

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Caracterización y selección de líneas braquíticas de maíz (*Zea mays* L.) en dos ambientes

POR:

ALDO SANCHEZ DE JESUS

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Caracterización y selección de líneas braquíticas de maíz (*Zea mays* L.) en dos ambientes

PRESENTADA POR:
ALDO SANCHEZ DE JESUS

TESIS

QUE SE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Presidente:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Vocal:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

Vocal:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

Vocal suplente:


ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES


MC. VICTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


Coordinación de la División de Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2015.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Caracterización y selección de líneas braquíticas de maíz (*Zea mays* L.) en dos ambientes

PRESENTADA POR:
ALDO SANCHEZ DE JESUS

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACION DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

Asesor Principal:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

Asesor:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

Asesor:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

Asesor:


ING. ENRIQUE LEOPOLDO HERNÁNDEZ TORRES


MC. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS


Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

DICIEMBRE 2015

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

Pedro Sánchez Becerril y Julia De Jesús Jimenez, a esos seres que ha sido parte fundamental en el transcurso de mi formación personal y profesional, a ellos que ha sabido guíame a través de consejos y palabras acertadas por la experiencia, por el ejemplo de seguir y no rendirse nunca. Agradezco de una manera inconmensurable e inefable, ya que cada esfuerzo de ellos ha sido admirable; por lo cual reciban mi mayor admiración y respeto.

A ellos que han depositaron su confianza en mi persona, y que espero no defraudar.

A MIS HERMANOS:

Oziel Sánchez De Jesús y Ulises Sánchez De Jesús, por ser los primeros amigos en mi vida y dejarme aprendizajes de sus propias experiencias, por su apoyo incondicional a través de todos estos años de mi vida y ser los protagonistas de mi buen humor. A ellos que por su cariño y regaños he salido avante.

A MIS ABUELOS:

Quienes a través de sus pasos cansados y una vida llena de experiencias han sabido brindar consejos apropiados en las etapas tempranas de mi vida, especialmente a mi Abuelo Lucio y Martina, ya que son los que tuve la dicha de conocer. Personas a quienes debo su cariño ya que de ellos aprendí el valor de la humildad y el respeto hacia los demás. A ellos y a su memoria.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** por brindarme la dicha de tener vida, y sobre todo por permitirme vivir con plenitud, disfrutando cada etapa que él me ha trazado.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna** por permitirme ser un “buitre”, al formarme como un profesional competente en el ámbito de la Agronomía, espero en un futuro poder retribuir algo al Agro mexicano.

Al **International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)**, por permitirme realizar mis prácticas Profesionales en sus instalaciones, especialmente al área de Fisiología de Maíz; ya que el aprendizaje supero mis expectativas y ha generado la inquietud de superarme día a día.

Al **Dr. Armando Espinoza Banda** por ser un maestro en toda la extensión de la palabra y por permitirme tener el privilegio de realizar mi trabajo de tesis en conjunto con su gran equipo.

A la **Dra. Oralía Antuna Grijalva** por ser una gran persona apasionada con su trabajo, al brindarme su amistad y tiempo para revisar mi trabajo.

Al **Mc. José Luis Coyac Rodríguez** y al **Ing. Enrique Leopoldo Hernández Torres** por sus enseñanzas y ser parte fundamental en mi formación profesional al realizar correcciones para mejorar mi trabajo, también por su amistad y convivencia.

A **mi novia Jessica Josefina Huerta Castro** por ser una gran persona y permitirme formar parte de su vida.

A **mis compañeros** por lo aprendido en la gran diversidad de pensamientos y orígenes, que permiten ampliar el horizonte así como el criterio para tomar decisiones correctas. En especial a mis amigos más cercanos Axel, Edgar, Maximiliano, Armando, Mario Héctor y Sergio Alejandro.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
I. INTRODUCCION.....	1
Objetivo	3
Hipótesis	3
Meta	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1 Líneas endogámicas	4
2.2 Evaluación Per-se (pruebas tempranas).....	7
2.3 Interacción Genotipo x Ambiente IGA	9
2.4 Líneas Braquíticas (Br-2) de Maíz.....	12
2.5 Mejoramiento de líneas.....	17
2.6 Depresión endogámica.....	18
2.7 Heterosis	19
III. MATERIALES Y METODOS	21
3.1 Localización geográfica.....	21
3.2 Material genético.....	21
3.3 Descripción de parcela experimental	23
3.4 Manejo Agronómico	23
3.4.1 Siembra.....	23
3.4.2 Aclareo	24
3.4.3 Fertilización.....	24
3.4.4 Riegos	25
3.4.5 Control de malezas.....	25
3.4.6 Control de plagas.....	25

3.4.7 Cosecha	26
3.5 Variables Evaluadas	26
3.5.1 Emergencia	27
3.5.2 Floración Masculina	27
3.5.3 Floración Femenina	27
3.5.4 Intervalo antesis-emisión de estigmas ASI	27
3.5.5 Altura de Planta	27
3.5.6 Altura de Mazorca	28
3.5.7 Mazorcas por planta	28
3.5.8 Uniformidad	28
3.5.9 Aspecto de Mazorcas	28
3.5.10 Diámetro de Mazorca	29
3.5.11 Longitud de Mazorca	29
3.5.12 Numero de Hileras por Mazorca	29
3.5.13 Numero de Granos por Hilera	29
3.5.14 Rendimiento	30
3.6 Análisis por Componentes Principales	30
3.7 Análisis de Varianza	30
3.8 Correlaciones	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	32
V. CONCLUSIONES	44
VI ANEXOS	45
VII. BIBLIOGRAFIA	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 Significancia de 13 variables provenientes de una población de maíz braquítico, en el ciclo primavera de 2013 y 2014. UAAAN 2015.....	34
Cuadro 4.2 Valores medios de 13 variables cuantificadas en dos ambientes de 108 líneas de maíz braquítico (Br-2).....	35
Cuadro 4.3 Valores medios de 17 líneas seleccionadas de maíz tipo braquítico (Br-2), durante los ciclos Primavera-Verano 2013 y 2014. UAAAN 2015.....	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Representación de variabilidad de 108 líneas con carácter braquítico (Br-2) y dispersión de 13 variables medidas en función de 2 componentes principales bajo un sistema de baja población.....	39
Figura 2 Correlaciones fenotípicas entre 13 variables cuantificadas en 108 líneas de maíz tipo braquítico, en el ciclo Primavera-Verano del 2013 y 2014, UAAAN 2015.....	40

RESUMEN

Con el objeto de caracterizar un grupo de líneas provenientes de una población braquítica, se evaluaron 108 líneas en condiciones de riego en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna en Torreón Coahuila México, en el ciclo de primavera-verano de 2013 y 2014. El diseño fue un alfa látice con 108 y 98 líneas con cuatro y dos repeticiones, respectivamente para 2013 y 2014. La parcela experimental fue de 4.5m² y 3.9 m² con distancia entre plantas de 0.17m y 0.15m para 2013 y 2014. Se utilizó la técnica de componentes principales (ACP) para la clasificación de las líneas. Se tomaron datos de floración masculina (FM) y femenina (FF) e intervalo de floración (ASI), altura de planta (AP) y mazorca (AMZ), mazorcas por planta (MZPL), uniformidad (UNIF), aspecto de mazorca (ASMZ), diámetro (DM) y longitud de mazorca (LM), número de hileras (NH) y granos por hilera (GH) y rendimiento de grano (RENG). Los Ambientes fueron diferentes ($P < 0.01$) para todas las variables y, con excepción de MZPL y UNIF, las líneas también lo fueron. La interacción AxL fue significativa excepto para LM. El ACP y el grafico biplot con los dos primeros componentes, separaron las líneas en cuatro grupos. El primer grupo formado por 14 líneas que se caracterizan por mayor RENG, GH, LM, AP, AMZ y ASMZ. La línea EN-05-08 fue la de mayor RENG, AP y AMZ. El RENG se asocio positivamente con AP (0.64), AMZ(0.65) y con NH (0.56); LM con GH (0.74).

Palabras clave: Líneas enanas, Ideotipo, Altura de planta, Rendimiento de grano.

I. INTRODUCCION

El maíz es uno de los cereales más importantes del mundo, ya que suministra elementos nutritivos importantes para los seres humanos, animales y materia prima básica de la industria de la transformación (FAO, 1993). Este cultivo en México tiene una importancia social y ancestral, ya que es considerado como centro de origen.

México produce el 2.7% del maíz en el mundo SAGARPA (2010), siendo el cuarto productor a nivel global, detrás de Estados Unidos, China y Brasil. El rendimiento promedio por hectárea es de 3.2 ton/ha⁻¹ (lugar 78 de 164 países que producen este grano en el mundo). El promedio mundial es de 5.2 ton/ha⁻¹. Cada mexicano consume, en promedio 123 kg. de maíz anualmente, cifra muy superior al promedio mundial que es de 16.8 kg per cápita (SAGARPA, 2010).

En México, el cultivo de maíz es el más importante por ser el alimento principal de la población, por su superficie sembrada, valor de la producción y por dar empleo al 20% de la población económicamente activa. Durante 1998 se sembraron 7.9 millones de hectáreas a nivel nacional, con un rendimiento promedio de 2.3 ton/ha. y una producción de 18.47 millones de toneladas (SAGAR, 1998).

Existen diversas instituciones que se enfocan al mejoramiento genético de maíz (*Zea mays* L.), las cuales buscan la manera más efectiva de desarrollar germoplasma cada vez más productivo, para satisfacer el problema de la producción. Los bajos rendimientos presentan desafíos que comprometen a la población humana y a las nuevas generaciones de investigadores nacionales e

internacionales para la obtención de nuevo germoplasma de alto rendimiento y tolerante a diferentes estreses bióticos y abióticos. La mejora genética de materiales comerciales de maíz implica gran trabajo y alto costo. En estos programas se desarrollan líneas endogámicas y se requiere que éstas sean altamente homogéneas, homocigotas y reproducibles para que tengan utilidad como parentales de híbridos comerciales. La selección en estas líneas se realiza con base en una diversidad de caracteres, que van a impactar en el comportamiento del híbrido, además de aquellas características que hacen aceptable a las líneas como progenitores. Tales características incluyen: potencial de rendimiento en combinación híbrida, floración masculina y femenina, madurez, resistencia a volcamiento o acame, calidad de grano, resistencia a plagas y enfermedades, altura de planta y de mazorca, entre otras.

El programa de mejoramiento de la UAAAN en la Unidad Laguna, trabaja con un maíz de porte bajo condicionado por un gene de carácter recesivo (*br2*). Además, son plantas más compactas, con hojas erectas y espiga corta y ramificada. Este ideotipo permite manejar altas densidades y la posibilidad de incrementar los rendimientos modificando la densidad.

Objetivo

El objeto del presente trabajo es caracterizar y seleccionar por rendimiento y características agronómicas un grupo de líneas derivadas de una población con carácter braquítico (Br-2).

Hipótesis

Ho: Las líneas son estadísticamente diferentes en características agronómicas y rendimiento de grano, independientemente del ambiente.

Ha: Las líneas son estadísticamente iguales en características agronómicas y rendimiento de grano, independientemente del ambiente.

Meta

A partir de una población con carácter braquítico, permitirá seleccionar al menos un 15% de material genético en base a rendimiento de grano y características agronómicas deseables.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Líneas endogámicas

Ramírez (2006) menciona que una línea pura, consanguínea u homocigótica se obtiene a partir de una población de amplia base genética por autofecundación forzada durante varias generaciones, hasta que en el grado de homocigosis alcanzado no se aprecie segregación en nuevas autofecundaciones. Según De León *et al.* (2006) las líneas autofecundadas de distinto origen permiten explorar la diversidad genética del maíz, manejando correctamente este material se puede incrementar la respuesta heterótica de ellas.

Ruvalcaba (2007) el maíz híbrido es la primera generación de una cruce de líneas autofecundadas y para su producción se requiere: a) obtención de líneas; b) determinar cuál de ellas pueden combinarse en cruces productivas y c) el uso comercial, para la producción de semillas.

Uno de los principales objetivos del mejoramiento del maíz es el desarrollo de híbridos en circulación con las líneas puras y autofecundación se ha reconocido el método más utilizado para el desarrollo de líneas endogámicas (Ávila, 2003). Para la obtención de líneas de maíz con alto potencial de rendimiento es necesario disponer de poblaciones base, principalmente en tamaño grande, variables, alto rendimiento, y usar sistemas de endogamia moderado (Sierra, 2008).

Gutiérrez *et al.* (2013) el rendimiento en líneas puede aumentar mediante selección y mejoramiento de líneas existentes.

Cervantes *et al.* (2002) afirma que obtuvo líneas con bajo nivel de endogamia y alto rendimiento, pero mediante irradiación gama y selección en altas densidades.

Las líneas de maíz con bajos niveles de endogamia son bastante vigorosas, por lo cual son más rendidoras y su uso como progenitores de híbridos de cruce simple aumentaría la producción de semilla del progenitor hembra; los híbridos obtenidos tendrían un rendimiento igual o superior y una mayor homogeneidad genética, respecto a híbridos trilineales y dobles (Astete y Branco, 2002).

Introducir material exótico de maíz en los programas de mejoramiento permite aumentar la diversidad genética. Al identificar germoplasma exótico con alelos favorables carentes de poblaciones locales, es posible transferir y aprovechar estos nuevos alelos en líneas de maíz y en los híbridos generados (Cordona, 2010).

La causa de la depresión endogámica está estrechamente relacionado con la manifestación de genes recesivos deletéreos al encontrarse en condición homocigótica (Macchi Leite, 2010).

Bejarano (2000) menciona que generalmente, se espera que la endogamia reduzca el vigor y la productividad, e incremente el número de días a floración y la incidencia de plagas y enfermedades.

Según Escorcía (2007) la endogamia acelerada, producto de la autofecundación, los genes favorables y deletéreos que estaban en condición heterocigota en una población original (sin endogamia), entran rápidamente en homocigosis; lo que da lugar a que genes recesivos deletéreos en condición homocigótica causen una reducción en la expresión de los individuos para caracteres asociados con adaptabilidad, tales como plantas sin clorofila, con flores anormales o semillas defectuosas, que al ser incapaces de reproducirse quedan eliminados.

Espitia Camacho (2006) y Arnhold (2010) mencionan también que en la endogamia se manifiesta el detrimento para ciertos caracteres, aunque estos no conduzcan a la eliminación directa o extinción de las líneas, pero limitan severamente el desarrollo de las plantas, tales como sistemas radicales deficientes, enanismo y deficiencia parcial de clorofila. El aumento de la frecuencia de genes recesivos en condición homocigótica con la autofecundación, explica parte de la depresión por endogamia.

La variación en el grado de la depresión endogámica que se observa en los distintos genotipos, se le atribuye al proceso de segregación, algunas líneas reciben más genes favorables que otras, y la fijación (homocigosis) es diferencial entre líneas para los alelos de algunos genes y para complejos de genes (Ferro, 2013).

Este fenómeno opuesto a la heterosis se ha observado y evaluado a través de varios caracteres de poblaciones de maíz (Martínez, 2013); y se manifiesta como la reducción del vigor y de la productividad de los individuos, así como el retraso de la floración (Preciado, 2005).

Bejarano (2000) presentó los resultados de 30 generaciones de autofecundación de maíz, de los que concluyó que la reducción de altura de planta cesó después de cinco generaciones y la del rendimiento después de 20 generaciones.

Vega (1972) de S_0 y S_7 encontraron reducciones de 70.3 %, 24.5 % y 31.6%, en rendimiento, altura de planta y altura de mazorca de maíz, respectivamente y un incremento de días a floración de 14.8 % (6 días). Esto en relación con la población original.

Miranda Filho (1999) presentó los resultados de cinco experimentos con líneas S_1 de maíz, en los que se observaron reducciones en rendimiento de 40.5% a 46.3%, en altura de 8.0 a 9.6 % y en altura de mazorca de 8.2 a 12%.

2.2 Evaluación Per-se (pruebas tempranas)

Se pueden obtener líneas e híbridos progresivamente más productivos mediante el mejoramiento de poblaciones base, y también con mejoramiento per se o con reciclamiento de líneas (Vasal, 1997).

Castellanos (2008) coincide con muchos autores, en que el mejor probador es aquel que tiene la mayoría de sus loci en forma recesiva, además propone la regresión mestizo-línea para su estudio.

Un estudio sobre estabilidad y comportamiento de líneas per-se y cruza simples, menciona que los progenitores de cualquier híbrido deben ser vigorosas, de buen rendimiento y características agronómicas que favorezcan la multiplicación y formación de híbridos. Encontraron que las líneas STDCC2-HAC43 Y TTC43 de buen rendimiento per-se fueron clasificadas como estables y generaron híbridos estables (Espinosa *et. al.*, 1998).

Vasal *et. al.* (1999) menciona que en un programa orientado al desarrollo de híbridos, la identificación los buenos progenitores es importante para crear híbridos sobresalientes. Es necesario enfatizar no solo la aptitud combinatoria de las líneas, sino también el comportamiento de líneas endogámicas per-se, especialmente en dos aspectos; la calidad de la semilla y la capacidad para producir buena cantidad.

Un estudio sobre rendimiento per-se y de la ACG de líneas de maíz en predicción de cruza simples de alto rendimiento, concluyeron que hubo una

correlación positiva y altamente significativa entre el rendimiento per-se de las líneas y el de sus mestizos (0.68), el rendimiento de la cruza con el progenitor medio (0.76), el rendimiento de las cruza simples de la ACG media de sus líneas (0.76). La prueba per-se de las líneas fue tan eficiente como la de mestizos para evaluar ACG de líneas, las líneas de alto rendimiento per-se fueron a su vez de alta ACG y dieron lugar a híbridos de crusa simple de alto rendimiento.

2.3 Interacción Genotipo x Ambiente IGA

Márquez-Sánchez (2008) define a la interacción genotipo ambiente como; “el comportamiento relativo diferencial que exhiben los genotipos cuando se les someta a diferentes medios ambientes”.

Durante el proceso de selección es importante considerar, no solo los efectos lineales del genotipo x ambiente, sino también la interacción de genotipo x ambiente ya que a través de ella se detecta la eficiencia de la selección en función de la adaptación genotípica a través del ambiente, y así se evita la mejora genética por ambiente específico (Saucedo, *et al.* 2006).

Según Calderón *et al.*, (2000) los factores importantes que limitan la producción de semilla híbrida son; la condición homogénea de las líneas que ocasionan poco amortiguamiento ante los cambios en los ambientes de producción, la falta de mejoramiento en las poblaciones usadas como fuente de líneas y el riesgo de perder el control sobre los progenitores.

Para poder evaluar correctamente el comportamiento genético de un grupo de líneas o material genético, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación (Palemon *et al.*, 2011).

La interacción de cultivares con los factores ambientales como pueden ser; sitios, tipo de suelo, año de plantación, altura sobre el nivel del mar, tecnología empleada, etc., es de gran importancia para los programas de mejoramiento ya que los efectos de IGA son estadísticamente no aditivos. Esto indicaría que las diferencias en la productividad entre cultivares dependerá del ambiente (Mora, 2007).

La interacción genotipo x ambiente encontrada en estudios de evaluación en distintos ambientes, justifica la integración de su rendimiento y su estabilidad (González, 2009).

Kandus (2010) afirma que el realizar un estudio de la interacción G x A permite la clasificación de genotipos por su comportamiento, es decir; si algún material es estable o adaptado a un ambiente particular, en función de su rendimiento o alguna característica agronómica de interés.

En general, “la estabilidad a largo plazo se refiere a la capacidad de cualquier genotipo para ser consistente, tanto para niveles altos o bajos en rendimientos, en varios ambientes”, y por otro lado la adaptabilidad se refiere a la capacidad de adaptación de un organismo en su medio ambiente; por ejemplo, un genotipo que produce altos rendimientos en condiciones ambientales específicas y rendimientos pobres en otro entorno (Di Renzo, M. A., y Bonamico, 2013).

Los estudios sobre adaptabilidad y estabilidad fenotípica son extremadamente importantes, ya que permiten la individualización de los efectos de la interacción genotipo ambiente (IGA) dentro de los genotipos y ambientes, por lo tanto, la identificación de la contribución relativa de cada uno para la interacción total (Garbuglio y Ferreira, 2015).

Bejarano (2000) y Márquez Sánchez (2008) mencionan que el fenómeno de la IGA limita en cierta medida el entendimiento de las respuestas a la selección recurrente y la elección de genotipos con fines de recomendaciones para los agricultores.

Garduño (2009) mencionan que es demasiado relevante e importante que tanto líneas como híbridos se evalúen en diferentes localidades donde las condiciones son contrastantes para poder seleccionar los genotipos con mayor estabilidad.

Blanco et al., (2010) afirma que la baja productividad del maíz se debe a las fechas de siembra y a las condiciones que se presentan durante su desarrollo, por

lo tanto; para aumentar o mantener la productividad de cualquier genotipo, es necesario desarrollar variedades estables en distintos años o localidades.

Calderon *et al.*, (2012) Suarez *et al.*, (2013) señalan que una alta significancia entre localidades se atribuye principalmente a las condiciones climáticas; una de las principales es la temperatura. Por consiguiente la interacción genotipo x localidades indica que los genotipos muestran una respuesta diferente entre localidades.

La variabilidad ambiental acentuada por diferentes factores bióticos o abióticos (temperatura, humedad, clima, tipo de suelo, viento, precipitaciones y manejo agronómico, etc.) es la razón principal para emplear metodologías de evaluación que permitan determinar el grado de interacción genotipo ambiente y conocer la respuesta diferencial de los cultivares a través de los ambientes de prueba, principalmente a nivel experimental (Espinoza *et. al.*, 1998).

2.4 Líneas Braquíticas (Br-2) de Maíz

Desde hace muchos años, numerosos investigadores han trabajado con el gene recesivo Br-2 para reducir la altura de las plantas en un intento de elevar la producción aumentando la densidad de las plantas, pero no se ha logrado superar los rendimientos obtenidos con maíces normales (Anónimo).

La "planta baja" se refiere a un carácter gobernado por varios genes, cada uno con acción sobre un segmento limitado del componente total de la altura de planta; en cambio los braquíticos tienen un porte muy bajo gobernado por un solo gen mayor (CIAT,2000).

Un maíz braquítico, tallo cuadrado de Argentina, parece tener un punto de crecimiento doble; en cada nudo hay dos hojas opuestas y en los nudos con mazorca hay dos mazorcas opuestas. Este mutante puede ser útil para aumentar el vigor del tallo. De igual manera, se mantiene un mutante que produce un tallo bifurcado que se divide en el segundo o tercer nudo y da lugar a dos tallos que se desarrollan normalmente. Con tales mutantes parece posible obtener materiales con el efecto de "hacer crecer dos tallos donde solo crecía uno". Después de desarrollar los materiales necesarios, se contempla la posibilidad de estudiar densidad de población con tipos normales y mutantes (CIMMYT, 1995).

Uno de los caminos para reducir bruscamente la altura de la planta de maíz, se logra mediante la utilización del gene recesivo braquítico (Br-2). Los objetivos primordiales en la creación de variedades enanas deben ser:

- 1) Elevar la producción por hectárea, incrementando el número de plantas por unidad de superficie.

- 2) Seleccionar genotipos que realicen eficientemente el proceso fotosintético en altas densidades de población.
- 3) Eliminar las pérdidas ocasionadas por el acame.

Pandleton y Seif (1961) estudiaron durante 2 años, un híbrido doble braquítico-2 nombrado Illi-Dwarf 513 en seis niveles de población, a partir de 30000 hasta 80000 plantas por hectárea, encontraron que los rendimientos más altos fueron obtenidos en poblaciones entre 40000 y 60000 plantas por hectárea y el espaciamiento entre surcos de 0.75 m. fue superior a los de 50 y 100 cm.

De la rosa (2006) unas de las razones importantes por la que los maíces Braquíticos no han podido elevar los rendimientos por hectárea, es que el proceso fotosintético no se realiza eficientemente en todas las hojas de las plantas enanas por los siguientes motivos:

- 1) La longitud de los entrenudos en los maíces braquíticos es muy reducida, pero el número, longitud y ancho de las hojas no se reduce; por lo que en las hojas se produce una fuente de competencia por luz mucho mayor que en los maíces normales.

2) También en los maíces br-2 se tiene problemas de polinización, ya que los estigmas son cubiertos por hojas, impidiendo de esta manera, que el polen llegue libremente.

3) Un efecto secundario del gen br-2 es que todas las hojas emergen del tallo alineadas perfectamente en una sola dirección y no en espiral como emergen en los maíces normales. Esta característica además del acortamiento extremo de los entrenudos, ocasiona un sombreamiento de las hojas superiores a las inferiores dentro de la misma planta.

Ramírez *et al.*, (2008) comparo una línea normal de maíz A-21 con su número semejante br-2 casi isogénica, encontró que el número promedio de hojas finales y duración de su crecimiento en ambos tipos de líneas fueron iguales.

Sánchez *et al.*, (2014) una característica ventajosa que proporciona el gen br-2 es que brinda un tallo de gran diámetro y vigoroso, característica aunada al porte tan bajo que posee.

Fuck *et al.*, (2009) realizaron cruzamientos de líneas braquíticas por líneas normales y cruza entre ellas mismas y encontraron que las líneas braquíticas tuvieron en promedio, dos entrenudos menos que los normales, sobre todo abajo

de la mazorca y que las cruza B x N fueron en promedio 11cm. más bajas que las cruza N x N y que tenían mayor resistencia al acame que las normales.

Ramírez (2007) menciona que el empleo de materiales enanos de maíz puede ser útil en cuanto a la reducción de pérdidas que se tiene con los maíces altos, asimismo, facilitaría la recolección tanto manual o mecánica.

Castro (1964) menciona que en los maíces altos al aumentar la densidad de plantas por hectárea, el número de tallos quebrados se eleva considerablemente, sería una alternativa emplear el material con el gen Br-2.

Briones et al., (2015) evaluó híbridos súper enanos, en el Bajío, bajo una densidad de 87000 plantas por hectárea obtuvo rendimientos de 11.6 t ha⁻¹ y reporta un gran resistencia al acame de híbridos.

López (1986) También en el bajío evaluó híbridos enanos x hojas erectas de cruza simple, obtuvo rendimientos de 18.2 t ha⁻¹ en mazorca bajo una densidad 120,000 plantas por hectárea y menciona que su porte bajo, los hace ser totalmente resistentes al acame de tallo y raíz. Así mismo menciona que la posición erecta de las hojas arriba de la mazorca les permite lograr una mayor eficiencia en el proceso fotosintético en altas densidades de población.

2.5 Mejoramiento de líneas

Métodos para desarrollo de líneas consanguíneas bajo la endogamia menos grave que la autofecundación se basa en:

1. Cruzas entre medios hermanos
2. Cruzas entre hermanos completos
3. Retrocruzamientos
4. Apareamiento aleatorio dentro de las subpoblaciones de pequeño tamaño.

Estos procesos conducen a un nivel de homocigosis y por consiguiente una disminución en la expresión de rasgos cuantitativos bajo el control de la acción génica dominante.

Alfaro et al., (2008) también estudió la posibilidad de utilizar el proceso de dispersión de azar, causada por la reducción de tamaño de la población, como un medio para el desarrollo de líneas endogámicas superiores con la acumulación de factores favorables. El encontró que “El incremento de la proporción de homocigotos dentro subpoblaciones dio lugar a la depresión endogámica en varios rasgos, sobre todo la altura de planta, altura de mazorca, número de sucursal borla y rendimiento de grano. También, algunas estimaciones de subpoblación medios y aptitud combinatoria general en cruz dialélico parcial fueron más altos que la población de los padres para todos los caracteres estudiados”.

El mejoramiento poblacional de caracteres cuantitativos por inducción de mutaciones es una alternativa para lograr líneas de alto rendimiento, a pesar de la dificultad de seleccionar genes mutantes con efectos muy pequeños (Cervantes *et al.* 2002).

2.6 Depresión endogámica

Según (San Vicente y Hallaver, 1994) es la pérdida de adaptación (vigor, viabilidad, tamaño etc.) producida por la pérdida de variación genética debido a la homocigosis, esta; permite la expresión de genes deletéreos procedentes de los progenitores.

A partir de 1960 se inició la producción comercial de híbridos de cruce simple, por el alto rendimiento, la uniformidad y obtención de líneas poco productivas, pero debido a la depresión endogámica, conduce a las líneas de maíz de bajo rendimiento (Espitia *et al.*, 2008).

Rosas (1992) menciona que en los programas de mejoramiento de germoplasma tropical, existe el gran problema de la alta susceptibilidad de las líneas a la depresión endogámica, lo cual provoca la existencia de pocos cultivares con potencial agronómico para trópicos húmedos.

Márquez-Sánchez (2014) menciona que la endogamia se presenta al tener un número pequeño de familias seleccionadas. Para reducir este efecto se puede

optar por incrementar el número de familias o bien incrementar la presión de selección, pero la segunda opción causara reducción del número de familias a probar.

Peralta *et al.*, (2002) en líneas S₈ registraron reducciones de 68,25, y 35% en rendimiento, altura de planta y mazorca, respectivamente.

García *et al.*, (1999) redujeron en 12% la depresión endogámica en líneas S1 de poblaciones mejoradas por selección recurrente, en relación con las poblaciones originales.

Alcanzar un alto nivel de homocigosis en pocas generaciones de endogamia puede llegar a ser una desventaja en poblaciones altamente depresivas, debido a que muchas potencialmente útiles son eliminadas en las primeras generaciones como consecuencia de una alta homocigosis letal, semi-letal y perjudicial en genes de efectos grandes (San Vicente *et al.*, 2001)

2.7 Heterosis

Es así como el término heterosis fue acuñado por Shull desde 1908 y conocido primeramente en maíz; su manifestación puede involucrar un vasto arreglo de caracteres morfológicos, reproductivos, fisiológicos, bioquímicos, tensiones bióticas y abióticas, caracteres de calidad y rendimiento (Vasal y Córdova, 1996).

Roblero *et al.*, (2015) ellos mencionan que la heterosis o vigor híbrido es la base del mejoramiento genético por hibridación y lo definen como el exceso de vigor de la F₁ de un híbrido en relación con un promedio de sus progenitores.

Allard (1960) dice que existen dos hipótesis principales que explican este fenómeno: la dominancia y la sobre dominancia.

Arnhold (2010) menciona que el máximo de heterosis puede ser obtenida en el cruzamiento entre líneas endogámicas completamente contrastantes en sus frecuencias alélicas.

Según (Di Santo *et al.*, 2012) en términos de acción génica, la heterosis se debe principalmente a efectos de interacción entre alelos o dominancia.

En forma operativa, la heterosis se calcula como la diferencia entre el valor de la F₁ y el valor del progenitor promedio o el del progenitor superior y se expresa en porcentaje del progenitor medio o del progenitor superior (Ndhlela, 2011).

Allard *et al.* (1960) cuantificaron el promedio de heterosis en diferentes híbridos de maíz, y dedujeron que es del orden de 15% o más.

Cuando se cruzan líneas endogámicas no emparentadas (provenientes de diferentes cabezas de línea), aunque se halla derivado de la misma población, se produce cierta cantidad de heterosis; esta depende del grado de dominancia de los

loci involucrados y de la proporción de loci no comunes en ambas líneas (Biasutti y Balzarini, 2012).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica

El campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, se localiza geográficamente en los paralelos 24° 30´ y 27° latitud norte, y en los meridianos 102° y 104° 40" longitud oeste, con 1150 msnm y un clima seco, caluroso, con temperaturas media anual de 20 a 22°C, precipitaciones escasas, precipitación media anual de 300 mm, con régimen de lluvias en los meses de septiembre, octubre y noviembre, los vientos dominantes son alisios en dirección Sur, con velocidades desde 27 a 44 km h (INEGI, 2008).

3.2 Material genético

El material genético que se empleó para el desarrollo de este trabajo de investigación, fueron las siguientes 108 líneas de maíz derivadas de una población braquítica (Br-2).

Cuadro 3.2.1 Material genético utilizado en el ciclo agrícola 2013-2014.

Número	Genotipo	Número	Genotipo
1	EN-01-01	55	EN-05-05
2	*EN-01-02	56	EN-05-06
3	EN-01-03	57	EN-05-07
4	EN-01-04	58	EN-05-08
5	EN-01-05	59	EN-05-09
6	EN-01-06	60	EN-05-10
7	EN-01-07	61	EN-05-12
8	EN-01-08	62	*EN-05-13
9	*EN-01-12	63	*EN-05-14

10	EN-02-01	64	EN-05-15
11	EN-02-02	65	EN-05-17
12	EN-02-03	66	EN-06-01
13	EN-02-04	67	EN-06-02
14	EN-02-05	68	EN-06-03
15	EN-02-06	69	EN-06-04
16	EN-02-07	70	EN-06-05
17	EN-02-08	71	EN-06-06
18	EN-02-09	72	EN-06-07
19	EN-02-10	73	EN-06-08
20	EN-02-11	74	EN-06-09
21	EN-02-12	75	EN-06-10
22	EN-02-13	76	EN-06-11
23	EN-02-14	77	EN-06-12
24	EN-02-15	78	EN-06-13
25	EN-02-16	79	EN-06-16
26	EN-02-17	80	EN-07-01
27	EN-02-19	81	EN-07-02
28	EN-03-01	82	EN-07-03
29	EN-03-02	83	EN-07-04
30	EN-03-03	84	EN-07-05
31	EN-03-04	85	*EN-07-06
32	EN-03-05	86	EN-07-07
33	EN-03-06	87	EN-07-08
34	EN-03-07	88	EN-07-09
35	EN-03-08	89	EN-07-10
36	EN-03-09	90	*EN-07-11
37	EN-03-10	91	EN-07-12
38	*EN-03-12	92	EN-07-14
39	EN-03-13	93	EN-08-01
40	EN-04-01	94	EN-08-02
41	EN-04-02	95	EN-08-03
42	EN-04-03	96	EN-08-04
43	EN-04-04	97	*EN-08-05
44	EN-04-05	98	EN-08-06
45	EN-04-06	99	EN-08-07
46	EN-04-07	100	EN-08-08
47	EN-04-08	101	EN-08-09
48	EN-04-09	102	EN-08-11
49	EN-04-11	103	EN-08-12
50	*EN-04-12	104	EN-08-14
51	EN-05-01	105	EN-08-15
52	EN-05-02	106	*EN-08-16
53	EN-05-03	107	EN-08-17
54	EN-05-04	108	BULK

* Genotipos que no se incluyeron en el ciclo primavera-verano del 2014.

3.3 Descripción de parcela experimental

Durante el ciclo de primavera-verano del año 2013 consistió en un diseño alfa látice con 22 bloques y 18 tratamientos por bloque a cuatro repeticiones, donde la parcela experimental fue de dos surcos a 3m de largo, a una separación de 0.17m entre plantas y espaciamiento de 0.75m. entre surcos. En el ciclo siguiente primavera-verano del año 2014, se utilizó un diseño experimental alfa látice con bloques completamente al azar con 16 bloques y 13 tratamientos por bloque a dos repeticiones, donde la parcela experimental consistió en dos surcos de 3m de largo, a una separación de 0.15m entre plantas y 0.65m entre surcos.

3.4 Manejo Agronómico

En cuanto al manejo agronómico, fue muy semejante en ambos ciclos, a continuación se describe cada punto.

3.4.1 Siembra

La siembra de evaluación de las líneas de maíz se llevó a cabo el día 20 de marzo y el siguiente ciclo fue el 7 de marzo; ambos en primavera-verano, de los años 2013 y 2014 respectivamente, en el campo experimental de la UAAAN UL, fue en forma manual y en "seco", tirando por cada golpe dos semillas, y posteriormente se aplicó un riego para la germinación de los tratamientos.

3.4.2 Aclareo

A los 21 días después de la emergencia se realizó el aclareo dejando una planta por golpe, a una altura promedio de 20 cm. Cabe destacar que un día antes se aplicó un riego ligero, esto con el fin de humedecer el suelo para extraer totalmente las plántulas que sobraban en cada plot.

3.4.3 Fertilización

La fórmula que se empleó para fertilizar fue 200-100-0 haciendo uso de los siguientes fertilizantes comerciales; urea acida 26-0-0-6 y ácido fosfórico 0-85-0. El nitrógeno se aplicó en cuatro etapas, el 50% se aplicó después de la emergencia, un 20% se aplicó en la etapa vegetativa V4, el otro 20% en la etapa vegetativa V7 a V9 y el último 10% se aplicó antes del inicio de la floración. En cuanto al fosforo se aplicó en 2 etapas, el primer 50% fue a la par con la primera etapa del N, es decir; después de la emergencia y la segunda aplicación de fosforo fue previo a la floración masculina.

Todas las aplicaciones se realizaron a través del sistema de riego de cintilla (por goteo), se empleó un tanque de 200 litros y un Venturi para su distribución homogénea.

3.4.4 Riegos

El sistema de riego empleado fue el de cintilla o también conocido como "goteo", se realizó un calendario de riego con un total de 26 riegos programados, con el fin de solo recuperar la cantidad de agua evaporada. En casos esporádicos se adelantaban o retrasaban los riegos, por cuestiones climáticas.

3.4.5 Control de malezas

Para el control químico de maleza empleamos una mochila con capacidad de 20 L., la primera aplicación fue empleando un herbicida pre-emergente (acetaclor + atrazina), después de la siembra y del primer riego, a razón de 300ml por mochila (3L. por ha) en 20 litros de agua. Al paso de 20 días posteriores a la primera aplicación se utilizó Hierba mina (2-4-D), un herbicida post-emergente a razón de 200ml. en 20 l. de agua. En cuanto a control cultural se realizó un deshierbe empleando azadones antes del primer cultivo o aporque, posteriormente se realizó una escarda en etapa vegetativa V5-V8. Y para culminar se realizó un deshierbe manual antes de floración.

3.4.6 Control de plagas

Las plagas se presentaron en etapas tempranas de cultivo, una de ellas fue la pulga saltona (*Epitrix spp.*), para su control se aplicó clorpirifos líquido con una dosis de 60ml. más 25ml. de surfactante disueltos en 20 l. de agua. Al monitorear una alta infestación de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) se realizaron dos aplicaciones, la primera fue cuando la plántula tenía una altura entre 25 y 30 cm. Se usó clorpirifos granulado a razón de 10kg ha⁻¹ y en la segunda aplicación se empleó

cipermetrina con una dosis de 30ml más 25ml de un coadyuvante comercial, esto disuelto en 20 l. de agua. En etapas cercanas a la floración (en hoja bandera), se presentó una alta infestación de Araña roja (*Tetranychus urticae*) para lo cual se aplicó Ometoato con una dosis de 60-65ml en 20 l. de agua. Al observar que la infestación era muy elevada se recurrió al cabo de 7 días a una segunda aplicación de Abamectina con una dosis de 50ml. disueltos en 20l de agua más un surfactante con una dosis de 25ml.

Cabe señalar que todas las aplicaciones se realizaron de forma manual empleando equipo de protección (overol, guantes mascarilla y botas de hule), se usó una mochila con capacidad de 20l, y de uso exclusivo para aplicación de insecticidas.

3.4.7 Cosecha

La cosecha se realizó en el momento en que la madurez del grano estuviera completa, tomando en cuenta dos parámetros; la madurez fisiológica y el porcentaje de humedad de grano, el primero se determina a través de la capa negra en el grano situada en el pedicelo, y el segundo cuando la humedad oscilo entre 12 y 15% para poder ser almacenado.

Se realizó de forma manual considerando todas las plantas existentes de cada plot (tratamiento) y se acomodaron en su surco, con el fin de calificar las mazorcas.

3.5 Variables Evaluadas

A continuación se describe cada parámetro evaluado en el presente trabajo;

3.5.1 Emergencia

Este parámetro se determinó considerando el 75% de plántulas emergidas de cada plot, en función al número de semillas depositadas.

3.5.2 Floración Masculina

Se determinó con el total de días que transcurrieron desde el día de siembra hasta la emisión de polen de las líneas evaluadas, considerando un 50% del número total de plantas por parcela.

3.5.3 Floración Femenina

Se determinó con el total de días que transcurrieron desde el día de siembra hasta que los estigmas del jilote estuvieran receptivos para ser polinizados, considerando un 50% del número total de plantas por parcela.

3.5.4 Intervalo antes-emisión de estigmas ASI

Este dato se obtuvo mediante la diferencia de los días de floración femenina menos los días transcurridos de la floración masculina.

3.5.5 Altura de Planta

Se tomaron cuatro plantas al azar, pero con competencia completa, se midió la distancia que hay desde la base de la planta hasta el punto donde comienza la

espiga o panoja. La medición se realizó dos semanas posteriores a la floración, empleando un estadal de 3m de altura, registrando la altura en centímetros.

3.5.6 Altura de Mazorca

Se tomaron las mismas cuatro plantas que se emplearon en la altura de planta, se midió la distancia que hay desde la base de la planta hasta el nudo o inserción donde se encuentra la mazorca más alta (la primer mazorca solamente). La medición se realizó dos semanas posteriores a la floración inmediatamente antes de ser cosechadas, empleando un estadal, registrando la altura en centímetros.

3.5.7 Mazorcas por planta

Este parámetro se originó de la división del número de mazorcas entre el número de plantas cosechadas.

3.5.8 Uniformidad

Este parámetro al ser una característica cualitativa, se generó un score, que comprende de 1 a 5, donde 1 significa que la línea es totalmente homogénea y 5 significa que la línea es una línea completamente heterogénea en cuanto su fenotipo.

3.5.9 Aspecto de Mazorcas

Al concluir la cosecha, se procedió a calificar las mazorcas por parcela en términos generales, es decir; que se calificaron por daño de enfermedades o insectos, tamaño de mazorca así como también uniformidad y llenado de mazorca ya sea por mala cobertura o mala polinización basado en una escala que comprende

del 1 al 5, donde 1 es un excelente material y 5 se considera como un material muy deficiente (CIMMYT, 1995).

Para las siguientes variables cabe destacar que se tomaron las mismas cuatro mazorcas para sacar los datos pertinentes de cada una y se tomó como punto de referencia la media de cada una de ellas.

3.5.10 Diámetro de Mazorca

Esta característica se midió empleando un vernier digital, a partir de la corona de un grano de la parte central de la mazorca hasta el lado opuesto de otro, y se expresó en centímetros.

3.5.11 Longitud de Mazorca

Se estimó empleando una regla de 30cm de largo, se midió a partir del pedúnculo hasta el ápice de la mazorca.

3.5.12 Numero de Hileras por Mazorca

Para determinar esta variable se realizó el conteo del total de hileras con que cuenta cada mazorca y solo se tomó la media.

3.5.13 Numero de Granos por Hilera

Esta variable se determinó contando el número de granos a partir de la zona basal de la mazorca hasta el ápice de la misma y solamente se empleó la media para el análisis.

3.5.14 Rendimiento

Uno de los aspectos más importantes es el rendimiento de grano y se determinó a través del peso de campo por parcela útil y el índice de desgrane de la misma, se ajustó al 13% de humedad, reflejada en kg ha^{-1} , empleando la siguiente fórmula:

$$* \frac{\text{kg}}{\text{Ha}} = \left((\text{PeCa}) \left(\frac{\text{Kd}}{\text{PeCa}} \right) \right) \left(\frac{10000}{\text{AU}} \right) / 1000$$

Dónde: PeCa= peso de campo por parcela útil expresado en kilogramos; Kd= Índice de desgrane por parcela útil; AU= Área de parcela útil.

3.6 Análisis por Componentes Principales

Para la clasificación de las líneas, se empleó el Análisis de Componente Principales, herramienta que permite la estructuración de un conjunto de datos multivariados obtenidos de una población, cuya distribución de probabilidades no necesita ser conocida.

Esta técnica matemática no requiere un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores (Pla, 1986).

3.7 Análisis de Varianza

El análisis estadístico se realizó empleando el programa R-3.2.2. El diseño utilizado en este experimento fue de bloques completamente al azar con cuatro

repeticiones y dos repeticiones, en 2013 y 2014 respectivamente. El modelo estadístico fue el siguiente:

$$Y_{ijl} = \mu + L_i + A_l + R_j + (L*A)_{ij} + (A*R)_{lj} + \epsilon_{ijl}$$

$$i = 1, 2, \dots, L \text{ (Línea)}$$

$$j = 1, 2, \dots, R \text{ (Repetición)}$$

$$l = 1, 2, \dots, A \text{ (Ambiente)}$$

Donde:

Y_{ijl} = La observación de la i -ésima línea en el l -ésimo ambiente anidado en el j -ésimo sistema.

μ = Media general

L_i = efecto de la i -ésima línea

A_l = efecto del l -ésimo ambiente

R_j = efecto de la j -ésima repetición, anidado en l -ésimo línea y del l -ésimo ambiente

$L*A_{ij}$ = interacción del i -ésima línea por el l -ésimo ambiente

$A*R_{lj}$ = interacción del l -ésimo ambiente por la j -ésima repetición.

ϵ_{ijl} = erros experimental.

3.8 Correlaciones

Además del análisis estadístico antes mencionado, se obtendrán los coeficientes de correlación entre los parámetros, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

r= Coeficiente de correlación

\sum = sumatoria

\bar{X} = media de la variable independiente

X= variable independiente

\bar{Y} = media de la variable dependiente

Y= variable dependiente

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

En el análisis de varianza (Cuadro 4.1), se observaron diferencias significativas al $P < 0.01$ para todas las variables en la fuente de variación Ambiente (A), lo cual indica que los años de prueba fueron diferentes lo cual afectó el comportamiento y la expresión de las líneas y sus variables.

Respecto a la fuente de variación de Líneas (L), con excepción de Mazorcas por planta (MZPL) y Uniformidad (UNIF), las líneas fueron diferentes ($P < 0.01$) para

el resto de las variables. Estas diferencias se atribuyen a la variación implícita de los materiales, lo cual es deseable para la selección.

Respecto al efecto de interacción AxL, diez de las variables presentaron diferencias altamente significativas, GH significativa al ($P < 0.05$), y MZPL y LM no significativas (ns). En términos biológicos cabe destacar que existe una variación muy amplia; siendo que los genotipos empleados provienen de una misma población (Br-2).

En cuanto al efecto de interacción RxA (R=Repetición), cinco de las variables fueron altamente significativas, cuatro fueron significativas ($P < 0.05$) y FM, ASI, AP y DM (ns) no significativas. De acuerdo a lo anterior se puede inferir que el comportamiento de RxA es distinto ya que principalmente el ambiente es quien determina estas diferencias.

Cuadro 4.1 Significancia de 13 variables provenientes de una población de maíz braquítico, en el ciclo primavera de 2013 y 2014. UAAAN 2015.

FV	GI	FM	FF	ASI	AP	AMZ	MZPL	UNIF
REP	1	1476**	1516**	0.26 ns	4813**	5546**	1.04**	7.77**
Ambiente	1	4880**	6740**	149.84**	2950**	9739**	7.925**	100.53**
Líneas	109	3**	7**	2.67**	3531**	1481**	0.034 ns	0.48 ns
Ambiente:Líneas	97	3**	9**	4.92**	219**	116**	0.024 ns	0.81**
REP:Ambiente	1	2.5 ns	6.6*	1ns	372.15ns	274.78*	1**	3.85**
Error	418	1.76	1.72	1.24	114.76	55.99	0.03	0.45
Media		79.87	83.00	3.13	112.38	51.92	1.01	3.55
C.V.		1.66	1.58	35.52	9.53	14.41	16.53	18.94
FV	GI	ASMZ	DM	LM	NH	GH	RENG	
REP	1	0.006 ns	2.253**	25.69**	0.666 ns	140.6**	23515906**	
Ambiente	1	16.349**	10.561**	70.02**	25.921**	439.2**	75412544**	
Líneas	109	0.439**	0.459**	13.23**	7.963**	83**	10577513**	
Ambiente:Líneas	97	1.066**	0.104**	1.9 ns	1.69**	14.1*	2575598**	
REP: Ambiente	1	0.15*	0.66ns	14**	7.3*	136.27**	5643088.2**	
Error	418	0.26	0.05	1.55	1.14	9.02	93519.68	
Media		2.90	4.25	13.78	14.40	29.09	4169.45	
C.V.		17.68	5.49	9.05	7.40	10.32	7.33	

*, **, Significativo al 0.5 y 0.01 de probabilidad; ns= no significativo. FM=Floración Masculina; FF= Floración Femenina; ASI= Intervalo antes-emisión de estigmas; AP= Altura de Planta; AMZ= Altura de Mazorcas; MZPL= Mazorcas por Planta; UNIF= Uniformidad; ASMZ= Aspecto de Mazorca; DM= Diámetro de Mazorca; LM= Longitud de Mazorca; NH= Numero de hileras; GH= Granos por Hilera; RENG= Rendimiento de Grano.

Cuadro 4.2 Valores medios de 13 variables cuantificadas en dos ambientes de 108 líneas de maíz braquítico (Br-2).

Ambiente	FM	FF	ASI	AP	AMZ	MZPL	UNIF
P- 2013	77.73 b	80.56 b	2.83 b	110.26 b	48.66 b	1.08 a	3.82 a
P- 2014	84.58 a	88.38 a	3.80 a	117.06 a	59.10 a	0.83 b	2.94 b
Tukey (5%)	0.22	0.22	0.19	1.81	1.27	0.03	0.11

Ambiente	ASMZ	DM	LM	NH	GH	RENG
P- 2013	2.80 b	4.34 a	14.03 a	14.51 a	29.73 a	3902.64 b
P- 2014	3.11 a	4.03 b	13.19 b	14.15 b	27.66 b	4757.52 a
Tukey (5%)	0.09	0.04	0.21	0.18	0.51	51.77

P= Ciclo Primavera-Verano; 2013 y 2014= año de evaluación; FM=Floración Masculina; FF= Floración Femenina; ASI= Intervalo antesis-emisión de estigmas; AP= Altura de Planta; AMZ= Altura de Mazorcas; MZPL= Mazorcas por Planta; UNIF= Uniformidad; ASMZ= Aspecto de Mazorca; DM= Diámetro de Mazorca; LM= Longitud de Mazorca; NH= Numero de hileras; GH= Granos por Hilera; RENG= Rendimiento de Grano.

En el cuadro 4.2 se muestran los valores medios de 13 variables cuantificadas en dos ambientes para 108 líneas evaluadas. En el ambiente P-2013 las líneas fueron en promedio, significativamente más precoces, de menor altura, con mayor MZPL, más uniformes, con mejor aspecto y mazorcas con mayor tamaño (DM, LM) que se reflejó en mayor NH y GH aunque de menor rendimiento. Lo anterior contrasta con en el ambiente P-2014. Estos contrastes en el comportamiento se deben a las diferencias en las condiciones ambientales de ambos años en un mismo ciclo.

En las Gráficas 1 y 2, se observa las diferencias tanto en temperatura como en precipitación. Durante el ambiente P-2013 (Grafica 1), al momento de la siembra

(marzo 25), las temperaturas oscilaron entre 35° a 38° C y posteriormente en abril y mayo sobrepasaron los 40°C. Además el ciclo fue predominantemente seco durante el ciclo del cultivo con la excepción de Junio donde se presenta una precipitación de 5.84 mm.

A comparación con el ambiente P-2014 (Grafica 2), las temperatura fueron más bajas y con mayor precipitación. Por ejemplo, a la emergencia las temperaturas mínimas estuvieron por debajo de los 15°C y durante el resto del mes y hasta abril no superaron los 20°C. Además la precipitación fue de 70.36mm, doce veces la de 2013.

Esta variación fue atribuida también a que en el ciclo 2013 la densidad de plantas fue de 78,412 plantas por ha⁻¹, mientras que en el 2014 fue de 102,523 plantas por ha⁻¹. Siendo que la densidad de plantas para rendimiento de grano debe ser mayor a 50,000 y menor a 80,000 (De la Cruz *et al.*, 2009).

En la figura 1, se muestra el gráfico de dispersión de los dos primeros componentes principales (CP) de 108 líneas derivadas de una población con carácter braquítico. El primer componente Principal (CP1) acumuló un 36.3% de la varianza total y el segundo componente (CP2) contribuye con el 19.9% de la varianza. En conjunto ambos componentes explican el 56.2 % de la varianza total de los datos.

El CP1, es una multivariable que agrupa al RENG y a las características relacionadas con la dimensión de la mazorca, como GH, LM, NH y DM, así como a la AP y AMZ. En contraste el CP2, agrupó a las características de floración (FM, FF

y ASI) además de Uniformidad (UNIF). Estas características por la magnitud en la longitud de los vectores se asume que son de mayor importancia en explicar la composición de la población.

La dispersión de las líneas en el gráfico "BI PLOT", permite detectar al menos tres grupos de acuerdo con la orientación de los vectores. Un primer grupo ubicado en el cuadrante inferior derecho, formado por 14 líneas, las cuales tienen como características más acentuadas el RENG, LM, GH, AP y AMZ. Un segundo grupo en el cuadrante superior derecho, que se caracteriza por mayor DM, NH y MZPL; En el sector superior izquierdo, un tercer grupo de líneas con mayor uniformidad (UNIF) y, en el sector inferior izquierdo, un cuarto grupo con que se caracterizan líneas por sus días a floración e intervalo de floración (ASI). Quiere decir que en este último sector se encuentran los materiales más tardíos. Por lo tanto, las líneas ubicadas en sentido contrario a estos vectores (FM, FF y ASI) serán las más precoces.

Así mismo, en el primer grupo, estarán las líneas con mayor RENG, de mayor altura de planta (AP) y mazorca (AMZ), con mazorcas más largas (LM) y mayor número de granos por hilera (GH). De la misma forma, las líneas que se ubican en sentido contrario a los anteriores vectores (RENG, AP, AMZ, LM, GH) serán las de menor RENG, AP, AMZ, LM y GH.

Esta clasificación permitirá realizar una selección ó jeraquización del material evaluado.

En la figura 2, se muestran los valores de correlación y su significancia de las 13 variables evaluadas. Los valores más altos y significativos ($P < 0.01$) de correlación se observaron entre FM y FF (0.93) y, entre AP y AMZ (0.93). Así mismo, valores altos y significativos ($P < 0.01$) se observan entre LM y GH (0.74); de menor magnitud, se observa la correlación significativa y positiva ($P < 0.05$) entre DM y NH (0.55).

El RENG, correlacionó alta y positivamente con AP (0.64) y AMZ (0.65) y, de menor magnitud con GH (0.56), como ha sido reportado y sustentado por innumerables autores (Vasal, *et al.* 1999; Szőke, 2002 *et al.*; Sevilla, *et al.*, 2007).

Tras los resultados obtenidos se deduce que RENG no es un carácter aislado o que dependa exclusivamente de una sola característica, sino que se ve afectado por el conjunto de caracteres que lo componen. Estos datos coinciden con el de distintos autores como: (González, *et al.* 1990; Crossa, *et al.*; 1997; Espinosa, 1997).

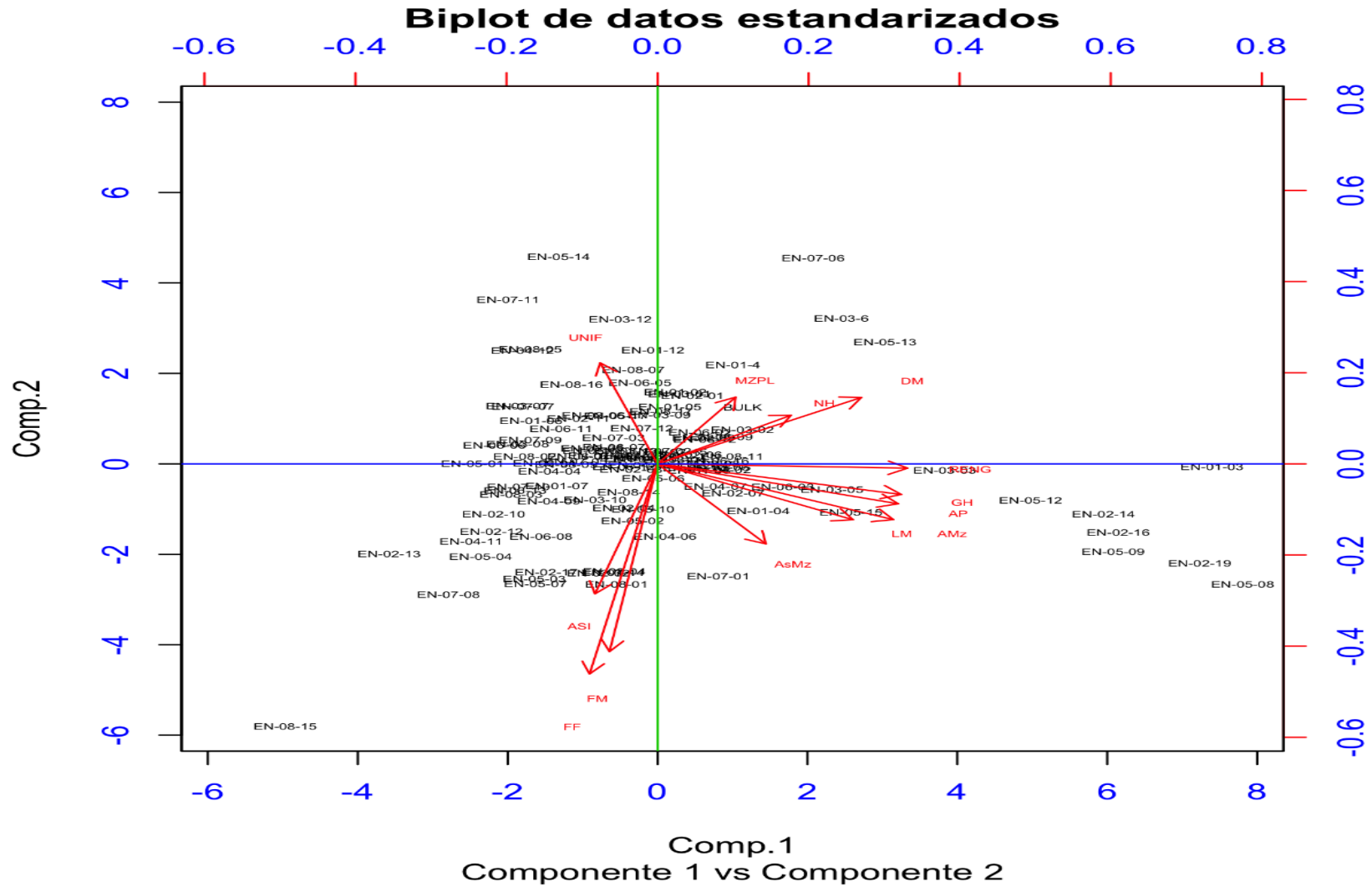


Figura 1 Representación de variabilidad de 108 líneas con carácter braquítico (Br-2) y dispersión de 13 variables medidas en función de 2 componentes principales bajo un sistema de baja población

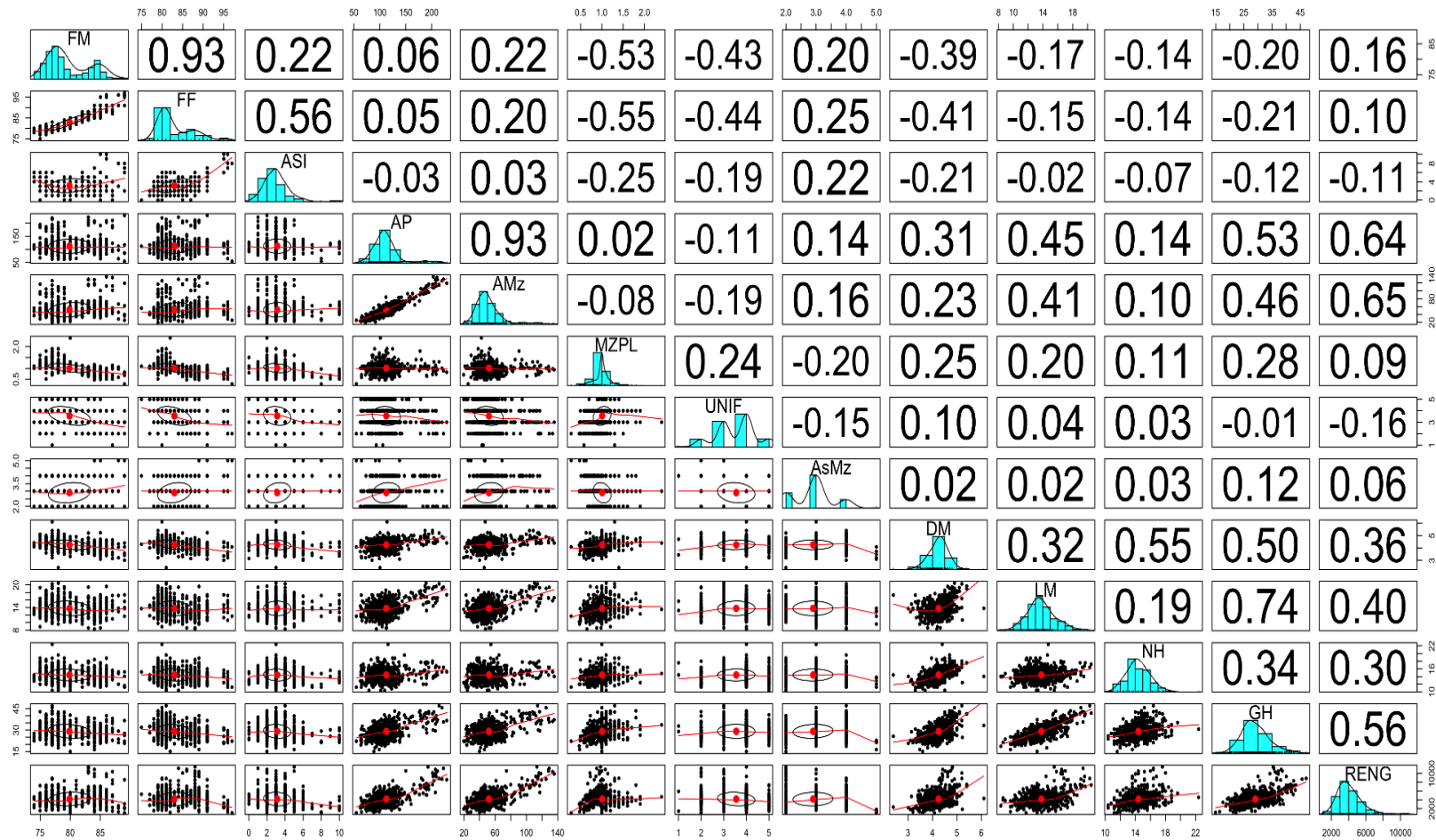


Figura 2 Correlaciones fenotípicas entre 13 variables cuantificadas en 108 líneas de maíz tipo braquítico, en el ciclo Primavera-Verano del 2013 y 2014, UAAAN 2015

En el Cuadro 4.3 se muestran las 17 mejores líneas respecto a rendimiento de grano (RENG) además de sus características agronomicas. Se aprecia que en altura de planta (AP), seis de las 17 líneas son de porte normal pues oscilan de 186.8 cm a 209.3 cm, el resto se puede considerar de porte bajo ó con los efectos característicos del gene Br-2 (braquíticas). La presencia de líneas de porte normal, se explica porque este grupo de líneas fueron derivadas de la cruce de una línea braquítica homocigota seleccionada de la población Lucio Blanco y cruzada con una población criolla de porte alto y hojas volcadas pero de buena mazorca.

Se observa también que la seis líneas de tipo normal fueron las de mayor RENG, con excepción de la línea No. 14 (EN-03-03) con 3334.5 Kg de diferencia con la de mayor RENG. Resaltan las líneas de porte bajo No. 5 y 6, con rendimientos significativamente iguales entre si y, la No. 5 (EN-02-16) significativamente igual a la línea No. 1 (EN-05-08).

Resalta también, la similitud en los días a floración masculina (FM) como femenina (FF); en trece de las 17 líneas, osciló de 80 a 84 dds, y con intervalos ASI de 2 a 4 días. Lo anterior es relevante pues en diversos estudios se afirma que entre menor sea el intervalo de floración (ASI), mayor será el RENG. (Biasutti *et al.* , 2004; Fonseca *et al.* 2005).

En general, las 17 líneas presentaron al menos una MZPL, con una UNIF aceptable considerando que son S₁ y, un buen ASMZ. Las cinco líneas con mayor RENG, se observa que coinciden también en presentar las mayores dimensiones de mazorca, DM, LM ,NH y GH. Por ejemplo, la línea EN-01-03 con mayor DM

($p < 0.05$), se caracteriza por tener mayor NH ($p < 0.05$); ó bien, la línea EN-05-08 con mayor LM ($p < 0.05$), presenta también mayor GH. Existen numerosas evidencias de la alta correlación entre esas variables con el Rendimiento de grano (RENDG). (Gyenes-Hegyí et al., 2002; Berzy *et al.*, 2005).

Cuadro 4.3 Valores medios de 17 líneas seleccionadas de maíz tipo braquítico (Br-2), durante los ciclos Primavera-Verano 2013 y 2014. UAAAN 2015.

No.	Línea	RENG	FM	FF	ASI	AP	AM	MZPL	UNIF	ASMZ	DM	LM	NH	GH
1	EN-05-08	8804.7	81	84	3	209.3	112.2	1.1	3.2	3.2	4.7	18.8	15.2	41.4
2	EN-01-03	8248.8	80	82	2	186.3	103.1	0.9	3.5	3.2	5.1	17.9	17.5	38.2
3	EN-02-19	8153.3	80	83	3	194.1	115.8	1.0	3.0	3.0	4.8	18.3	15.3	40.1
4	EN-05-09	8057.5	80	83	4	180.3	95.6	1.0	3.0	3.5	4.8	16.6	15.1	36.8
5	EN-02-16	7901.2	79	83	3	168.8	93.6	1.0	3.0	3.3	4.7	17.5	15.3	39.3
6	EN-05-12	7372.3	80	83	3	152.6	78.5	1.0	3.3	3.0	4.7	16.9	15.7	39.4
7	EN-02-14	7189.3	81	83	2	186.8	98.0	1.1	3.3	3.2	4.6	16.5	15.4	39.5
8	EN-05-15	5845.3	80	83	3	111.1	50.5	1.0	3.2	3.7	4.6	14.2	16.3	36.2
9	EN-08-11	5739.7	79	83	3	104.9	41.6	1.0	3.5	3.2	4.4	14.5	14.2	32.4
10	EN-03-05	5731.7	80	83	3	127.1	56.3	1.1	3.5	3.5	4.5	14.1	16.5	31.8
11	EN-08-12	5672.7	80	83	3	112.3	47.0	1.0	3.7	2.8	4.3	13.1	14.9	31.6
12	EN-06-16	5548.7	80	83	3	110.2	49.2	1.1	3.5	3.2	4.4	13.4	13.7	30.5
13	EN-08-06	5487.8	81	84	3	92.8	43.5	1.1	3.8	2.8	4.5	15.3	14.3	32.3
14	EN-03-03	5470.2	79	82	3	184.6	92.8	1.0	3.7	3.5	4.4	15.7	13.3	31.8
15	EN-07-06	5263.0	77	79	2	109.8	50.9	1.1	4.3	3.5	4.5	13.4	15.6	32.0
16	EN-08-05	4740.0	79	81	3	81.7	39.6	1.0	4.0	2.0	3.8	15.4	13.3	26.0
17	EN-06-05	4735.3	79	82	3	88.0	34.5	1.0	3.7	2.8	4.6	12.9	16.6	26.7
	DMS (5%)	826.3	3.6	3.5	3.0	28.9	20.2	0.4	1.8	1.4	0.6	3.4	2.9	8.1

RENG= Rendimiento de Grano; FM=Floración Masculina; FF= Floración Femenina; ASI= Intervalo antesis-emisión de estigmas; AP= Altura de Planta; AMZ= Altura de Mazorcas; MZPL= Mazorcas por Planta; UNIF= Uniformidad; ASMZ= Aspecto de Mazorca; DM= Diámetro de Mazorca; LM= Longitud de Mazorca; NH= Numero de hileras; GH= Granos por Hilera; DMS; Diferencia Mínima Significativa.

V. CONCLUSIONES

Las 108 líneas fueron diferentes ($p < 0.01$) para todas las características, excepto para NMZP y UNIF.

Los ambientes de prueba fueron diferentes ($P < 0.01$) lo que se reflejó en la respuesta diferencial de las variables. El 2014 fue el ciclo con mayor RENG.

La interacción AxL fue significativo para 12 de las 13 variables.

El ACP, con los dos primeros componentes (CP) explicó el 56.2 % de la varianza total de los datos.

El Gráfico BILOT permitió clasificar las líneas en cuatro grupos.

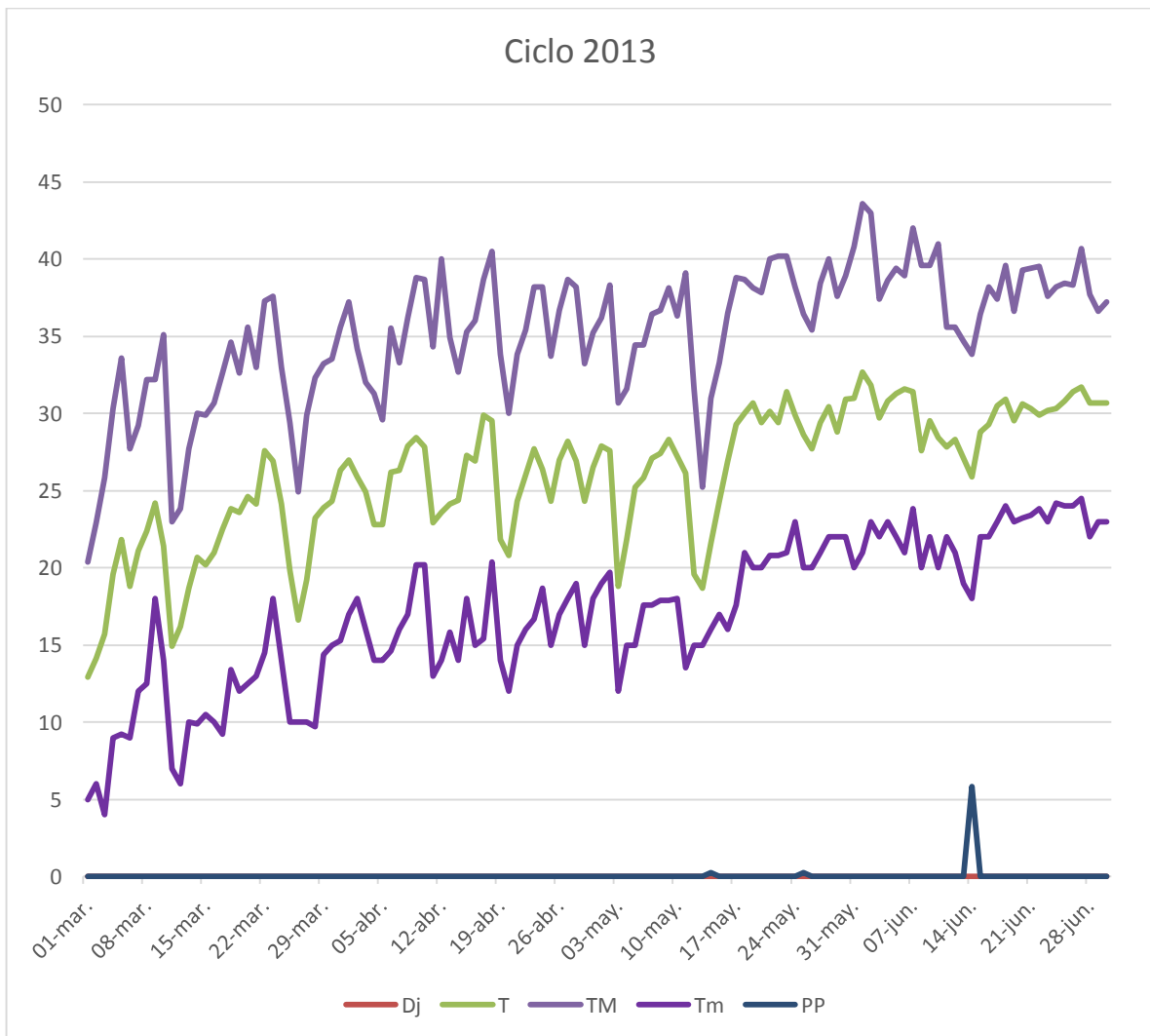
El grupo 1, compuesto por 14 líneas con características de mayor RENG, LM, GH y las de mayor AP y AMZ.

Con base al primer grupo, se seleccionó el 15% del total de líneas evaluadas.

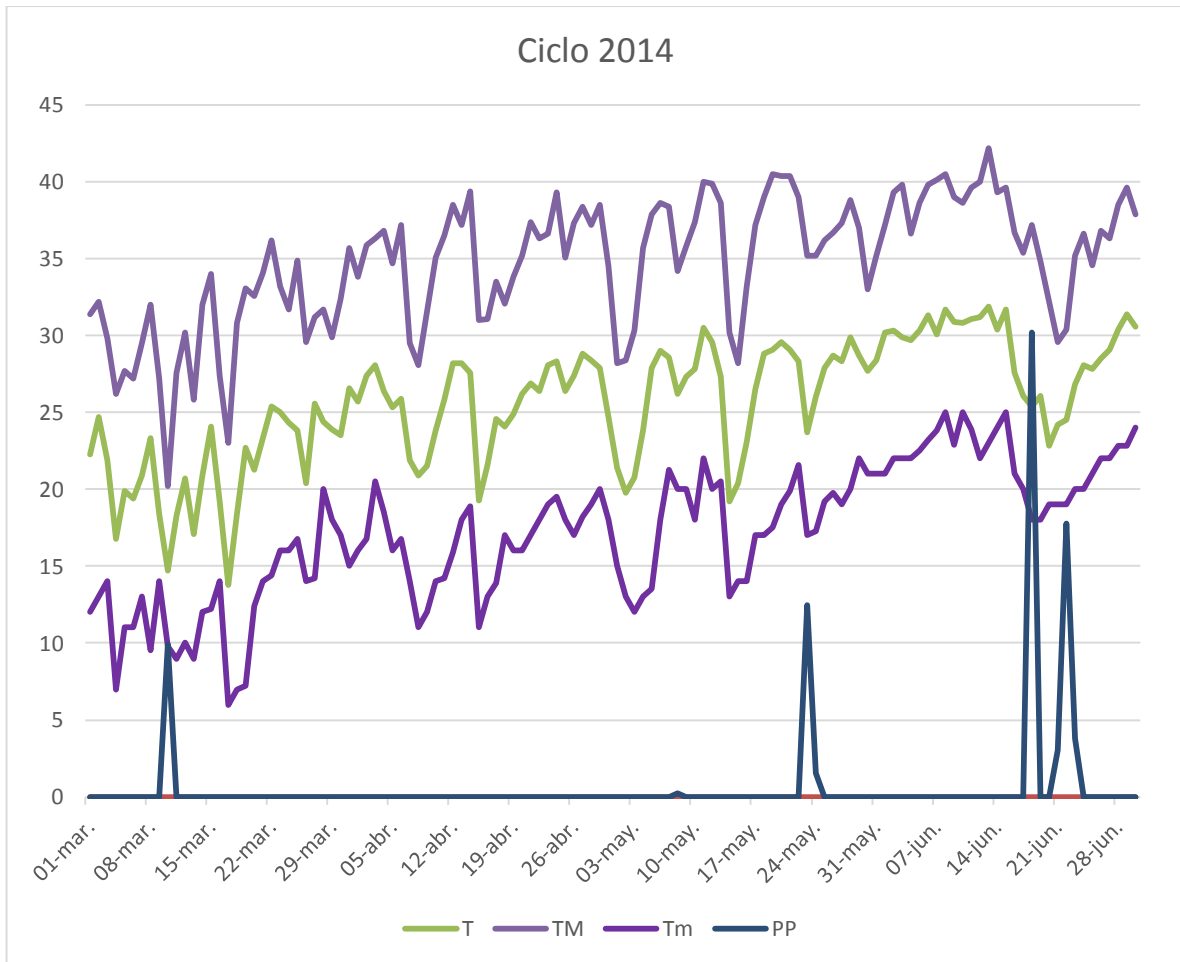
Se detectaron siete líneas con el mayor RENG, de las cuales dos son semi-enanas.

El rendimiento se asoció positivamente con AP y AMZ, así como con LM y GH.

VI ANEXOS



Gráfica 1A. Muestra Muestra temperatura media (T), máxima (TM), mínima (Tm) y precipitación del ciclo Primavera-Verano del año 2013.



Gráfica 2A Muestra temperatura media (T), máxima (TM), mínima (Tm) y precipitación del ciclo Primavera-Verano del año 2014.

VII. BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, C. A., Ramírez Fonseca, A., Villarreal Farías, E., & Ruiz Corral, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, 34(3), 271-278.
- Arnhold, E., Soriano Viana, J. M., Mora, F., Vieira Miranda, G., & Gonçalves Silva, R. (2010). Depresión endogámica y componentes genéticos en poblaciones Brasileñas de maíz-roseta. *Ciencia e investigación agraria*, 37(3), 125-132.
- Astete M., F., and J. Branco de M. 2002. Inbreeding depression in maize populations of reduced size. *Sci. Agric.* 59: 335-340.
- Ávila, N. V., Herrera, S. R., & Orellana, H. C. (2003). Potencial de líneas de maíz para mejorar híbridos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(4), 291-299.
- Bejarano, A., Segovia, V., & Marín, C. (2000). Evaluación de cruzamientos simples de maíz provenientes de líneas con tres niveles diferentes de endocria. *Agronomía Tropical*, 50(3), 461-476.
- Berzy, T., Hegyi, Z., & Pintér, J. (2005). Correlations between the seed quality and yield parameters of maize hybrids developed on different parental lines. *NOVENYTERMELES*, 54(3), 159.
- Biasutti, C. A., & Balzarini, M. (2012). Estimación del comportamiento de híbridos de maíz mediante modelos mixtos. *Agriscientia*, 29(2), 59-68.

- Blanco, F., Martín, G., Suárez, J., & Milera, M. (2010). Los cambios en el modelo organizativo de investigación en la EEPF Indio Hatuey: Algunas reflexiones. *Pastos y Forrajes*, 33(2), 1-1.
- Briones-Reyes, D., Castillo-González, F., Chávez-Servia, J. L., Aguilar-Rincón, V. H., de León García-de Alba, C., & Hernández, A. R. (2015). Respuesta del maíz nativo del Altiplano mexicano a pudrición de mazorca, bajo infección natural. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 73-85.
- Calderón, A. E., Robledo, M. T., Fernández, A. T., Montiel, N. G., Macías, M. S., Caballero, A. P., ... & Montalvo, F. R. (2000). VARIEDADES MEJORADAS DISPONIBLES Y ABASTECIMIENTO DE SEMILLAS ANTE LA NUEVA LEY DE SEMILLAS EN MÉXICO.
- Cardona, J. O. (2010). Análisis de diversidad genética de las razas colombianas de maíz a partir de datos Roberts et al.,(1957) usando la estrategia Ward-MLM. *JOURNAL de CIENCIA y TECNOLOGIA AGRARIA*, 2, 199.
- Carrizales M. N., H. Córdova O., J. de J. Sánchez G., S. Mena M., Márquez S., F. Reséndiz H., M. A. García V. y J. F. Casas S. (2007) estabilidad de genotipos de maíz tropical del patrón heterótico Tuxpeño x Eto. *Scientia CUCBA* 9:47-56.
- Castellanos, L. S., Gutiérrez, E. B., Sánchez, F. M., Montiel, N. G., Campos, A. T., García, H. C., ... & Valdez, J. M. L. (2008). Evaluación de variedades de maíz del CENREMMAC mejoradas por retrocruza limitada para resistencia a sequía. *Revista de Geografía Agrícola*, (40), 91-100.

Castro G., M. 1964. Rendimiento y heterosis de cruzas intervarietales en México. Tesis MC. Colegio de postgraduados Chapingo, Méx. 61p.

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1985. Manejo de los ensayos e informe de los datos para el Programa de Ensayos Internacionales de maíz del CIMMYT. México, DF. Cuarta reimpresión, 1995.

Cervantes Santana, Tarcicio; Oropeza Rosas, Marco Antonio; Reyes López, Delfino Selección para el rendimiento y heterosis de líneas endogámicas de maíz irradiado *Agrociencia*, vol. 36, núm. 4, julio-agosto, 2002, pp. 421-431 Colegio de Postgraduados Texcoco, México

Chávez A, J .L. 1995. Mejoramiento de Plantas II. 2a. ed. Editorial Trillas. México, D. F.

CIAT (2000), Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Crossa J., S., K. Vasal y D., L. Beck. 1990. Combining ability estimates of CIMMYT's tropical late maize germoplasm. *Maydica* 35: 273-278.

De la Cruz-Lázaro, E., Córdova-Orellana, H., Estrada-Botello, M. A., Mendoza-Palacios, J. D., Gómez-Vázquez, A., & Brito-Manzano, N. P. (2009). Rendimiento de grano de genotipos de maíz sembrados bajo tres densidades de población. *Universidad y Ciencia* 25(1), 93-98.

De la Rosa Loerab, A., de León Castillo, H., Sánchez, F. R., & Zambrano, G. M. (2006). Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos

comerciales de maíz adaptados a el bajío mexicano. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(3), 247-254.

De León-Castillo H, De la Rosa-Loera A, Rincón Sánchez F, Martínez-Zambrano (2006) Efectos genéticos, heterosis y diversidad genética entre híbridos comerciales de maíz adaptados a el bajío mexicano. *Rev. Fitotec. Méx.* 29(3):247-2.

Di Renzo, M. A., & Bonamico, N. C. (2013). Mapeo de QTL para resistencia a mal de río cuarto de maíz. *BAG. Journal of basic and applied genetics*, 24(1), 13-18.

Di Santo, H., Castillo, E., Ferreira, A., Grassi, E., & Ferreira, V. (2012). La aptitud combinatoria específica en el maíz (*Zea mays* L. ssp. *mays*) para doble propósito en Río Cuarto, Córdoba, Argentina. *BAG. Journal of basic and applied genetics*, 23(2), 0-0.

Diego-Flores, P., Carrillo-Rodríguez, J. C., Chávez-Servia, J. L., & Castillo-González, F. (2012). Variabilidad en poblaciones de maíz nativo de la Mixteca Baja Oaxaqueña, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 44(1), 157-171.

Escorcia Gutiérrez, L. N. (2007). Heterosis y depresión endogámica de cruas dialélicas para rendimiento, floración y altura de planta en maíz.

Escorcia-Gutiérrez, Nériada; Molina-Galán, José D; Castillo-González, Fernando Y Mejía-Contreras, José A. Rendimiento, heterosis y depresión

- endogámica de cruza simple de maíz. *Rev. Fitotec. Méx.* [online]. 2010, vol.33, n.3, pp. 271-279. ISSN 0187-7380.
- Espinosa C., A. 1997. Comportamiento per se y ACG de caracteres relacionados con la producción de semillas de maíz (*Zea Mays L.*) y sus cruza. Tesis Doctor en ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos México. 121p.
- Espinosa C., A., J., Ortiz C., A., Ramírez, F., N., Gómez M., y A., Martínez, G 1998. Estabilidad y comportamiento de líneas per se y cruza de maíz en la producción de semilla. *Agri. Tec. Méx.* 24 (1) 27-36.
- Espitia Camacho, M. M., Vallejo Cabrera, F. A., & Baena García, D. (2006). Depresión en vigor por endogamia y heterosis para el rendimiento y sus componentes en zapallo *Cucurbita moschata* Duch. Ex Poir. *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, 59(1), 3089-3103.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación, Roma 1993.
- Fidel Márquez Sánchez. Problemas con líneas Endogámicas. III Heterosis entre líneas Hermanas. *Rev. Fitotecnia mexicana*.1989 vol.12, núm. 2, pp. 120-128.
- Fidel Márquez-Sánchez Endogamia En El Maíz En La Selección Recurrente para Aptitud Combinatoria *Rev. Fitotec. Méx.* Vol. 37 (4): 315 - 317, 2014.

Fuck, M. P., & Machado Bonacelli, M. B. (2009). Institutions and Technological Learning: Public-Private Linkages in Agricultural Research in Brazil and Argentina. *Journal of technology management & innovation*, 4(2), 33-43.

Galarza S., M., H. H. Ángeles A., y J.D. Molina G. 1973. Estudio comparativo entre la prueba de líneas per se y la prueba de mestizos para evaluar aptitud combinatoria general de líneas S1 de Maíz (*Zea mays L.*) *Agrociencia* 11:127-139.

García, P., San Vicente, F. M., Quijada, P., & Bejarano, A. (1999). Respuesta a la selección recurrente de familias de hermanos completos en poblaciones tropicales de maíz. *Agronomía Tropical*, 49(1), 19-40.

Gómez M., N. 1986. Aptitud combinatoria de maíces tropicales y subtropicales en la región de transición baja de guerrero. *Rev. Fitotec. Méx.* 8: 3-19

González G., C., J., D. Molina G. y A. Marinez G. 1990. Implicación de rendimiento per se de la ACG de Líneas autofecundadas de maíz (*Zea mays L.*) en la predicción de cruzas de alto rendimiento. *Agroc. Fitociencia* 1 (2):29-42.

Guillermo Castañón, Ricardo Cruz, Roberto Del Pino, Eleuterio Panzo, Miguel Montiel, Lorena Filobello (2000). Selección de Líneas de Maíz por Resistencia a Sequia. Nota técnica. *Agronomía Mesoamericana* 11(1): 163-169.

- Gutiérrez, A. C., Portillo, J. F. R., Ruiz, V. E. C., Sierra, M. G. A., & Rodríguez, H. G. (2013). POTENCIAL DE RENDIMIENTO BAJO TEMPORAL DE POBLACIONES CRIOLLAS DE MAÍZ DEL ESTADO DE MORELOS. *ARTÍCULOS in extenso*, 38.
- Gyenes-Hegyi, Z., Pók, I., Illés, O., Szoke, C., Kizmus, L., & Marton L, C. (2002). Effect of growing site, plant density and year on the yield components of maize hybrids. *Novenytermeles Hungary*.
- Kandus M., D. Almorza, R. Baggio Renceros an J. C. Salerno (2010) Statiscal models for evaluating the genotype-environment interaction in maize (Zea mays L.) *International Journal of Experimental Botany* 79:39-46.
- López, P. E. 1986. Comparación entre diferentes probadores para evaluar líneas de maíz. Folleto de Divulgación. Vol. 1, No. 7. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. pp. 2-5.
- Macchi Leite, G., Rincón Sánchez, F., Ruiz Torres, N. A., & Castillo González, F. (2010). Selección y mantenimiento de poblaciones. Una perspectiva para la conservación in situ de la diversidad genética del maíz. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(SPE4), 43-47.
- Márquez-Sánchez F. (2009) Expected inbreeding in recurrent selection in maize. III: Selection in S₁lines and full-sib and half-sib families. *Maydica* 54:109-111.
- Márquez-Sánchez, Fidel. Endogamia en la reproducción de maíz por cruas en cadena. *Agrociencia* [online]. 2010, vol.44, n.2, pp. 183-186. ISSN 1405-3195.

Martínez-Solís, J., Peña-Lomelí, A., Rodríguez-Pérez, J. E., Sahagún-Castellanos, J., & Peña-Ortega, M. G. (2013). Heterosis intevarietal en jitomate saladette (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 19(4), 5-21.

Molina G. J. D. (1992) Introducción a la Genética de Poblaciones y Cuantitativas (algunas implicaciones en genotecnia). AGT Editor, S.A. México, D.F. 349 p.

Moll, R. H., J. H. Lonquist, J. Velez F., and E. C. Johnson. 1965. The relationship of heterosis and genetic divergence in maize. *Genetics* 52: 139-144

Ndhlela, T. (2011). Combining ability for early maturity in maize (*Zea mays* L) under drought and low nitrogen conditions.

Palemón Alberto, F., Gómez Montiel, N. O., Castillo González, F., Ramírez Vallejo, P., Molina Galán, J. D., & Miranda Colín, S. (2011). Cruzas intervarietales de maíz para la región semicálida de Guerrero, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(5), 745-757.

Peralta, F. N., & Contreras, J. A. M. (2002). Evaluación de maíces precoces e intermedios en Valles Altos Centrales de México. II. Divergencia genética. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 25(2), 187-192.

Pla E. L., (1986) Análisis Multivariado: Método de Componentes Principales, Monografía no. 27. Programa Regional de Desarrollo Científico y

Tecnológico. Departamento de Asuntos Científicos. Secretaria General de la Organización de Estados Americanos.

Poehlman J. M. 1987. Mejoramiento Genético de las Cosechas. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. P 453.

Preciado-Ortiz, R. E., Terrón-Ibarra, A. D., Gómez-Montiel, N., & Robledo-González, E. I. (2005). Componentes genéticos en poblaciones heteróticamente contrastantes de maíz de origen tropical y subtropical. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2), 145-151.

Ramírez, N. M., Velázquez, J. E., Vázquez, V. M. G., Solórzano, J. E. G., & de León Castillo, H. (2008). Características de plántulas en familias derivadas de una población de maíz poliembriónico. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 399-402.

Reyes, C.A. 1982. Evaluación de Alto y de Bajo Rendimiento para Aptitud Combinatoria General de Líneas Autofecundadas de Maíz. Tesis. Colegio de Postgraduados. I.E.I.C.A. Chapingo, México. P 55.

ROBLERO BARRIOS, E. A., OYERVIDES GARCIA, A. R. N. O. L. D. O., GORDILLO MELGOZA, F. A., & DE LEON CASTILLO, H. D. (2015). Estimación de Aptitud Combinatoria General y Específica de 8 Cruzas Simples de Maíz (*Zea mays*), Mediante el Método III de Griffing.

- Rodríguez, A. 1982 Evaluación de cruzas Dobles y Triples de Población de Maíz Tuxpeño Enano en Trópico Húmedo. Tesis. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. P 10.
- Romero, C. M. G. 1996. Evaluación de líneas tropicales de maíz en forma perse y en cruza con dos probadores para determinar su aptitud combinatoria. Tesis Profesional. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 74 p.
- Rosas, J. C. (1992). Principios y prácticas de mejoramiento de plantas.
- Ruvalcaba, L. P., Santana, T. C., Zazueta, A. S., Morales, A. C., & Alcaraz, T. D. J. V. (2007). Selección para contenido de proteína y rendimiento de grano en trigo irradiado recurrentemente. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 32(10), 686-691.
- SAGARPA. 2013. Informe de Evaluación de Impacto Proyecto Estratégico de Producción de Maíz. (<http://www.sagarpa.gob.mx>).
- San Vicente, F., & Hallaver, A. (1994). Estimación de epistasis en dos grupos de líneas endocriadas de maíz. *Agronomía Tropical (Venezuela)*.(Abr-Jun,44(2), 279-297.
- San Vicente, F., Bejarano, A., Crossa, J., & Marín, C. (2001). Heterosis y aptitud combinatoria entre poblaciones tropicales de maíz de endospermo amarillo. *Agronomía Tropical*, 51(3), 301-318.
- SÁNCHEZ PADIERNA, L. M., ESPINOZA VELÁZQUEZ, J. D. A., LOPEZ BENITEZ, A. D., & ESPINOZA ZAPATA, R. O. B. E. R. T. O. (2014). Crecimiento y

Desarrollo Morfológico de Plántula de Maíz que Combina Poliembriónía y Braquitismo.

Saucedo, M. C. C., Córdova-Téllez, L., González-Hernández, V. A., Alvarado, A. D., Santacruz-Varela, A., & de los Santos, G. G. (2006). Respuestas fisiológicas, rendimiento y calidad de semilla en frijol sometido a estrés hídrico. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 31(6), 461-466.

Sierra M., M. 1983. Transferencia de genes de enanismo en variedades precoces de maíz (*Zea mays L.*) de clima caliente seco. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey N.L. 122p.

Sierra Macías, M., Palafox Caballero, A., Rodríguez Montalvo, F., Espinosa Calderón, A., Gómez Montiel, N., Caballero Hernández, F., ... & Vázquez Carrillo, G. (2008). H-520, híbrido trilineal de maíz para el trópico húmedo de México. *Agricultura técnica en México*, 34(1), 119-122.

Soomro A R, A D Kalhor (2000) Hibrid vigor (F_1) and inbreeding depression (F_2) for some economic traits in crosses between glandless and glanded cotton. *Pakistan J. Biol. Sci.* 3:2013–2015.

Suárez, R. F., Chávez, L. A. M., & Mariscal, A. G. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional. Una revisión indispensable. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 36(3-A), 275-283.

Szőke, C. (2002). Inheritance of plant and ear height in maize (*Zea mays* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*, 8, 34-38.

Vasal K S, H Cordova, S Pandey, G Srinivasan (1999) Tropical maize and heterosis. In: Genetics and Exploitation of Heterosis in Crops. American Society of Agronomy, Inc. and Crop Science Society of America, Inc. pp: 363-369.

Vasal, S. K., San Vicente, F. M., McLean, S. D., Ramanujam, S. K., Barandiaran, M., Ramírez, A., & Avila, J. G. (1997). Necesidad y beneficios de lotes de evaluación de líneas para diversos propósitos en el mejoramiento genético del maíz.

Vega, U., & Agudelo, C. (1972). Selección masal estratificada para rendimiento en dos variedades de maíz. *Agronomía Trop*, 22(2), 159-168.