallas, los cuales se extraen con 5 ml de etanol acidificado (etanol: CL 1N::85:15, v/v), agitando durante 30 minutos, y ajustado a pH igual a 1. Esta solución se centrifugó y se completó el volumen del sobrenadante a 50 ml con etanol acidificado. A la solución resultante se le realizó un barrido de Absorbancia entre 400 y 600 nm, para localizar la longitud de onda máxima de absorción.

La concentración de antocianinas totales en la muestra (mg/g) se calculó como cianidina-3-glucósido, según la siguiente fórmula.

$$C = (A/\zeta) (V/1000) (PM) (1 \cdot 10^3/P)$$

Donde:

C = Concentración de antocianinas totales (mg/g)

A = Absorbancia máxima

ζ = Absortividad molar de cianidina-3-glucósido ($25.965 \text{ cm}^{-1}\text{M}^{-1}$)

V = Volumen total de extracto de antocianina

PM = Peso molecular de cianidina-3-glucósido (449)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de varianza individuales y combinado

Debido a la falta de semilla de algunos materiales no fue posible evaluar a los 60 tratamientos en las tres localidades. Se evaluaron 60 tratamientos en Celaya, 54 tratamientos en Morelia y 56 tratamientos en Pabellón. En el análisis de varianza combinado se consideraron a 49 tratamientos que si fueron sembrados en las tres localidades, lo que significa que se excluyeron a 11 tratamientos de la evaluación, por no haber sido sembrados en las tres localidades.

De acuerdo al los análisis de varianza individuales Cuadros 4, 5 y 6, existen diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos en las tres localidades para todas las variables a excepción de las variables AP y AM en Celaya, ART y ATT en Morelia y AP en Pabellón las cuales no mostraron ninguna significancia.

Cuadro 4. Cuadros medios y grados de libertad del análisis de varianza para las variables evaluadas en la localidad Celaya. INIFAP, Ciclo PV 2008.

F.V	G.L	FM	FF	AP	AM	REND	DP	ART	ATT	COBT	PODT
Rep	2	74.112	55.525	0.814	0.174	24657020	47038946	6.844	5.607	0.540	17.377
Blo(rep)	27	31.425	41.946	0.037	0.041	10086881	11802580	2.690	2.885	1.906	0.5744
Trat	59	20.25**	18.55**	0.046^{NS}	0.050^{NS}	32727**	20835**	4.410**	4.1662**	4.480**	1.12**
Error	91	255.420	324.242	0.031	0.027	1551210	88277482	14.895	11.158	0.865	0.3196
CV		222.623	249.746	7.290	127.291	1.660	1.239	3.275	3.597	2.262	21.949

** = Alta significancia

* = Significancia

^{NS} = No hay significancia

Cuadro 5. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza para las variables evaluadas en la localidad de Pabellón. INIFAP, PV 2008.

FV	GL	FM	FF	AP	AM	REND	DP	ATT	COBT	PODT
Rep	2	1.080	1.750	3.003.571	128.571	2026646	3707	0.000	0.388	6.508
Blo(rep)	27	6.877	6.197	895.535	125.967	793739	5556	2.842	1.178	1.081
Trat	59	11.363**	11.009**	409.188^{NS}	242.71**	267493**	8900^{NS}	5.123**	2.641*	1.278*
Error	91	1.612	2.109	409.973	112.387	575664	6846	1.026	1.329	0.756
CV		1.691	1.941	8.977	10.479	1.484.931	12.526	17.326	36.158	25.363

** = Alta significancia

* = Significancia

^{NS} = No hay significancia

Cuadro 6. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza para las variables evaluadas en la localidad de Morelia. INIFAP, PV 2008.

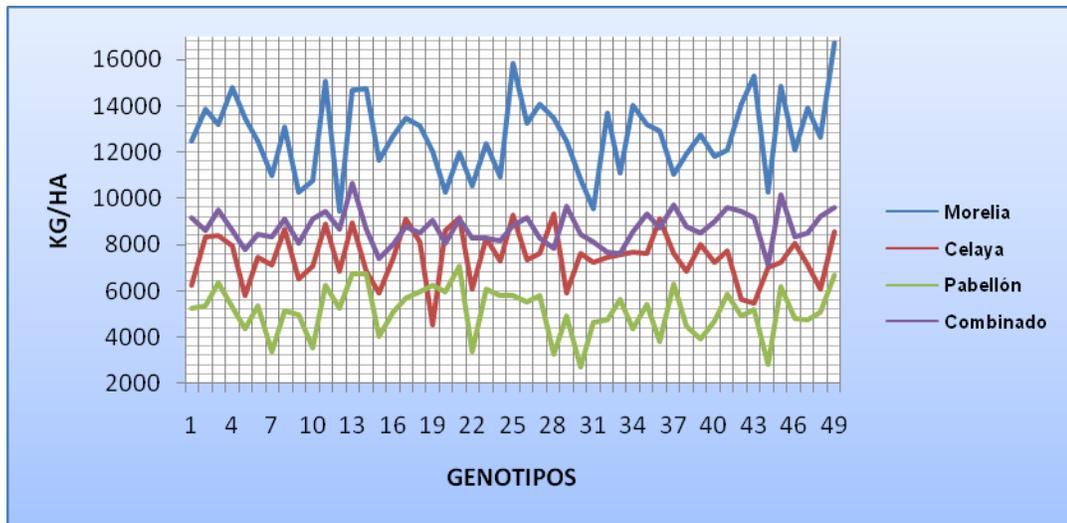
FV	GL	FM	FF	AP	AM	REND	DP	ART	ATT	POD
Rep	2	493.425	391.203	0.453	0.070	10089841	7403756	2.028	2.520	1.662
Blo(rep)	27	8.463	431.708	0.0328	0.0166	3150879	6259278	0.361	0.870	0.411
Trat	59	26.851**	23.310**	0.0371*	0.0586**	5862064**	704929**	0.433^{NS}	1.470^{NS}	1.900**
Error	91	2.640	1.795	0.020	0.018	2324084	21879627	0.357	1.467	0.828
CV		2.303	1.858	5.057	9.190	11.754	6.747	61.286	81.322	24.457

** = Alta significancia

* = Significancia

^{NS} = No hay significancia

El análisis de varianza combinado Cuadro 7, únicamente mostró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre localidades, mientras que las demás fuentes de variación (F.V): Repeticiones, Block (rep), Tratamientos, Trat (rep) y Trat (loc), no registraron ninguna significancia. Los resultados no significativos en el análisis de varianza combinado, probablemente se deban a la influencia del ambiente sobre los tratamientos a través de las localidades, el cual propicio comportamientos diferentes en las tres regiones para todas las variables estudiadas. Es probable que las diferencias tan grandes entre localidades enmascararon las diferencias entre los tratamientos, gráfica 1.



Grafica 1. Rendimiento a través de localidades y combinado de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.

Cuadro 7. Cuadrados medios y grados de libertad del análisis de varianza combinado para las variables evaluadas en las tres localidades. INIFAP, PV 2008.

F.V	G.L.	FM	FF	AP	AM	REND	DP	ACAME	PODT
Rep	1	0.965	4.003	18.150	48.615	5339601	43509499	10.266	0.060
block(rep)	2	2.837	7.018	70.560	16.225	3378275	183879794	5.614	0.706
trat	48	9.431	8.619	131.152	58.982	3046819	88965641	2.499	1.179
trat(rep)	48	13.584	11.935	235.874	78.939	4079845	75637503	3.402	1.734
loc	2	630.291**	315.815**	162894**	329723**	1516941**	34172357**	607.942**	36.315**
trat*loc	96	10.457	9.468	129.683	59.745	3498575	84381318	2.263	1.311
error	96	14.711	12.010	261.699	83.110	3615779	80238072	2.637	1.446
CV		5.327	4.772	20.905	26.028	21.841	1.257.698	43.879	38.139

** = Alta significancia

* = Significancia

^{NS} = No hay significancia

FM = Días a floración masculina; FF = Días a floración femenina; AP = Altura de planta; AM = Altura de mazorca; REND = Rendimiento; DP = Densidad de población, ART = Acame de raíz total, ATT = Acame de tallo total

5.2. Rendimiento

De acuerdo a la comparación de medias realizada con la prueba de Duncan (Celaya) y Tukey (Morelia y pabellón) existen diferencias altamente significativas en rendimiento para cada localidad Cuadro 8. En Celaya 17 tratamientos fueron estadísticamente iguales al promedio del testigo, dentro de estos el 28 y 25 fueron los de mejor rendimiento promedio con 9335 y 9291 kg ha⁻¹ respectivamente, y 32 tratamientos obtuvieron rendimientos más bajos que el promedio del testigo, el rendimiento más bajo lo obtuvo el 19 con 4539 kg ha⁻¹ en comparación al testigo DK 2020 (T49) el cual obtuvo 8573 kg ha⁻¹. En Morelia 39 tratamientos fueron estadísticamente iguales al promedio del testigo, dentro de estos el 49 (DK 2020) y 25 obtuvieron los mejores rendimientos promedio con 16743 y 15838 kg ha⁻¹ respectivamente, 10 tratamientos obtuvieron rendimientos más bajos que el testigo, siendo el de menor producción el 12 con 9445 kg ha⁻¹. En Pabellón 42 tratamientos fueron estadísticamente iguales al promedio del testigo, dentro de estos el 21 obtuvo el mejor rendimiento promedio con 7070 kg ha⁻¹, 7 tratamientos obtuvieron rendimientos más bajos que el testigo, siendo el de menor producción el 30 con 2741 kg ha⁻¹.

Los tratamientos obtuvieron mejor respuesta en la localidad de Morelia, con rendimientos que van de 9445 a 16743 kg ha⁻¹, mientras que el resultado más desfavorable se obtuvo en Pabellón con rendimientos dentro del rango de 2741 a 7070 kg ha⁻¹, debido a daños en el experimento ocasionados por granizo.

De acuerdo a la prueba combinada de Tukey para la comparación de medias, no hay diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para esta variable. En los Cuadros 8 y 9 se observan las diferencias numéricas entre tratamientos, donde 43 cruza obtuvieron rendimientos más bajos que el promedio del testigo y 5 fueron numéricamente superiores al promedio del testigo. El tratamiento 44 (362 x 322) registro el rendimiento más bajo con 7104 kg ha⁻¹, mientras que el tratamiento 13 (136 x 197) fue el más rendidor con 10652 kg ha⁻¹.

Cuadro 8. Rendimiento promedio de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local, por localidad y combinado. INIFAP, PV 2008.

TRAT	CRUZA	REND kg ha-1 CELAYA	REND kg ha-1 MORELIA	REND kg ha-1 PABELLÓN
1	23 x 53	6257B	12471A	5266A
2	29 x 59	8351A	13894A	5376A
3	33 x 58	8425A	13192A	6339A
4	63 x 26	7978A	14799A	5323A
5	67 x 129	5820B	13488A	4375A
6	73 x 155	7471B	12488A	5365A
7	79 x 38	7128B	10997B	3423B
8	87 x 160	8673A	13071A	5127A
9	111 x 88	6508B	10288B	4994A
10	121 x 84	7052B	10758B	3579B
11	124 x 144	8899A	15083A	6267A
12	135 x 175	6837B	9445B	5255A
13	136 x 197	8924A	14686A	6740A
14	144 x 124	6874B	14772A	6732A
15	152 x 200	5890B	11650A	4029A
16	156 x 301	7399B	12726A	5090A
17	160 x 87	9120A	13462A	5684A
18	160 x 292	8130A	13176A	5949A
19	171 x 131	4539C	12039A	6274A
20	192 x 207	8608A	10278B	5958A
21	193 x 210	9192A	11970A	7070A
22	200 x 152	6107B	10538A	3404B
23	207 x 192	8276A	12391A	6065A
24	210 x 193	7315B	10954B	5821A
25	222 x 323	9291A	15838A	5827A
26	225 x 242	7357B	13239A	5544A
27	242 x 225	7629B	14074A	5810A
28	249 x 302	9335A	13499A	3281B
29	254 x 315	5929B	12474A	4945A
30	256 x 358	7646B	10816B	2741B
31	262 x 312	7249B	9557B	4679A
32	272 x 93	7467B	13697A	4786A
33	277 x 190	7562B	11105A	5672A
34	285 x 67	7704B	14034A	4360A
35	292 x 160	7614B	13230A	5439A
36	301 x 156	9135A	12926A	3848A
37	293 x 227	7624B	11056B	6325A
38	302 x 249	6829B	11915A	4483A
39	306 x 159	8024A	12782A	3939A
40	324 x 190	7229B	11812A	4734B
41	352 x 38	7717B	12078A	5890A
42	356 x 152	5641B	14096A	4930A
43	357 x 394	5503B	15298A	5185A
44	362 x 322	7000B	10279B	2876B
45	364 x 224	7225B	14840A	6220A
46	380 x 352	8057A	12081A	4823A
47	394 x 357	7124B	13937A	4759A
48	397 x 99	6107B	12626A	5101A
49	DK 2020	8573A	16743A	6693A
PROMEDIO		7476.408	12707.102	5150.918
C.V.		16.6	14.8	11.7
TUKEY			7094	3320.8
DUNCAN		2613		

Tratamientos con las mismas letras son estadísticamente iguales

5.3. Comparación de medias de las variables estudiadas

El Cuadro 9 muestra las diferencias entre los tratamientos por variable, tomando como referencia al promedio del testigo DK 2020 (T 49) debido a que estadísticamente no hubo diferencias significativas según la comparación de medias realizada con la prueba de Tukey, las observaciones fueron basadas en los hechos numéricos.

Cuadro 9. Promedio para las variables días a (floración masculina y floración femenina), altura de (planta y mazorca), rendimiento, densidad de población, acame (de tallo y raíz) y mazorcas podridas de 48 híbridos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.

T	COLOR	CRUZAS	FM (días)	FF (días)	AP (m)	AM (m)	REND(Kg ha ⁻¹) "	DEN (Ptas ha ⁻¹)	% ACAM*	%POD *
1	pinto * negro	23 x 53	71	72	2,48	1,23	9179	72392	3,9	3
2	rojo * negro	29 x 59	73	73	2,57	1,25	8580	68146	2,5	2,9
3	negro	33 x 58	70	71	2,58	1,37	9501	78124	4,1	2,9
4	negro*pinto	63 x 26	70	71	2,58	1,37	8610	69420	3,6	3,3
5	negro*colorado	67 x 129	73	73	2,64	1,33	7773	71118	3,7	3,5
6	colorado*colorado	73 x 155	71	72	2,61	1,28	8440	70269	4,2	2,4
7	Blanco*blanco	79 x 38	71	71	2,5	1,26	8345	62202	2,6	3
8	colorado*colorado	87 x 160	69	73	2,52	1,28	9105	75151	4,2	3,5
9	negro*negro	111 x 88	72	73	2,47	1,18	8025	74302	4,6	2,2
10	colorado*negro	121 x 84	71	72	2,44	1,25	9126	71967	3,2	3,4
11	negro*negro	124 x 144	72	72	2,44	1,28	9407	74515	4,3	3,3
12	colorado*negro	135 x 175	72	73	2,58	1,31	8647	75788	3,4	3,5
13	colorado*negro	136 x 197	74	74	2,5	1,34	10652	72604	3,7	2,6
14	negro*negro	144 x 124	73	73	2,59	1,39	8648	73029	4,3	2,8
15	colorado*colorado	152 x 200	73	75	2,7	1,4	7377	73029	4,7	3
16	negro*negro	156 x 301	71	72	2,57	1,33	7980	68995	3,5	3,3
17	colorado*colorado	160 x 87	74	73	2,62	1,24	8757	73666	4,9	3,2
18	colorado*colorado	160 x 292	74	74	2,57	1,25	8469	78973	2,7	3,5
19	negro*negro	171 x 131	72	73	2,57	1,2	9034	71118	3,7	2,5
20	colorado*negro	192 x 207	73	74	2,41	1,27	8023	71118	3,5	4,5
21	colorado*negro	193 x 210	73	73	2,63	1,28	9089	66023	3	3,8
22	colorado*colorado	200 x 152	74	76	2,52	1,21	8289	72604	4	2,8
23	negro*colorado	207 x 192	72	73	2,51	1,29	8274	71967	4	3,1
24	negro*colorado	210 x 193	73	74	2,58	1,3	8133	69632	3,9	3,5
25	colorado*negro	222 x 323	73	75	2,28	1,2	8806	70694	3,3	3,3
26	colorado*negro	225 x 242	74	75	2,54	1,43	9160	74090	3,7	3,1
27	negro*colorado	242 x 225	73	72	2,73	1,43	8292	66448	3,6	2,8
28	negro*negro	249 x 302	72	73	2,58	1,3	7823	66660	4,7	3,1
29	colorado*colorado	254 x 315	71	72	2,6	1,25	9641	75152	2,7	3,4
30	colorado*negro	256 x 358	70	70	2,56	1,28	8427	72180	3,6	2,8
31	colorado*colorado	262 x 312	72	71	2,53	1,17	8123	65598	3,2	3,5
32	colorado*colorado	272 x 93	71	73	2,38	1,24	7678	66235	3	3,1
33	colorado*colorado	277 x 190	70	71	2,52	1,24	7594	70906	3,6	3,2
34	colorado*negro	285 x 67	73	72	2,62	1,38	8561	67934	4,6	3,8

35	colorado*colorado	292 x 160	73	72	2,61	1,39	9343	71543	3,7	3,1
36	negro*negro	301 x 156	70	72	2,54	1,3	8684	66023	2,4	3,4
37	colorado*colorado	293 x 227	72	73	2,53	1,28	9723	73878	4,1	3,9
38	negro*negro	302 x 249	72	72	2,48	1,26	8759	71118	4,2	3,5
39	colorado*negro	306 x 159	72	72	2,48	1,18	8511	70693	3,7	2,9
40	negro*colorado	324 x 190	72	72	2,47	1,24	9007	69632	4,5	2,2
41	negro	352 x 38	73	74	2,53	1,25	9596	74727	3,9	3,3
42	colorado*colorado	356 x 152	71	72	2,59	1,28	9407	76213	3	2,3
43	negro	357 x 394	73	73	2,59	1,36	9169	64325	3,8	3,7
44	negro*negro	362 x 322	72	73	2,58	1,2	7104	67085	3,7	3,3
45	negro*colorado	364 x 224	74	75	2,65	1,25	10135	77062	4,5	2,7
46	negro*negro	380 x 352	72	72	2,54	1,25	8312	69632	4,5	3,2
47	negro	394 x 357	71	72	2,45	1,27	8467	73666	3,8	3,1
48	negro*amarillo	397 x 99	74	74	2,51	1,29	9216	67297	2,9	2,9
49	DK 2020		74	73	2,53	1,31	9592	74939	2,5	3,7
C.V.			5.3	4.7	20.9	26	21.8	12.5	43.8	38.1

* Datos transformados por medio de raíz cuadrada más 0.5 ($x+0.5$)

" Datos ajustados por covarianza

 Numéricamente superior al promedio del testigo.

 Numéricamente igual al promedio del testigo.

 Numéricamente inferior al promedio del testigo.

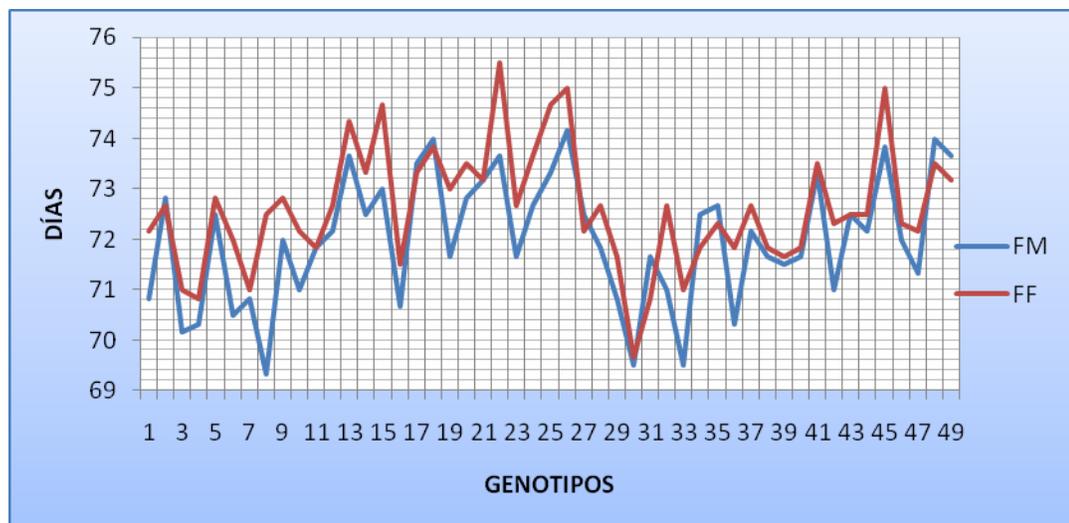
 Testigo DK 2020

5.3.1. Días a floración masculina (FM)

La prueba de Tukey para la comparación de medias de los 49 tratamientos analizados demostró que todos los tratamientos son estadísticamente iguales y que sus diferencias observables son numéricas. En el Cuadro 9 se enlistan los valores registrados en la prueba de medias para la variable dependiente días a floración masculina (FM), donde numéricamente 7 tratamientos fueron iguales al testigo DK 2020 (T 49), el cual registro el valor más alto con 74 días, los 41 tratamientos restantes fueron numéricamente más precoces que el testigo y de estos el tratamiento 8 (87 x 160) registro el valor más bajo, con una precocidad de 69 días a floración. Esta variable es altamente influenciada por las temperaturas y el manejo agronómico. La importancia de esta variable es que entre más precoz sea un material, se puede aprovechar más rápido la superficie que ocupa este, con otro ciclo de madurez u otro cultivo; no dejando de lado el rendimiento.

5.3.2. Días a floración femenina (FF)

La prueba estudentizada de Tukey no mostró diferencias estadísticas significativas entre medias, por lo que la agrupación presentada en el Cuadro 9 está basada en las diferencias numéricas entre tratamientos; observando que 15 tratamientos fueron numéricamente iguales al testigo DK 2020 (T 49) con 73 días a floración, mientras que 22 tratamientos fueron más precoces que el testigo y 11 fueron superiores al promedio del testigo. El tratamiento 30 (256 x 358) fue numéricamente el más precoz con 70 días a floración, mientras que el tratamiento 22 (200 x 152) registró el valor más alto con 76 días a floración.



Grafica 2. Comportamiento de las variables días a floración masculina y femenina. INIFAP, PV 2008.

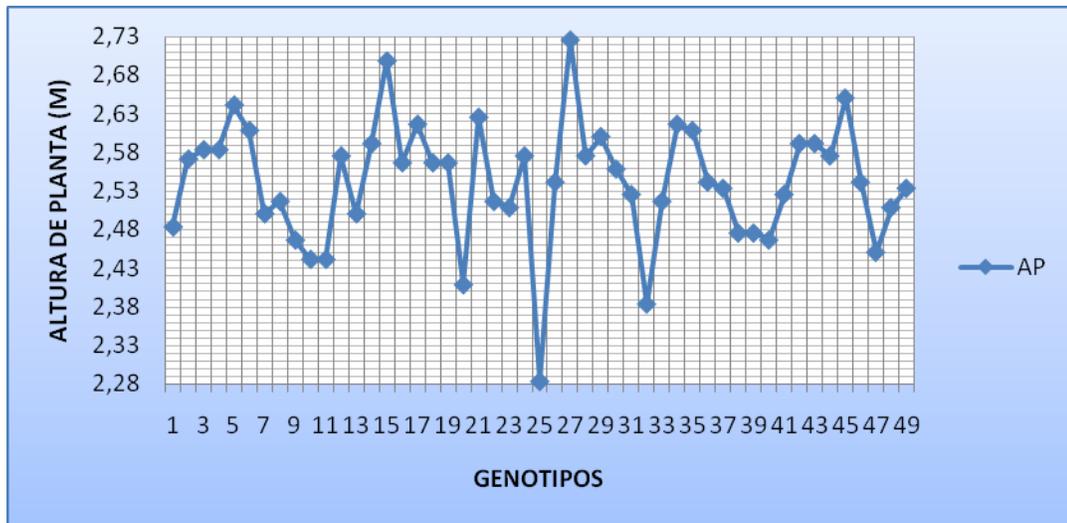
En la grafica anterior se observa el comportamiento de cada variable para los 49 tratamientos, donde se puede observar que la variable floración masculina (FM) es en general más precoz que la variable floración femenina (FF) en un rango de 1- 4 días, este fenómeno llamado protandria se debe a la dominancia apical y a situaciones de estrés, como por ejemplo el déficit nutricional, el déficit hídrico o las altas temperaturas, condiciones que pueden adelantar ligeramente la liberación de

polen y provocar un importante retraso en la floración femenina, debido a que la partición de asimilados hacia la mazorca se reduce a medida que la tasa de crecimiento disminuye, afectando el número final de granos por mazorca.

5.3.3. Atura de planta

La prueba de Tukey no demostró diferencias estadísticas para esta variable analizada, sin embargo se registraron diferencias numéricas, como se observa en el Cuadro 9, donde se hace notar a los 3 tratamientos que obtuvieron el mismo porte de planta que el testigo DK 2020 (T 49) con 2.53 m de alto, 18 tratamientos presentan porte de plantas más bajos al promedio del testigo y 27 estuvieron por arriba de este, lo que significa que más de la mitad de los genotipos presentan gran porte de planta, sin embargo los promedios registrados en esta variable (AP) para los tratamientos evaluados se encuentran por debajo de los promedios que normalmente se registran en maíces criollos; según Goodman (1985) quien señala que la mayoría de las poblaciones nativas exhiben adaptación localizada y presentan porte alto de planta. Al evaluar 24 familias de maíces criollos sobresalientes encontró promedios de 3.73 m para el criollo con porte más alto, y 2.82 m para el criollo con porte más bajo.

Mientras que en el presente trabajo, el tratamiento que presentó el promedio más alto fue el tratamiento 27 (242 x 225) con 2.73 m, y el tratamiento 25 (222 x 323) obtuvo el promedio más bajo con 2.28 m.

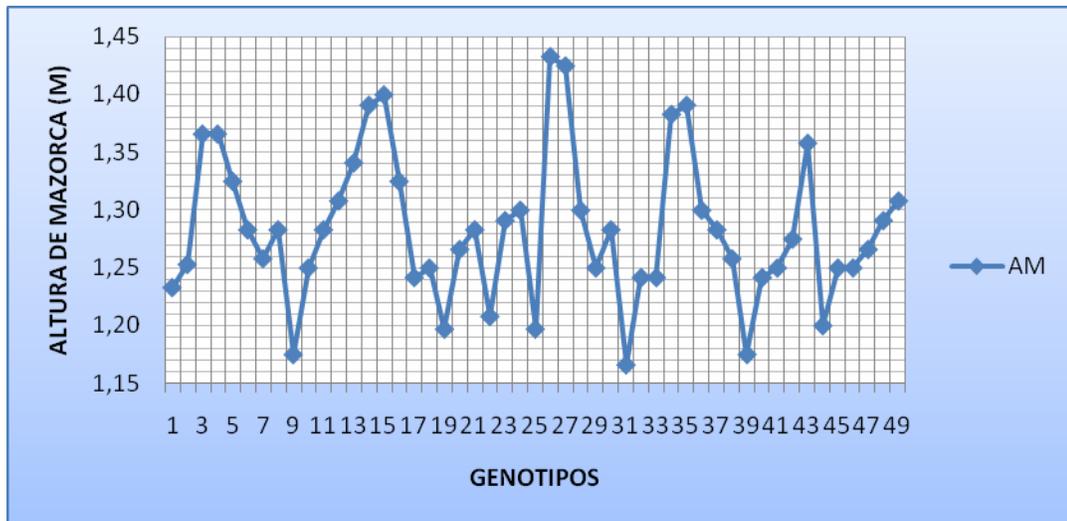


Grafica 3. Altura de planta de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.

5.3.4. Altura de mazorca

Al realizar la comparación de medias con la prueba de Tukey no se encontró ninguna diferencia estadística significativa, por lo tanto las observaciones fueron basadas en la diferencias numéricas como se muestra en el Cuadro 9, donde podemos observar que 35 tratamientos fueron numéricamente inferiores al promedio del testigo, 12 tratamientos estuvieron con promedios más altos al promedio del testigo y únicamente el tratamiento 12 (135 x 175) obtuvo el mismo porte de mazorca que el testigo DK 2020 (T 49) con una altura de 1.31 m. El promedio más bajo para la variable dependiente altura de mazorca (AM) fue de 1.17 m, registrado por el tratamiento 31(262 x 312), mientras que los tratamientos 26 y 27 obtuvieron los promedios más altos, con 1.43 m. de altura.

La altura de la mazorca debe ubicarse en el tercio medio de la planta o de otra manera; el peso de esta, aunado a enfermedades de tallo, mala nutrición y altas densidades que regularmente generan plantas altas y tallos delgados, se incrementa el riesgo de acame.

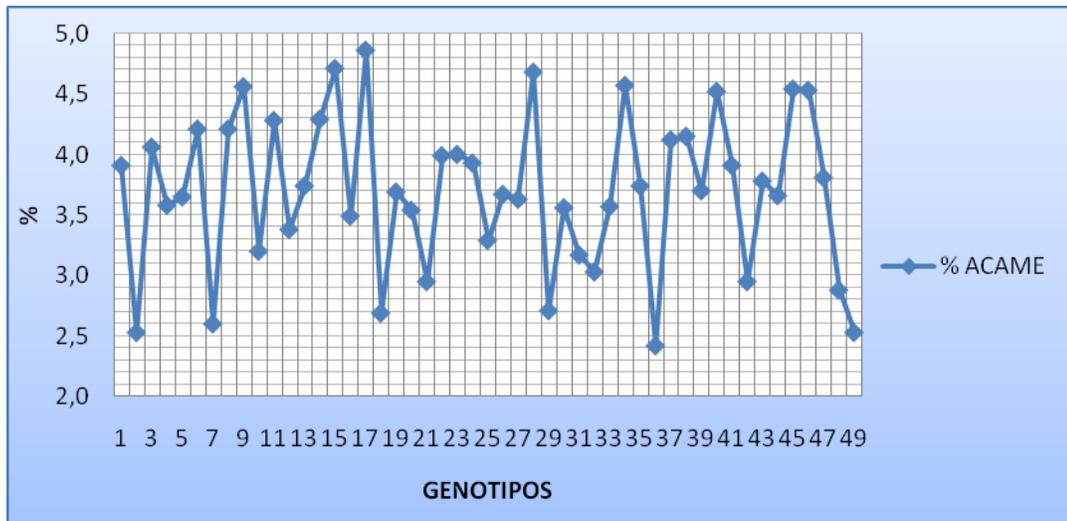


Grafica 4. Altura de mazorca de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.

5.3.5. Porcentaje de acame

La prueba estudentizada de Tukey no demostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para esta variable, por lo que las observaciones se basan en las diferencias numéricas registradas. En el Cuadro 9 se observa que el tratamiento 2 (29 x 59) igualo en porcentaje de acame al promedio testigo DK 2020 (T 49) con 2.5%, 46 cruzas demostraron valores por arriba del promedio testigo, mientras que el tratamiento 36 (301 x 156) estuvo por debajo de este promedio, con 2.4% de plantas acamadas es el material con menor índice de daños, mientras que el tratamiento 17 (160 x 87) obtuvo el porcentaje más alto de acame con 4.9%.

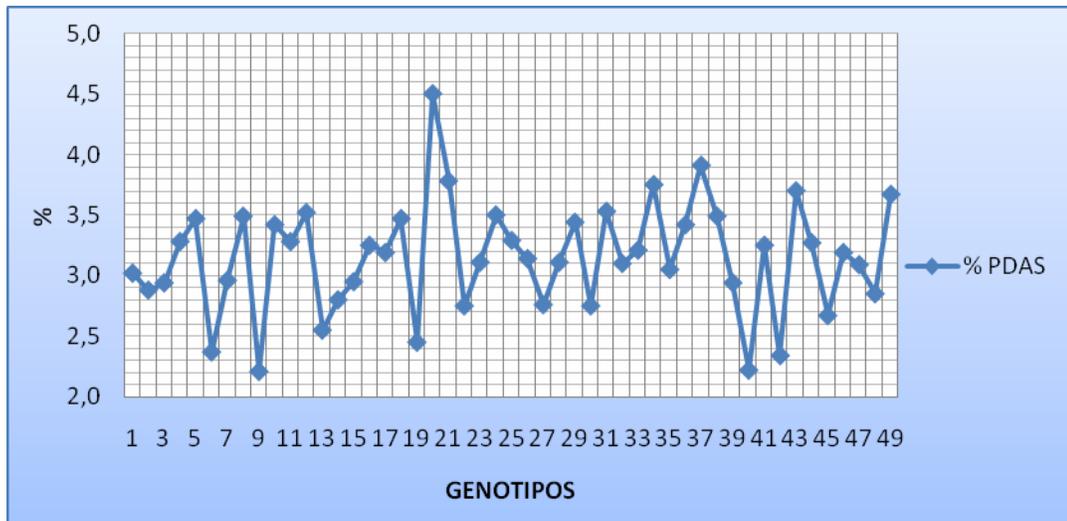
El coeficiente de variación fue de 43.8% para porcentaje de acame y 38.1% para porcentaje de mazorcas podridas a pesar de la transformación de los datos por raíz cuadrada más 0.5 ($x+0.5$), los coeficientes de variación se mantuvieron elevados, probablemente se deba a; que estas variables no tienen una distribución normal y la variabilidad entre tratamientos puede ser indefinida.



Grafica 5. Porciento de acame de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.

5.3.6. Porciento de mazorcas podridas

La comparación de medias realizada con la prueba de Tukey no demostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para esta variable, no obstante existen diferencias numéricas, las cuales se observan en el Cuadro 9 donde tenemos que el tratamiento 43 (357 x 394) obtuvo el mismo porcentaje de mazorcas podridas que el testigo DK 2020 (T 49) con promedios de 3.7%, 4 tratamientos presentaron mayor índice de daños con promedios por arriba del promedio testigo y 43 tratamientos obtuvieron porcentajes de daños más bajo que el registrado por el testigo. El tratamiento 20 (192 x 207) obtuvo el porcentaje de daño más alto con 4.5% de daño, mientras que los tratamientos 9 (111 x 88) y 40 (324 x 190) respectivamente fueron los que menos daños presentaron, con promedios de 2.2% de mazorcas podridas.



Grafica 6. Porcentaje de mazorcas podridas de 48 genotipos de maíz pigmentado más un testigo local. INIFAP, PV 2008.

5.4. Análisis de laboratorio para contenido de antocianinas

En el Cuadro 10 se presenta el análisis de varianza individual para contenido de antocianinas, encontrándose diferencias altamente significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$) en las dos localidades, Celaya y Morelia. Esto significa que dentro de los genotipos evaluados existe al menos uno que sobresale para contenido de antocianinas.

En el análisis de varianza con datos originales el coeficiente de variación (CV) fué de 23.5%. Por lo que se realizó una transformación de datos agregando 1000 unidades a cada tratamiento reduciéndolo a 1.46 y 1.16%.

Cuadro 10. Análisis de varianza de 25 genotipos obtenidos de los experimentos Celaya y Morelia, para la variable contenido de antocianinas. INIFAP, PV 2008.

F.V	Celaya		Morelia	
	G.L	C.M	G.L	C.M
Rep	2	110.4	1	7.2
Trat	24	5495.7**	24	2890**
Error	48	254.2	24	151.8
Total	74		49	
C.V.	1.49		1.16	

El nivel de significancia indica que hay diferencias entre los materiales analizados, esta característica es atribuida en gran parte al efecto materno (herencia citoplasmática) en cantidad y al efecto inmediato del polen sobre el grano en desarrollo conocido como Xenia en coloración, Poehlman (1983).

De acuerdo a la comparación de medias realizada con la prueba de Tukey Cuadro 11, el tratamiento de mayor contenido de antocianinas grupo (A), fue el tratamiento 40 con 221.344 y 204.051 mg/100g para Celaya y Morelia respectivamente. En el presente trabajo se encontró materiales genéticos que van de 15 mg/100g de antocianinas hasta valores de 221 mg/100g, en comparación a Bustillos (1997) quien encontró que el contenido total de antocianinas en el grano de maíz azul es de 67.72 mg/100g de harina y para el maíz rojo 63.73 mg/100g de harina y Salinas *et al.*, (1999) quienes encontraron que los valores de antocianinas en el grano varían de 29.8 a 46.1 mg/100g de harina para el maíz azul, mientras que para los maíces de grano rojo va de 8.7 a 61 mg/100g de harina. Aplicando la misma metodología para la extracción y cuantificación de antocianinas se concluye que con el germoplasma de la presente investigación se tiene una mayor posibilidad de lograr un material genético que puede generar mayor producción de antocianinas que los descritos por Bustillos y Salinas.

Con la aclaración, que los genotipos con más contenido de antocianinas no fueron los más rendidores de grano (ton/ha) en Celaya y Morelia. Con los genotipos 25, 11 y 13 se produce más antocianinas por hectárea que con el genotipo 40 a pesar de que obtuvo el contenido de antocianinas más elevado en ambas localidades, con los primeros 3 genotipos se cosecharía 8.52, 8.48 y 7.902 kg ha⁻¹ de antocianinas respectivamente en promedio de las dos localidades, mientras que con el genotipo 40 se cosecharía 7.897 kg ha⁻¹ de antocianinas en promedio de las dos localidades, Cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de rendimiento total de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado en las localidades Celaya y Morelia. INIFAP, PV 2008.

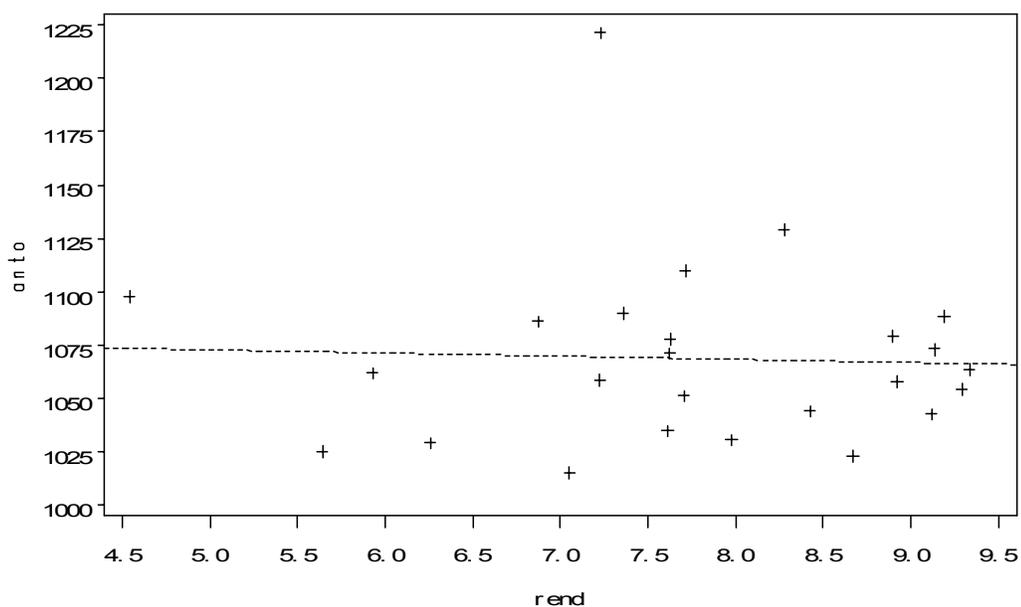
T	COLOR	CRUZA	Celaya			Morelia		
			ANTO mg/100g	REND Ton/ha	ANTO kg/ha	ANTO mg/100g	REND Ton/ha	ANTO kg/ha
1	pinto * negro	23 x 53	1029.109 C	6.257	4.205	1027.019 C	12.471	7.869
3	negro	33 x 58	1044.095 C	8.425	5.789	1059.875 B	13.192	8.758
4	negro*pinto	63 x 26	1030.694 C	7.978	5.375	1026.803 C	14.799	9.335
8	colorado*colorado	87 x 160	1023.056 D	8.673	5.777	1030.910 C	13.071	8.299
10	colorado*negro	121 x 84	1015.270 D	7.052	4.642	1012.537 C	10.758	6.633
11	negro*negro	124 x 144	1079.257 B	8.899	6.427	1084.733 B	15.083	10.388
13	colorado*negro	136 x 197	1057.929 C	8.924	6.255	1046.257 C	14.686	9.550
14	negro*negro	144 x 124	1086.174 B	6.874	5.012	1083.436 B	14.772	10.155
17	colorado*colorado	160 x 87	1042.650 C	9.12	6.253	1047.122 C	13.462	8.765
19	negro*negro	171 x 131	1097.990 B	4.539	3.363	1077.816 B	12.039	8.208
21	colorado*negro	193 x 210	1088.480 B	9.192	6.724	1057.929 B	11.970	7.923
23	negro*colorado	207 x 192	1129.117 B	8.276	6.390	1106.348 B	12.391	8.802
25	colorado*negro	222 x 323	1054.471 C	9.291	6.480	1062.685 B	15.838	10.559
26	colorado*negro	225 x 242	1089.921 B	7.357	5.392	1087.327 B	13.239	9.152
27	negro*colorado	242 x 225	1077.816 C	7.629	5.499	1097.702 B	14.074	9.876
28	negro*negro	249 x 302	1063.694 C	9.335	6.597	1063.117 B	13.499	9.005
29	colorado*colorado	254 x 315	1061.964 C	5.929	4.180	1050.148 C	12.474	8.160
34	colorado*negro	285 x 67	1051.301 C	7.704	5.349	1060.523 B	14.034	9.326
35	colorado*colorado	292 x 160	1034.873 C	7.614	5.161	1031.991 C	13.230	8.414
36	negro*negro	301 x 156	1073.204 C	9.135	6.543	1084.300 B	12.926	8.897
37	colorado*colorado	293 x 227	1071.187 C	7.624	5.445	1047.122 C	11.056	7.199
40	negro*colorado	324 x 190	1221.344 A	7.229	6.248	1204.051 A	11.812	9.545
41	negro	352 x 38	1110.095 B	7.717	5.812	1064.846 B	12.078	8.078
42	colorado*colorado	356 x 152	1025.074 D	5.641	3.769	1036.314 C	14.096	9.026
45	negro*colorado	364 x 224	1058.506 C	7.225	5.068	1042.366 C	14.840	9.592
Promedios			1068.691	7.745	5.510	1063.731	13.336	8.861
C.V.			1.49			1.16		
Tukey			50.487			50.557		

Tratamientos con las mismas letras son estadísticamente iguales

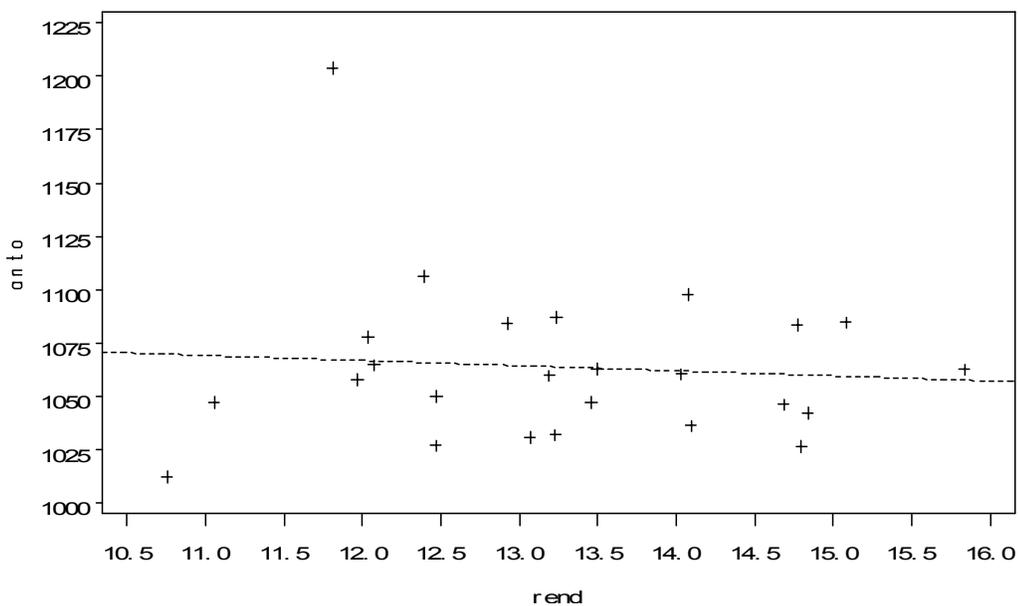
5.5. Relación, rendimiento de grano y contenido de antocianinas

Los resultados de las correlaciones fueron de 0.29 en Celaya y 0.33 en Morelia esto indica que no existe ninguna relación entre rendimiento y contenido de antocianinas, debido a que el rendimiento es controlado por genes nucleares y el contenido de antocianinas por genes citoplasmáticos, por lo que se podría trabajar con las dos variables para fines distintos, por un lado la producción de grano para el consumo humano y alimentación de animales y por otro, la producción de antocianinas para la industria. Además es una importante alternativa de investigación para tratar de conjuntar ambas características, en un genotipo deseable.

El análisis de regresión lineal simple se utilizó con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos en los análisis de correlación mismos que no demostraron ninguna relación entre las dos variables, como se aprecia en las Gráficas 7 y 8.

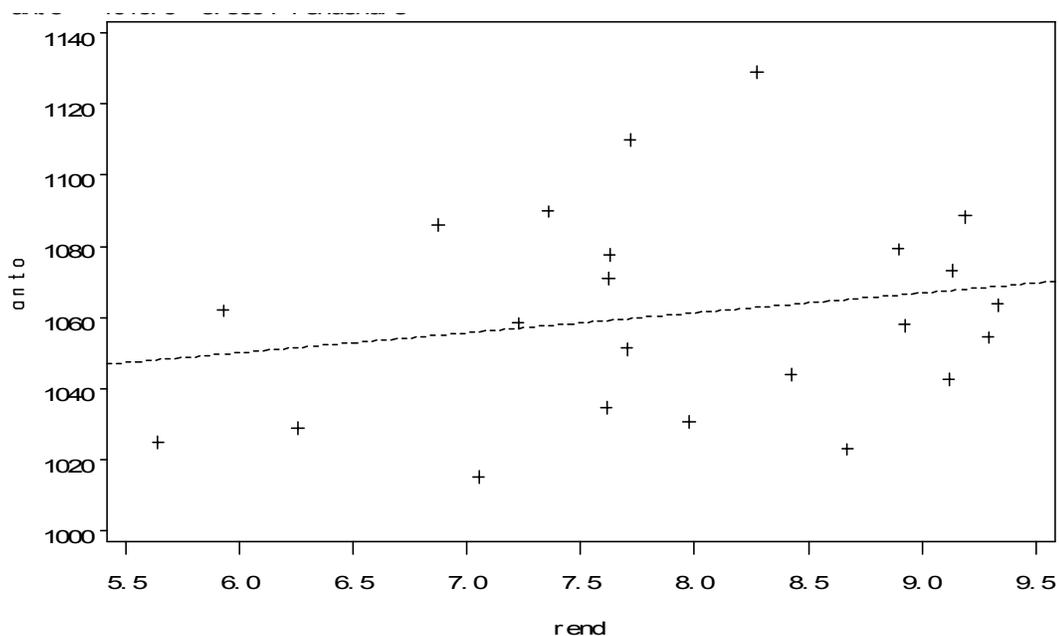


Grafica 7. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento de Celaya. INIFAP, PV 2008.

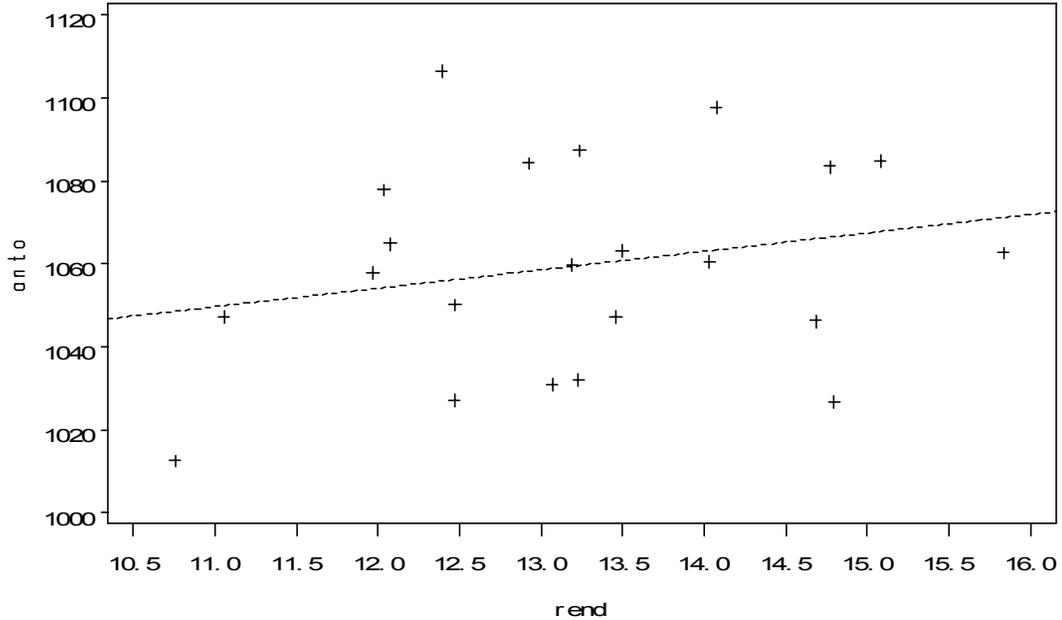


Grafica 8. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento de Morelia. INIFAP, PV 2008.

Se eliminaron las observaciones con efecto de antocianinas elevado, para cerciorarse que esto no enmascara los resultados. Encontrando una relación positiva numérica mas no significativa, gráficas 9 y 10. Al realizar la interpretación del análisis de correlación se encontró que el modelo estadístico solo explica un 8.8% para Celaya y un 10.8% para Morelia la relación entre las variables antocianinas y rendimiento basados en el valor de r^2 .



Grafica 9. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento de Celaya. INIFAP, PV 2008.



Grafica 10. Regresión lineal simple para las variables rendimiento y contenido de antocianinas de 25 genotipos de maíz pigmentado del experimento de Morelia. INIFAP, PV 2008.

En relación a la producción de antocianinas se tienen 46.11 unidades de cambio por cada tonelada de grano producido en Celaya y 29.7 en Morelia. Estos resultados se basan en las observaciones numéricas.

Al aplicar la fórmula de regresión a los valores, producción de antocianinas y rendimiento obtenidos en Celaya se encontró que se produce 711 gramos de antocianinas por tonelada de grano producido, mientras que en Morelia se tienen 666 gramos por tonelada, valores que no difieren estadísticamente según el análisis de correlación y regresión. Por lo tanto las diferencias entre estas dos localidades esta en relación a la producción por hectárea, con un promedio de 7.745 ton ha⁻¹, Celaya estaría cosechando 4.777 kg ha⁻¹ de antocianinas, mientras que Morelia cosecharía 8.658 kg ha⁻¹ de antocianinas debido a su rendimiento promedio de 13.336 ton ha⁻¹.

VI. CONCLUSIONES

Los tratamientos 13 y 45 obtuvieron en promedio de las tres localidades los mayores rendimientos.

Dentro de los híbridos pigmentados sobresalientes en las tres localidades, los tratamientos 28 y 25 en Celaya, DK 2020 y 25 en Morelia y tratamiento 21 en pabellón, obtuvieron los mejores rendimientos promedio.

El mejor ambiente para producción de grano fue Morelia, seguido de Celaya y Pabellón.

El tratamiento 40 (negro * colorado), fue el híbrido pigmentado con más antocianinas en los ambientes Celaya y Morelia, sin embargo no fue el híbrido pigmentado que produjo más kilogramos por hectárea de antocianinas. Siendo el más rendidor el tratamiento 25 (colorado * negro), seguido de los tratamientos 11(negro * negro), 13 (colorado * negro) y 40.

La producción de antocianinas en las localidades Celaya y Morelia fue de 5.510 y 8.861 kg ha⁻¹.

El rendimiento y el contenido de antocianinas, son variables que no están relacionadas genéticamente.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Antonio M., M., J. L. Arellano V., G. García de los Santos., S. Miranda C., J. A. Mejía C. y F. V. González C. 2004. Variedades criollas de maíz azul raza Chalqueño. Características agronómicas y calidad de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 27 (1). pp: 9-15.

Afford, Martin R. and Horn, Sally P. "Pollen evidence of the earliest maize agriculture in Costa Rica." *Journal of Latin American Geography* 3 (2004). Project MUSE. 25 Aug. 2009, pp. 108-115.

Bauman, L.F. 1981. Review of methods used by breeders to develop superior corn inbreds. In *Proc. 36th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.* Chicago, IL, USA, ASTA, pp. 199-208.

Bustillos E., P. 1997. Cuantificación y evaluación estructural de compuestos pigmentados presentes en maíces criollos azul y rojo. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua. 101 p.

Carballo C., A. 1992. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. En: Situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Memoria del tercer Simposio Mexicano sobre Semillas Agrícolas. Coahuila, México, 207 p.

Chávez, J.L. 1995. Mejoramiento de plantas I. ed. Limusa, México. pp: 25, 26-28, 70-74.

Coe, E.H. Jr. 1985. Phenotypes in corn: Control of pathway by alleles, time and place, In: Freeling, M. (ed). Plant Genetics, UCLA Symposia on Molecular and Cellular Biology, Alan R. Liss, New York. vol. 35: pp: 509-521.

Douglas, J. 1982. Programas de semilla, guías de planeación y manejo. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Trad. de la primera edición inglesa.

Downham, A. y Collins, P. 2000. Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1258 p.

East, E.M. 1908. Inbreeding in corn. In *Connecticut Agric. Exp. Sta. Rpt. 1907*, p. 419-428.

Egesel, C. O., J. C. Wong, R. J. Lambert, and T. R. Rocheford. 2003. Combining ability of maize inbreds for carotenoides and tocopherols. *Crop Sci.* 43. pp: 818-823.

FIRA, 1998 Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. Oportunidades de Desarrollo del Maíz "Mexicano", Alternativas de Competencia. Boletín Informativo 309. 87 ps.

Fossen T, R Sliemstad, M O Andersen (2001) Anthocyanins from maize (*zea mays* L.) and reed canarygrass (*phalaris arun dinacea*) *J. Agric. Food Chem.* 49: 2318-2321.

García E. (1987) Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen, 4ta ed. SIGSA. México. pp. 76, 108 y 140.

Gómez M.N 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de Guerrero. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 8. pp: 3-9.

Goodman, M. M. 1985. Exotic maize germplasm: Status, prospect and remedies. *Iowa State J. Res.* 59: 497-527.

Hallauer, A.R. & Miranda, J.B. 1988. *Quantitative genetics in maize breeding*, 2nd ed. Ames, IA, USA, Iowa State University Press.

Hallauer, A.R. 1990. Germplasm sources and breeding strategies for line development in the 1990s. In *Proc. 45th Ann. Corn and Sorghum Ind. Res. Conf.*, Chicago, IL, USA, ASTA. pp. 64-79.

Hallauer, A.R., Russell, W.A. & Lamkey, K.R. 1988. Corn breeding. In G.F. Sprague & J.W. Dudley, eds. *Corn and corn improvement*, Madison, WI, USA, American Society of Agronomy. pp. 463-564.

Halliwel B, M A Murcia, S Chirico, O I Aruoma (1995) Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work? *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35: 7-20.

Herrera C. B. E., A. Macias L., R. Díaz R., M. Valadez R. y A. Delgado A. 2002. Uso de semilla y características de mazorca para la selección de semilla de maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana.* 25 (1) pp: 17-23.

Jing P, M N Giusti (2005) Characterization of anthocyanin-rich waste from purple corncobs (*zea mays* L.) and its application to color milk. *J. Agric. Food chem.* 53: 8775-8781.

Jones, D.F. 1918. The effects of inbreeding and cross-breeding upon development. *Corn. Agric. Exp. Sta. Bull.*, 207: 5-100.

Lesur, 2005. Manual del cultivo del maíz: una guía paso a paso -México: Trillas. Pag. 11 y 16.

Louette, D. and M. Smale. 1996. Genetic Diversity and Maize Seed Management in a Traditional Mexican Community: Implications for in Situ Conservation of maize. NRG papers 96-03. México, D.F. CIMMYT. pp: 21.

María R., A., Y. Salinas M. y O. Taboada G. 2003. Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Revista Fitotecnia Mexicana. 26 (2). pp: 101-107.

Melchinger, E. 1997. Genetic diversity and heterosis. *In*: J. G. Coors; S. Pandey. eds. Memoria the internacional symposium about the genetics and exploitation of heterosis in crops. Mexico city, CIMMYT. México. p. 99-118.

Memoria the internacional symposium about the genetics and exploitation of heterosis in crops. Mexico city, CIMMYT. México. p. 99-118.

Nakatani N, H Fukuda, H Fuwa (1979) Studies on naturally occurring pigments: major anthocyanin of Bolivian purple corn (zea mays L.) Agric. Biol. Chem. 43: 389-391.

Paliwal, R. L., Granados, G., Honor, R. L. and Violic, A. 2000. Tropical maize: Improvement and production. FAO, Rome. 363 p.

Pascual T S, B C Santos, G J C Rivas (2002) LCMS analysis of anthocyanins from purple corn cob. J. Sci Food Agric. 82: 1003-1006.

Poehlman, J.M. 1983. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed. Limusa octava reimpresión, mexico D.F. pp: 86-88, 270-277, 426,427.

Pozo–Insfran D, C H Brunes, S O S Saldivar, S T Tacolote (2006) Polyphenolic and antioxidant of whit and blue corn (zea mays L.) products. Food Res. Internatl. 39: 696-703.

Rao A V, B Balachandran (2002) Role of oxidative Stress and antioxidants in neurodegenerative diseases Nutr. Neurosci. 5: 291-309.

Reyes C. P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada. A.G.T. Editor S.A. México. 460 p.

Reyes C. P. 1990. El maíz y su cultivo, Ed. A.G.T. S.A – México, D.F. pp: 43-45, 114.

Rodríguez, F.; Sierra, M.; Cano, O.; Castañón, G. 1997. Tree way crosses as an alternative for producing Maize in Veracruz, México. *In*: J. G. Coors and S. Pandey. eds. Memoria The International Symposium about the genetics and exploitation of heterosis in crops. Mexico City, Mexico. p. 238.

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) 2002. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera subsistema de información agrícola. SAGARPA, México D.F.

Salas G., 2003. Caracterización de extractos de antocianinas obtenidas del grano de maíz (zea mays L.) Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 50 p.

Salinas M., Y. 2000. Antocianinas en el grano de maíces criollos mexicanos. Tesis doctorado en ciencias, especialidad en Fisiología Vegetal. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. p. 102

Salinas M., Y., F. Soto H., F. Martínez B., V. González H., y R. Ortega P. 1999. Análisis de antocianinas en maíces de grano azul y rojo provenientes de cuatro razas. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 22. pp: 161-174.

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

Santacruz V. A. M., Widrlechner, K. P., Ziegler, R. E., Salvador, M. J., Millard, P. J., and Bretting. K. 2004. Phylogenetic relationships among North American popcorns and their evolutionary links to Mexican and South American popcorns. *Crop Sci*. 44. pp: 1456-1467.

Shull, G.H. 1908. The composition of a field of maize. *Am. Breed. Assoc. Rep.*, 4: 296-301.

Sierra, M.; Rodríguez, F.; Cano, O. 1998. Híbridos trilineales de maíz A. usando como probadores las cruza simples H-513, CML247 x CML254 y LRB14 x D-539. *In*: H. Barradas ed. Memoria de la XI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria de Veracruz. Veracruz, Ver., México. p. 133-139.

Vasal, K, Srinivasan, G. Crossa J.; Beck D.L. 1992, Heterosis and combining ability of CIMMYT subtropical and temperate early maturity maíz germplasm. *Crop Sci* 32(4) pp: 884-890.

Vasal, K, Vergara, N.; Mc Lean, S. 1994. Estrategias en el desarrollo de híbridos tropicales de maíz. *Agronomía mesoamericana* 5: pp: 184-189.

Vavilov N. 1926. Centers of origin of cultivated plants. Papers on applied botany, genetics and plant breeding 16 (2).

Vavilov N. 1931. Mexico and Central America as a basic center of origin of cultivated plants in the new world. Papers on applied botany, genetics and plant breeding 26 (3).

Vavilov N. 1992. Mexico and Central America as a basic center of origin of cultivated plants in the New World. En Origins and Geography of Cultivated Plants. Cambridge University Press. Pp. 207-238.

Vázquez C., M. G., L. Guzmán B., J. L. Andrés B., F. Márquez S. y J. Castillo M. 2003. Calidad de grano y tortillas de maíces criollos y sus retrocruzas. Revista Fitotecnia Mexicana. 2 (4): pp: 231-238.

Wellhausen, E. j., Roberts, L. M. y Hernández, X. 1951. Razas de maíz en México, su origen características y distribución. SAG, OEE, Folleto técnico No. 5. México. 237 p.