

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN PER-SE DE LÍNEAS DE MAÍZ TIPO BRAQUÍTICO PARA
RENDIMIENTO DE GRANO.**

POR:

ARMANDO ASUNCIÓN LÓPEZ VÁZQUEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN PER-SE DE LÍNEAS DE MAÍZ TIPO BRAQUÍTICO PARA
RENDIMIENTO DE GRANO

POR

ARMANDO ASUNCIÓN LÓPEZ VÁZQUEZ

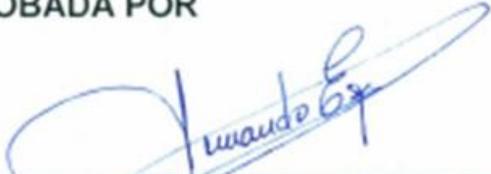
TESIS

QUE SOMETE A LA CONDISERACIÓN 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 GOYAC RODRÍGUEZ

VOCAL SUPLENTE:


ING. AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

EVALUACIÓN PER-SE DE LÍNEAS DE MAÍZ TIPO BRAQUÍTICO PARA
RENDIMIENTO DE GRANO

POR

ARMANDO ASUNCIÓN LÓPEZ VÁZQUEZ

TESIS

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

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:

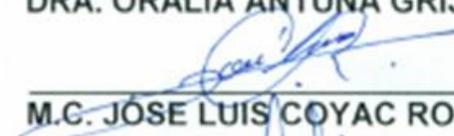
ASESOR PRINCIPAL:


DR. ARMANDO ESPINOZA BANDA

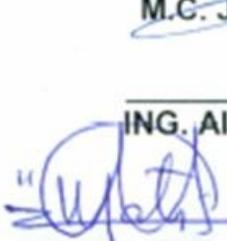
ASESOR:


DRA. ORALIA ANTUNA GRIJALVA

ASESOR:


M.C. JOSÉ LUIS COYAC RODRÍGUEZ

ASESOR:


ING. AIDÉ HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ




M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

FEBRERO DE 2016

DEDICATORIA

A mi padre:

José Heriberto López Mariscal, por haberme hecho un hombre de bien, por todo el apoyo brindado en las buenas y en las malas, pero todo le agradezco por sus consejos que fueron la pieza clave para terminar mis estudios profesionales. Gracias papa por todo tu apoyo.

A mi madre:

Consuelo Vázquez Gutiérrez, por haberme dado la vida, por su apoyo incondicional, por el cariño brindado siempre y sobre todo por la comprensión que me tuvo en los momentos desagradables de mi vida. Te agradezco por todo lo que asistes para que pudiera terminar mi estudio profesional. Gracias mama por confiar en mí y ayudarme a salir adelante.

A mis hermanos:

Ángel, julio, Heriberto, Elodia, Juana y Moisés gracias por brindarme su apoyo incondicional sus buenos consejos que me motivaron a salir adelante y que gracias a ustedes termine otra etapa en mi vida. Gracias por todo hermanos.

A mi novia:

Reyna Isabel De León Bravo por apoyarme en estos dos años y medio, por estar siempre con migo en los momentos buenos y malos brindándome su comprensión, amor y cariño que me motivaron a terminar mi carrera. Gracias por todo amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios:

Por haberme brindado salud a mí y a toda mi familia en toda la etapa de mi carrera y ayudarme a superar día a día los retos de la vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Por darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales brindándome las herramientas necesarias para salir adelante.

Al Dr. Armando Espinoza Banda.

Por darme la oportunidad de realizar mi tesis, por compartir parte de su conocimiento y experiencias vividas y sus buenos consejos para motivarme a seguir adelante y por su paciencia que tuvo conmigo para terminar de escribir mi tesis.

A mis asesores:

Al Ing. José Luis Coyac Rodríguez y a la Dra. Oralia Antuna Grijalva por sus buenos consejos y observaciones, así como también por el apoyo brindado en el tiempo cuando se realizaron trabajos en campo para sacar los datos para la tesis.

A mis amigos:

A **Braulio Manuel González Camarillo (el zombi)**, por brindarme su apoyo durante toda la carrera, por sus consejos que me motivaron a seguir adelante y su apoyo durante la realización de la tesis, y **Elfego Rincón Sanchez** por su comprensión y amistad brindada durante toda la carrera, así como también por sus buenos consejos para lograr mi objetivo y superarme día a día.

INDICE

Contenido	pag.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE	iii
INDICE DE CUADROS.....	v
INDICE DE FIGURAS.....	vi
I.INTRODUCCION	1
OBJETIVO	2
HIPÓTESIS	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Historia del maíz	3
2.1.1 Importancia del maíz.....	3
2.2 Formación de líneas puras.....	5
2.2.1 Característica de una línea pura	6
2.3 Híbridos	6
2.3.1 Híbridos simples	10
2.3.2 Híbridos Trilineales.....	10
2.3.3 Híbridos Dobles	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.1 Localización geográfica	12
3.2 Material genético.....	12
3.3 Diseño experimental y Evaluación	12
3.4 Manejo agronómico	12
3.4.1 Siembra.....	12
3.4.2 Fertilización.	12
3.4.3. Riego.	13
3.4.4. Control de maleza.	13
3.4.5. Control de plagas.	13
3.4.6. Cosecha.....	13
3.5. Variables evaluadas	14
3.5.1. Días a floración femenina (FF).....	14

3.5.2. Días a floración masculina (FM).....	14
3.5.3. Altura de planta (AP).....	14
3.5.4. Altura de mazorca (AMz).....	14
3.5.5. Numero de mazorcas cosechadas (MzC).....	14
3.5.6. Numero de mazorcas por planta (MzPI).....	14
3.5.7. Aspecto de la mazorca (AMz).....	15
3.5.8. Diámetro de mazorca (DM).....	15
3.5.9. Longitud de la mazorca (LM).....	15
3.5.10. Número de hileras (NH).....	15
3.5.11. Numero de granos por hilera (GH).....	15
3.5.12. Rendimiento de grano (RG).....	15
3.6. Análisis estadístico.....	16
3.6.1. Análisis de varianza.....	16
3.6.2. Análisis Multivariado.....	16
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	17
V. CONCLUSIONES.....	22
VI. BIBLIOGRAFIA.....	23

INDICE DE CUADROS

	pag.
Cuadro 4.1. Cuadrados medios de 12 variables cuantificadas en 108 líneas S1 evaluadas la UAAAN-UL. 2013	17
Cuadro 4.2. Eigenvalor y porcentaje de varianza por componente y acumulado de cada componentes extraído.	18
Cuadro 4.3. Importancia de las variables en cada componente principal.	18
Cuadro 4.4. Valores medios de 12 variables medidas en las 15 líneas con mayor rendimiento de grano	20

INDICE DE FIGURAS

	pag.
Figura 1. Dispersión de 108 líneas de maíz derivadas de una población de tipo braquítico con base en los tres primeros componentes principales del análisis para 12 variables. UAAAN 2014	21

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN-UL), en Torreón Coahuila, durante primavera del 2013. Se evaluaron 108 líneas **S₁** de maíz con el gen braquítico (**br₂**) en el campo experimental de la UAAAN-UL, con el objeto de evaluar, caracterizar y seleccionar las de mejor comportamiento. La siembra se realizó en seco el 15 de marzo del 2013. El diseño experimental utilizado fue un alfa látice 6x18 con cuatro repeticiones; la parcela útil consistió de dos surcos de 3.0 m de longitud y 0.65 m de ancho con separación entre planta y planta de 0.16 m. se realizó un análisis de varianza y uno de componentes principales (ACP). Las variables agronómicas evaluadas fueron, Floración masculina (FM), Floración femenina (FF), Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM), Mazorcas cosechadas (MzC), Mazorca por planta (MzPI), Aspecto de mazorca (AMz), Diámetro de mazorca (DM), Longitud de mazorca (LM), Numero de hileras (NH), Rendimiento de mazorca (RMz), y Rendimiento del grano (RG). Las líneas fueron estadísticamente diferentes para AP, AMz, MzC, MzPI, RMz, AMz, DM, LM, NH y RG. Tres CP explicaron el 69.9 % de la varianza de los datos y generó un gráfico Biplot de tres ejes, que agrupó las líneas en tres grupos. En el grupo 1, con 12 líneas de mayor rendimiento de grano (RG), asociadas a las variables agronómicas AP, AMz, a los componentes de rendimiento DM, NH y RMz, además del AMz. La línea, SE-05-08 expresó mayor rendimiento de grano con 8,720 kg/ha.

Palabras claves: líneas, rendimiento, braquítico, maíz, caracterización.

I.INTRODUCCION

En México 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 (Bonamico *et al.*, 2004.)

En la mayoría de los 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 (Bejarano *et al.*, 2000).

Por otro lado, 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)**, el cual produce plantas que son 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 (Katta *et al.*, 1970).

OBJETIVO

Evaluar y caracterizar agronómicamente un grupo de líneas S_1 derivadas de una población con carácter braquítico, así como determinar cuáles son las que tienen el mejor comportamiento productivo.

HIPÓTESIS

- ❖ H_0 : Las líneas S_1 son estadísticamente diferentes en características agronómicas como en rendimiento de grano.

- ❖ H_a : Las líneas S_1 son estadísticamente iguales en características agronómicas como en rendimiento de grano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Historia del maíz

El maíz es un pasto gigante domesticado (*Zea mays ssp.*) de origen tropical mexicano. La planta es usada para producir granos y forraje, los cuales constituyen la base para la elaboración de un buen número de alimentos tanto para nuestra especie como para otros animales, así como para la industria farmacéutica y manufacturera. El cultivo del maíz, así como la elaboración de sus muy diversos productos alimenticios están indisolublemente ligados con el surgimiento y evolución de las civilizaciones mesoamericanas pre-colombinas (Salvador-Ricardo, 2001)

2.1.1 Importancia del maíz

El maíz es un alimento básico para millones de personas en Latinoamérica, África subsahariana y parte de Asia. Como la mayoría de los granos de cereales, el maíz tiene baja calidad y cantidad de las proteínas y es particularmente deficiente en lisina y triptófano, dos aminoácidos que son esenciales en la dieta de los humanos y animales monogástricos (Martínez *et al.*, 2010).

Debido a su adaptabilidad y productividad el cultivo del maíz se expandió rápidamente alrededor del mundo después de que los españoles y otros europeos exportaron la planta de las Américas en los siglos XV y XVI. Actualmente el maíz es producido en la mayoría de los países del mundo siendo el tercer cultivo por la superficie involucrada (después del trigo y del arroz). La mayor parte de la producción de maíz ocurre en los Estados Unidos, la República Popular China y Brasil, países que, en conjunto, obtienen el 73% de la producción global anual estimada en 456.2 millones de toneladas. México, el cuarto mayor productor de maíz del mundo, actualmente produce alrededor de 14 millones de toneladas de granos de esta especie sobre una superficie de 6.5 millones de hectáreas (3% de

la producción mundial sobre un 5 % de la superficie total dedicada a nivel mundial a la producción del maíz) (Salvador-Ricardo, 2001). En México, centro de origen del maíz, existe la mayor diversidad genética de esta especie, generada por los muy diversos usos y condiciones ecológicas bajo las que se ha venido cultivando desde hace unos 10 000 años (Reveles-Torres *et al.*, 2014.)

El cultivo de maíz ocupa el primer lugar por área cultivada en México, principalmente bajo condiciones de secano (temporal) (83%), la cual presenta rendimientos bajos ($2,24 \text{ t ha}^{-1}$) determinados por efectos bióticos y abióticos adversos. No obstante, estas áreas aportan 58% de la producción nacional, la que en el año 2013 ascendió a 22 663 953.35 t (Briones-Reyes *et al.*, 2014.)

Comercialmente, participa con el 18% del valor de producción del sector agrícola (88 mil mdp en 2012 y 78 mil en 2013) y concentra el 33% de la superficie sembrada en el territorio nacional (7.5 millones de hectáreas). El volumen de producción de maíz en 2012 alcanzó 22.1 millones de toneladas y se estima que para 2013 se alcanzaron 22.7 millones. Mientras que la superficie de temporal ocupa el 74% de la superficie, aporta únicamente el 40% del valor generado (Desarrollo, 2014).

En la Comarca Lagunera, el maíz ocupa el segundo lugar después de la alfalfa con una superficie cosechada de 37 412 ha., de las cuales se siembran 3 408 de maíz para grano con rendimientos promedio de 3.2 t ha^{-1} y $34 004 \text{ ha}^{-1}$ de maíz forrajero con rendimientos de forraje fresco de 44.1 t ha^{-1} , con un punto de equilibrio de 5.6 t ha^{-1} y 30.4 t ha^{-1} respectivamente. Para ambos casos se emplean híbridos comerciales. Donde el costo de la semilla fluctúa entre el 17-20 % de los costos de producción. Para el caso de temporal, con siembra de variedades de polinización libre principalmente, se reporta una superficie cosechada de 6562 ha^{-1} con una producción de 0.5 t ha^{-1} y 0.766 ha^{-1} con un

promedio de 36.9 t ha⁻¹ de maíz para grano y forraje respectivamente (SAGARPA, 2007).

En general, el cultivo moderno del maíz se basa principalmente en la utilización de híbridos simples a partir del cruzamiento de líneas puras. La maximización de la heterosis o vigor híbrido se basa en el cruzamiento de esas líneas de orígenes distintos, lo que constituye diferentes fórmulas de híbridos o patrones heteróticos. La optimización del uso de la heterosis se fundamenta en el conocimiento de la diversidad genética de las líneas puras empleadas en la obtención de los híbridos de maíz. Se han utilizado diferentes técnicas para la caracterización de dichas líneas tales como datos de pedigrí, caracteres morfológicos, isoenzimas y marcadores moleculares de ADN (Mladenovic et al. 2002).

La descripción morfológica de líneas, híbridos y variedades cultivadas benefician tanto al mejorador de plantas y productor de semillas como al agricultor y al comerciante del producto final. Una descripción precisa permite que el agricultor y el comerciante adquieran una variedad específica o que el productor de semilla genere un producto que reúna un estándar aceptable de calidad y pureza (Silva-Díaz *et al.*, 2009)

2.2 Formación de líneas puras

Generalmente el desarrollo de líneas de maíz por medio de la autofecundación es un proceso fácil de realizar; sin embargo cuando su número es grande, su evaluación es un problema crítico. Muchas líneas han sido identificadas por métodos de selección convencionales o por el uso de diferentes estimadores estadísticos (Vergara-Ávila *et al.*, 2005).

El aspecto práctico del mejoramiento genético del maíz (*Zea mays* L.) por hibridación está basado en el desarrollo de líneas endogámicas y la evaluación de

su aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE) para obtener híbridos comerciales de alto rendimiento (Lobato-Ortiz *et al.*, 2009)

Algunas características agronómicas de las líneas y cruza simples que se utilizan como progenitoras de híbridos de cruza simple, trilineales o dobles, facilitan la multiplicación de semilla comercial de los híbridos respectivos, según sea el caso, por lo cual es deseable que los progenitores femeninos y masculino posean características como tamaño, forma y frecuencia de semilla grande; facilidad para desespigar; un solo tallo etc., que favorezcan tanto el rendimiento como la calidad de la semilla (Espinosa-Calderón *et al.*, 1998.)

La obtención de líneas puras, homocigotas y homogéneas, es uno de los más importantes objetivos de la mejora vegetal. De manera convencional, la recombinación genética acumulada en cada generación, es evaluada a través de la selección genealógica y prueba de progenie, mediante repetidos ciclos de selección, hasta la obtención del grado de homocigosis deseado para los caracteres de importancia agronómica. Normalmente entre seis y ocho generaciones de autofecundación y selección, son necesarios para obtener líneas con adecuado nivel de homocigosis, que podrán ser liberadas como cultivares después de evaluarlas en varios locales y años (Sánchez-Chacón *et al.*, 2003)

2.2.1 Característica de una línea pura

La mayoría de los híbridos han sido de cruza doble, formados con líneas de bajo nivel de endogamia (S_1 a S_4); lo que se pretende con esto, es que dichos híbridos tengan mayor estabilidad, y que su semilla certificada tenga un precio accesible (Espinosa-Calderón *et al.*, 1998.)

2.3 Híbridos

Bejarano (2003) indicó que el rendimiento de maíz se podría incrementar utilizando híbridos simples mediante el desarrollo de líneas endogámicas más vigorosas y productivas. No obstante, se debe tener en cuenta que la producción de semilla híbrida es más costosa que la multiplicación de la línea pura o de variedades de polinización abierta. Por lo tanto, el comportamiento de un híbrido debe ser lo suficientemente superior al de otros tipos de cultivares disponibles del cultivo, para que justifique el costo de producción de la semilla híbrida (Fehr, 1993). Adicional a ello, para su uso en la producción comercial tiene que haber disponibles cantidades equilibradas de semilla de las líneas con que se producen los híbridos respectivos.

Para la formación de híbridos competitivos a nivel comercial, Sierra-Macías et al. (2008) enfatizan sobre la necesidad de identificar líneas progenitoras sobresalientes, con base en sus efectos de aptitud combinatoria general y específica, su comportamiento *per se*, adaptación y producción de semilla. Generalmente se emplean cruzamientos dialélicos completos o parciales para la evaluación de la heterosis o vigor híbrido, cuyos valores siempre son dependientes del grupo de progenitores que participan en el cruzamiento dialélico (Paterniani, 2000). En plantas alógamas como el maíz, la endogamia conduce a una disminución del vigor; como consecuencia, en cruces entre progenitores endogámicos la heterosis tiende a ser bastante acentuada (Paterniani, 2000).

Se ha encontrado que la magnitud de la heterosis en maíz para rendimiento de grano y sus componentes es más alta cuando la divergencia genética de los padres es moderada o intermedia (Alfaro, 1991), lo cual es tomado en cuenta en la selección de los progenitores para la hibridación y se fundamenta en el principio de diferencias en las frecuencias génicas entre las poblaciones cruzadas (Alfaro-Jiménez y Segovia-Segovia, 2009).

Gardner y Eberhart (1966) indicaron también que el cruzamiento dialélico es de considerable valor para los mejoradores de plantas para tomar decisiones concernientes al tipo de sistemas de mejoramiento a usar. Del mismo modo, Jenkins (1940) afirmó que los ensayos para aptitud combinatoria pueden hacerse en etapa temprana en el proceso de obtención de líneas puras y esta metodología es capaz de producir híbridos e identificar líneas superiores y señala que la capacidad de rendimiento depende del número de alelos dominantes llevados por las líneas favorables (Violic *et al*, 1972).

La producción comercial de variedades híbridas conduce al fitomejorador a poner en práctica diferentes pasos necesarios para el desarrollo de los mismos, y como resultados de investigaciones básicas efectuadas en el maíz (Kalton y Leffel, 1955). Sprague y Tatum (1942) desarrollaron el concepto de aptitud combinatoria y su importancia en la mejora de plantas, clasificaron el concepto en relación al comportamiento relativo de líneas al ser cruzadas: Aptitud combinatoria general y específica. Para ellos, ACG se usa para designar el comportamiento medio de una línea en combinaciones híbridas y ACE, para designar aquellos casos en los cuales ciertas combinaciones son relativamente mejores o peores que aquellas que se esperarían en base al comportamiento medio de líneas consideradas.

Los mismos autores señalan que la ACG se debe a efectos génicos aditivos y ACE a tipos de acción génica no aditiva como dominancia, epistasis y varias clases de interacción de factores (Soto-León y Roberto-Fuentes, 1990).

Los dos grandes sistemas de mejoramiento genético del maíz son la selección y la hibridación. Con la selección se aprovechan los efectos génicos aditivos, mientras que con la hibridación se capitalizan los efectos génicos no aditivos (Márquez, 1988). Para tener éxito con el método de hibridación, las bases germoplásmicas originales deben ser mejoradas en su rendimiento mediante selección recurrente, y de esta forma elevar su potencial para producir líneas que

den origen a híbridos cada vez mejores. Así, mediante varios ciclos de selección recurrente aplicada a poblaciones de maíz, ha sido posible incrementar su capacidad para generar líneas autofecundadas de alto rendimiento y de alta aptitud combinatoria general (ACG) y específica (ACE).

El proceso de hibridación en maíz requiere de evaluar las líneas autofecundadas para seleccionar las mejores. No obstante, algunos autores consideran que las líneas se pueden seleccionar por su rendimiento **per se** puesto que está positivamente correlacionado con su ACG, con valores frecuentemente superiores a 0.5.

La existencia de tal variación permite integrar poblaciones de amplia base genética, las cuales sirven como material base en los programas de mejoramiento genético para mejorar el rendimiento económico y los caracteres agronómicos de las nuevas variedades mejoradas (sintéticos o híbridos) (García- Zavala *et al.*, 2002). Mediante el mejoramiento genético se han obtenido variedades mejoradas de maíz (*Zea mays L.*) de polinización libre e híbridos de alto rendimiento. Las metodologías de selección se dividen en intra e interpoblacionales, en la primera se aprovecha la varianza genética aditiva y en las segundas las varianzas aditiva y de dominancia. Este es el caso de la selección recíproca recurrente que ha sido eficaz para mejorar el rendimiento de grano **per se** de poblaciones de maíz, sobre todo de sus cruzas (Moreno-Pérez *et al.*, 2004).

Según Falconer y Makay (1996), heterosis es la diferencia del valor de la craza F1 menos la media de sus progenitores y, de acuerdo con Prasad y Singh (1986), y Melchinger (1999), depende de la divergencia genética entre progenitores.

2.3.1 Híbridos simples

De acuerdo con Jugenheimer (1981), una cruce simple, $A \times B$, se hace combinando dos líneas puras. Las cruces simples tienden a ser de rendimiento ligeramente mayor y más uniformes en las características de la planta y la mazorca que otros tipos de híbridos. Se usan también para producir cruces dobles (Chávez, 1995). La semilla de estos híbridos es la que generalmente se vende a los agricultores para la siembra, por lo común los híbridos simples son más uniformes y tienden a presentar un mayor potencial de rendimiento en condiciones ambientales favorables

2.3.2 Híbridos Trilineales

Para Allard (1967), un híbrido F_1 es producido por la cruce de una línea pura para producir un híbrido tres vías $(A \times B) \times C$. El híbrido simple se utiliza como progenitor femenino, y, para que la línea pura utilizada como progenitor masculino dé buenos resultados, debe ser una excelente productora de polen.

Generalmente, la semilla de cruces de tres vías, $(A \times B) \times C$, es menos costosa de producir que la de cruces simples, aunque más cara que la de cruces dobles. Las cruces de tres elementos tienden a ser más uniformes y a tener un rendimiento ligeramente superior que el de las cruces dobles (Jugenheimer, 1981).

2.3.3 Híbridos Dobles

Un híbrido doble es la F_1 de dos híbridos simples (Allard, 1967). Así, si A, B, C, y D representan líneas puras, uno de los híbridos simples posibles puede estar representado por $A \times B$ y uno de los posibles híbridos dobles por $(A \times B) (C \times D)$. En un híbrido doble la semilla utilizada para la siembra comercial se produce sobre uno de los híbridos sencillos que produce dos o tres veces más que cualquier línea pura. El otro híbrido sencillo produce polen en abundancia y por tanto hay que concederle menos terreno que si el progenitor masculino fuese una línea pura.

El mismo autor menciona que aunque la primera producción comercial de un híbrido doble tuvo lugar en 1921, transcurrió un considerable periodo de tiempo antes de que el maíz híbrido llegase a ser un factor importante en la agricultura. En 1933, menos del 1% de la superficie sembrada de maíz lo era de maíces híbridos, y en tanto que para 1944 las variedades híbridas ocupaban más del 80% de la superficie.

Chávez (1995), el híbrido doble se forma a partir de cuatro líneas autofecundadas, es decir, es la progenie híbrida obtenida de una cruce entre dos cruces simples. Las cruces no son tan uniformes como las cruces simples, debido a que las cuatro líneas no siempre combinan bien en todos sus pares de genes; por tal motivo, hay mayor variabilidad de plantas en este tipo de cruces. Asimismo, es importante señalar que una cruce simple produce mayor rendimiento que una triple y ésta, a su vez más que la doble, en la mayoría de los casos. Menciona también que para formar las cruces dobles son necesarios los siguientes pasos:

1. Formación de líneas autofecundadas homocigóticas uniformes.
2. Cruzamientos entre estas líneas en combinaciones que produzcan híbridos simples uniformes y productivos.
3. Cruzamientos entre las cruces simples en combinaciones que produzcan híbridos productivos de cruce doble.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica

El campo experimental UAAAN-UL 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 con una precipitación media anual de 300 mm, con régimen de lluvias en los meses de septiembre, octubre y noviembre; los viento dominantes son alisios en dirección Sur, con velocidades desde 24 a 44 Km/h⁻¹ (INEGI, 2008).

3.2 Material genético

El presente trabajo se inició con una población de amplia base genética de tipo enana y semienana, con hojas erectas ó semierectas, de donde se derivaron las 108 líneas S₁.

3.3 Diseño experimental y Evaluación

Las 108 líneas fueron evaluadas en el ciclo agrícola de primavera del 2013. El diseño fue un alfa látice 6x18 y cuatro repeticiones. La parcela útil consistió en dos surcos de 3.0 m de largo y 0.65 m de ancho con separación entre planta y planta de 0.16 m.

3.4 Manejo agronómico

3.4.1 Siembra. La siembra se realizó en seco, el 15 de marzo depositando dos semillas por golpe.

3.4.2 Fertilización. La fertilización se realizó con sulfato de amonio, ácido fosfórico y urea acida. Se fertilizo con la fórmula de 200-100-00 aplicando el 50% del nitrógeno al momento de la siembra. El 50% de fosforo se aplicó en el primer riego posterior a la primera escarda y el resto previo al último cultivo. El resto del nitrógeno se aplicó durante las siguientes etapas del cultivo después de la

siembra, se aplicó un 20% después de la primera escarda, otro 20% posterior al último cultivo y el restante 10% previo a la floración.

3.4.3. Riego. Se aplicó un total de 26 riegos para los tratamientos bajo riego normal con diferentes láminas y tiempos de riego con intervalo de 5 días entre uno y otro riego sujeto a la humedad disponible en el suelo durante todo el ciclo de evaluación.

3.4.4. Control de maleza. Para el control de malezas se llevó a cabo la aplicación del herbicida pre-emergente HARNES XTRA (acetaclor + atrazina), posterior a la siembra y antes de la emergencia de las plantas a una dosis de 300 ml en 20 litros de agua. Además se utilizó herbicida post-emergente HIERBAMINA (2-4-D), con una aplicación de 250 ml en 20 litros de agua. De igual manera para controlar la maleza se hicieron labores utilizando azadón antes del primer cultivo y también se controló de manera manual posterior al último cultivo.

3.4.5. Control de plagas. Durante el ciclo se realizaron un total de cuatro aplicaciones de insecticidas para combatir tres tipos de plagas. La primera, para pulga saltona (*Epitrix* sp) con la utilización de Dimetoato, la segunda y tercera se manejó Cipermetrina además de Clorpirifos granulado respectivamente para el control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y posteriormente en la cuarta aplicación se utilizó Abamectina para la araña roja (*Tetranychus* sp).

3.4.6. Cosecha. La cosecha se realizó entre los 140 y 150 días después de la siembra de forma manual cuando el grano alcanzo una humedad del 13%, determinada con un determinador electrónico **motomco moisture meter**, cosechando todas las mazorcas de cada planta de parcela útil.

3.5. Variables evaluadas

3.5.1. Días a floración femenina (FF). Para la toma de la floración femenina, se registró el número de días transcurridos desde la siembra hasta la fecha en la cual el 50% de las plantas de la parcela tenían estigmas de 2 a 3 cm de largo.

3.5.2. Días a floración masculina (FM). Para la floración masculina se registraron los días transcurridos desde la siembra hasta que alcanzo el 50% de la emisión de polen por parte de las espigas.

3.5.3. Altura de planta (AP). La altura de la planta se tomó en cinco plantas seleccionadas al azar de la parcela, se midió la distancia desde la base de la planta hasta el punto donde comienza a ramificarse la espiga. La medición se realizó dos semanas posteriores a la floración con un estadal de cuatro metros de longitud, registrándose los datos en cm.

3.5.4. Altura de mazorca (AMz). La altura de la mazorca se tomó en cinco plantas seleccionadas al azar de la parcela, midiendo desde la base de la planta hasta el nudo con la mazorca más alta. La medición se llevó a cabo dos semanas posteriores a la floración, realizando la medición un estadal y se expresó en centímetros.

3.5.5. Numero de mazorcas cosechadas (MzC). Se registraron para esta toma la calidad total de mazorcas cosechadas de cada parcela.

3.5.6. Numero de mazorcas por planta (MzPI). Esta variable se obtuvo dividiendo el número total de mazorcas cosechadas entre el número de plantas cosechadas.

3.5.7. Aspecto de la mazorca (AMz). Después de la cosecha, se extendió la pila de mazorcas frente a cada parcela y se calificaron características como daños por enfermedad e insectos, tamaño de la mazorca, llenado de grano y uniformidad de las mazorcas según una escala de 1 a 5, donde 1 fue óptimo y 5, muy eficiente.

3.5.8. Diámetro de mazorca (DM). El diámetro de la mazorca se midió desde la corona de un grano hasta la corona de otro grano en cm, obtenido esta medida con la ayuda de un vernier.

3.5.9. Longitud de la mazorca (LM). La longitud de la mazorca se midió desde la base del pedúnculo hasta su ápice en cm, para lo cual se utilizó una regla de 30 cm.

3.5.10. Número de hileras (NH). Para la variable de número de hileras por mazorca, se contaron las hileras en zonas próximas al centro, debido a que es la zona donde se mantiene la orientación embrionaria central de la mazorca.

3.5.11. Número de granos por hilera (GH). Se contaron el total de granos de dos hileras de la mazorca y posteriormente se obtuvo un promedio dividiendo el total de granos de las dos hileras entre dos.

3.5.12. Rendimiento de grano (RG). El rendimiento se determinó a través de la producción de grano en cada una de la parcela útil, esta se pesó y se ajustó al 14% de humedad, reflejada en kg ha¹.

La fórmula utilizada es la presentada por (Morales, 1993).

$$\frac{kg}{ha} = (PeCa)(Kd) \left(\frac{100 - Hc}{86} \right) \left(\frac{10000}{AU} \right)$$

Dónde: $PeCa$ = Peso de campo de las mazorcas cosechadas por parcela útil en kg ; Kd = Índice de desgrane para ajustar el rendimiento de grano; AU = Área de parcela útil y Hc = Humedad de campo u de cosecha.

3.6. Análisis estadístico

3.6.1. Análisis de varianza. Se realizó el ANOVA respectivo para las 12 variables utilizando el paquete SAS v9.2 (2007).

3.6.2. Análisis Multivariado. Con los datos de cada genotipo y variable se formó un cuadro de doble entrada (Genotipos-VARIABLES), la cual se utilizó para el análisis de componentes principales (ACP). Con el ACP se generó un Gráfico de tres ejes el cuál fue útil para agrupar a las 108 líneas ó genotipos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 4.1, se presentan la significancia de los cuadrados medios de los tratamientos (Líneas), donde para floración masculina (FM) y femenina (FF) fueron no significativos, en tanto para el resto fueron altamente significativos. Lo anterior indica que las líneas fueron similares para los períodos de floración, en tanto que son diferentes en el resto de las características agronómicas, componentes de rendimiento y rendimiento de grano. Los coeficientes de variación (CV), estuvieron en un rango aceptable, con excepción de RMz y RG que sobrepasan el 20%. En promedio las líneas son de ciclo intermedio, semienanas, con al menos una mazorca por planta, buen aspecto de mazorca y rendimiento de mazorca y grano aceptables para material genético en S₁.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios de 12 variables cuantificadas en 108 líneas S₁ evaluadas la UAAAN-UL. 2013.

FV	GL	FM	FF	AP	AMz	MzC	MzPI
REP	3	20.56**	1.52**	710.22**	381.44**	53.53**	0.18**
BLO(REP)	15	11.01**	8.63**	133.73 ^{ns}	70.37	11.5*	0.03*
TRAT	102	1.43 ^{ns}	1.5 ^{ns}	1970.1**	792.67**	13.62**	0.02**
EE	306	1.50	1.1	130.28	61.03	7.27	0.03
CV (%)		1.57	1.3	10.35	16.05	20.68	16.08
Media		77.72	80.6	110.26	48.66	13.03	1.08
FV	GL	RMz(10 ⁶)	RG (10 ⁶)	AMz	DM	LM	NH
REP	3	10.50**	12.70**	1.93**	0.13*	13.6**	2.96**
BLO(REP)	15	5.80**	2.19*	0.45 ^{ns}	0.07**	1.86*	1.33
TRAT	102	3.50**	5.75**	0.77**	0.34**	9.48**	7.42**
EE	306	7.05	1.20	0.24	0.05	2.34	1.10
CV (%)		30.76	28.17	17.53	5.24	10.90	9.70
Media		8628.9	3893.14	2.80	4.34	14.10	14.56

Ns = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo. FM= floración masculina, FF= floración femenina, AP= altura de planta, AMz= altura de mazorca, MzC= mazorcas cosechadas, MzPI= mazorca por planta, RMz= rendimiento de mazorca, RG= rendimiento de grano, AMz= aspecto de mazorca, DM= diámetro de mazorca, LM = longitud de mazorca, NH=número de hileras.

En el Cuadro 4.2, se presentan los resultados del análisis de componentes principales (ACP), el cual de los 12 componentes extraídos, tres fueron significativamente superiores a la unidad (1.0), los cuales explicaron el 42.42, 15.5 y 11.99 por ciento de la varianza de los datos respectivamente y, en su conjunto acumulan el 69.91 por ciento.

Cuadro 4.2. Eigenvalor y porcentaje de varianza por componente y acumulado de cada componentes extraído.

No. CP	Eigenvalor	Porcentaje de Varianza	Porcentaje Acumulado
1	5.09	42.42	42.42
2	1.86	15.50	57.92
3	1.44	11.99	69.91
4	1.27	10.57	80.47

En el Cuadro 4.3, se muestran el peso ó importancia de cada variable por componente. El componente principal uno (CP1), es una respuesta lineal que agrupa a las variables agronómicas AP y AM, y las variables relacionadas con rendimiento como RMz, AMz y RG; El CP2, en cambio es una función lineal de las variables relacionadas con floración (FM, FF) y, el CP3 es una función lineal de MzC, MzPI y LM.

Cuadro 4.3. Importancia de las variables en cada componente principal.

No.	v a r i a b l e s											
	FM	FF	AP	AM	MzC	MzPI	RMz	AMz	DM	LM	NH	RG
CP1	0.12	0.07	-0.37	-0.37	-0.21	-0.14	-0.38	-0.34	-0.32	-0.27	-0.2	-0.41
CP2	0.63	0.65	-0.05	-0.01	0.21	0.08	0.21	-0.01	-0.15	0.17	-0.13	0.09
CP3	-0.1	-0.14	-0.2	-0.26	0.59	0.6	0.13	-0.09	-0.03	-0.36	0.05	0.05
CP4	0.16	0.15	-0.3	-0.29	-0.06	-0.24	0.03	0.13	0.44	-0.2	0.68	0.05

Con el propósito de clasificar y seleccionar las líneas evaluadas, se consideraron los tres primeros componentes (CP) para elaborar un gráfico con el

69.9 % de la varianza de los datos. En la Figura 1, se muestra la dispersión de los genotipos, las variables representadas por los vectores en los tres CP.

En el extremo izquierdo de la Figura 1, se aprecian los Vectores del primer componente (CP1), como RG, REMZ, ASMZ los cuales por su longitud se deduce que son de importancia en la clasificación de las líneas. Así mismo indican el grado de asociación ó correlación entre ellas por la magnitud del ángulo. Así se observa que las variables RG, REMZ, DM, ASMZ, AP y AM están relacionadas y, en contraste este grupo no correlaciona con MzC y MZPL y, con FM y FF.

La orientación de los vectores fue relevante en la agrupación de los genotipos (Líneas). En el extremo izquierdo se observan al menos 12 líneas que tienen en común las características del entorno de sus respectivos vectores. Así se puede decir que estas líneas son en promedio las de mayor rendimiento de grano (RG), rendimiento de mazorca (REMZ) y comparten además mayor DM y buen aspecto de la misma (ASMZ) y AP y AM. En el Cuadro 4.4, se observan 10 de las 12, las cuales son estadísticamente iguales en REMZ y RG. De éste grupo sobresalen las líneas SE-05-08 con 8,720 Kg/ha estadísticamente igual a las nueve líneas restantes.

De acuerdo a los vectores (Variables), en el extremo derecho de la Figura 1, se encuentran ocho líneas las cuales tienen en común los días de floración masculina y femenina (FM y FF). De este grupo sobresale la línea SE-08-15, la cual es la de mayor días FM y FF como se observa en el cuadro A1, con 80 y 84 días respectivamente, e igual estadísticamente a las siete líneas restantes del grupo. Así mismo este grupo por estar contrario a los vectores relacionados con rendimiento y sus componentes, son las de menor rendimiento promedio (cuadro A1). Así como también se puede decir que es un grupo de ciclo tardío.

En el sector superior de la Figura 1, se encuentra un grupo conformado por siete líneas, las cuales tienen relación en común por las variables mazorcas cosechadas y mazorcas por planta (MzC y MzPI). Este grupo de líneas o genotipos presenta mayor promedio de ambas variables y en especial de MzPI, con valores de 1.1 a 1.4. En contraste con los valores mínimos y máximos promedios de 0.9 a 1.4 de las 108 líneas evaluadas. Sobresale la línea SE-06-09 con mayor MzPI con 1.4, donde le siguen la líneas SE-08-17 y SE-06-12 con 1.3 MzPI. El resto de las líneas SE-06-10, SE-07-01 y SE-03-12 con 1.2 MzPI estadísticamente iguales entre sí y diferentes a la línea SE-06-11 con 1.1 MzPI, cuadro A1.

Cuadro 4.4. Valores medios de 12 variables medidas en las 15 líneas con mayor rendimiento de grano.

TRAT	FM	FF	AP	AM	MzC	MzPI	AMz	DM	LM	NH	RMz	RG
SE-05-08	78	81	204.6	110.5	15.0	1.2	3.8	4.8	18.9	15	19670	8720
SE-05-09	78	81	168.0	85.1	13.0	1.1	4.0	5.0	17.1	16	13750	7240
SE-02-19	77	81	187.9	106.5	14.5	1.1	3.5	4.9	19.3	16	16480	7140
SE-01-03	78	81	173.4	93.3	13.3	1.0	3.8	5.1	18.0	18	14760	7040
SE-02-16	77	81	148.8	76.3	13.0	1.0	3.8	4.9	18.0	15	12350	6480
SE-05-15	77	80	114.9	50.3	13.8	1.1	4.0	4.7	14.9	17	12220	6140
SE-02-14	77	80	187.0	93.7	13.3	1.2	3.8	4.7	17.1	16	15320	6060
SE-03-05	77	81	129.4	54.3	15.8	1.2	3.8	4.8	14.7	16	11650	5700
SE-05-12	78	81	143.2	70.8	12.5	1.0	3.5	4.7	17.3	15	8100	5520
SE-08-11	78	81	106.5	39.9	14.0	1.1	3.5	4.5	14.7	15	13640	5520
SE-03-03	76	79	177.5	84.7	14.5	1.1	3.5	4.4	16.0	13	11520	5500
SE-07-06	77	79	109.8	50.9	14.5	1.1	3.5	4.5	13.4	16	10800	5370
SE-08-12	78	81	111.6	43.6	15.3	1.1	3.0	4.4	13.6	15	12210	5150
SE-07-01	79	81	136.4	65.0	17.3	1.2	3.0	4.2	15.2	14	11360	5100
SE-06-03	78	81	111.4	49.6	13.0	1.1	3.5	5.1	14.2	17	9910	5000
Tukey(5%)	3.8	3.3	35.0	24.3	8.4	0.5	1.5	0.7	4.7	4.3	8241	3405

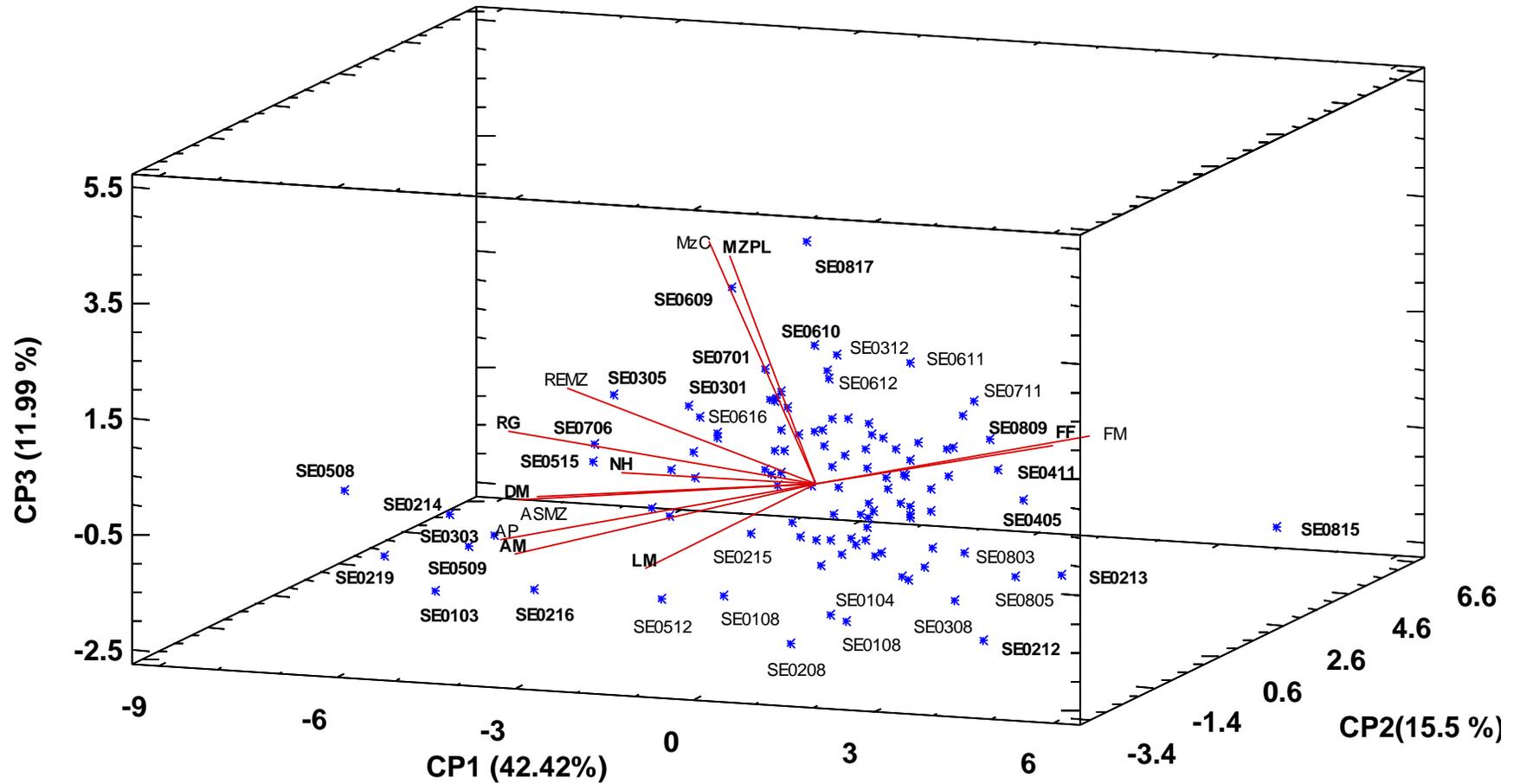


Figura 1. Dispersión de 108 líneas de maíz derivadas de una población de tipo braquíptico con base en los tres primeros componentes principales del análisis para 12 variables. UAAAN 2014

V. CONCLUSIONES.

- Las líneas fueron estadísticamente diferentes para AP, AMz, MzC, MzPI, RMz, AMz, DM, LM, NH y RG.
- El análisis de componentes principales extrajo tres componentes con el 69.9 % de la varianza de los datos y permitió generar un gráfico Biplot de tres ejes.
- El gráfico Biplot facilitó la caracterización y agrupación de las líneas o genotipos en tres grupos.
- En el grupo 1, están contenidas 12 líneas con mayor rendimiento de grano (RG), asociadas a las variables agronómicas AP, AMz, a los componentes de rendimiento DM, NH y RMz, además del AMz.
- El genotipo (línea), SE-05-08 expresó mayor rendimiento de grano con 8,720 kg/ha.
- En el grupo 2, contiene ocho líneas, las cuales están asociadas a las variables FM y FF caracterizadas de ciclo tardía
- En el grupo 3, se aprecian siete líneas, las cuales están relacionadas con las variables MzC y MzPI. Las líneas SE-08-17 y SE-06-09 fueron las de mayor importancia de acuerdo al número de mazorcas cosechadas y al número de mazorcas por planta.
- Las variables que tuvieron mayor influencia significativa en el rendimiento de grano (RG), fueron RMz, DM, AMz, AP y AM.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Alfaro-Jiménez, Y. y V. Segovia-Segovia 2009. "Formación evaluación y descripción del híbrido simple de maíz (*Zea mays* L.) Amarillo INIA 21." Revista UDO Agrícola Vol. 9: 499-508.
- Allard, R W (1967) Principios de la mejora genética de las plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.
- Bejarano, A., V. Segovia y C. Marín 2000. "Evaluación de cruzamientos simples de maíz provenientes de líneas con tres niveles diferentes de endocria." Agronomía Tropical. Vol. 3.: 461- 476.
- Bonamico, N., J. Aiassa, M. Ibáñez, M. Di Renzo, D. Díaz y J. Salerno 2004. "Caracterización y clasificación de híbridos simples de maíz con marcadores SSR." Revista de Investigación Agropecuaria. Vol. 33.: 129- 144.
- Briones-Reyes, D., F. Castillo-González, J. L. Chávez-Serbia, V. H. Aguilar-Rincón, C. L. García-de Alba y A. R. Ramirez-Hernandez 2014. "Respuesta del Maíz nativo del altiplano Mexicano a pudrición de mazorca, bajo infección natural." Agron. Mesoam.: 74-85.
- Chávez A. J. L. (1987). Mejoramiento de plantas I. México. Editorial trillas: UAAAN. 146 p.
- Chávez A. J. L. (1995). Mejoramiento de plantas II. Métodos específicos de plantas alógamas. México. Editorial trillas: UAAAN, 1995. 143 p.
- Desarrollo., F. N. d. 2014. "Panorama del Maíz." Secretaría de Hacienda y Crédito Público 1-2.
- Espinosa-Calderón, A., J. Ortiz-Cereceres, A. Ramírez-Fonseca, N. O. Gómez-Montien y A. Martínez-Garza 1998. "Estabilidad y Comportamiento de líneas per se y cruza de Maiz en la producción de semillas." Agric. Téc. Méx. Vol. 24.: 27-36.
- García- Zavala, J., J. Molina- Galán y J. López- Reynoso 2002. "La selección masal como método para obtener Líneas de alta aptitud combinatoria específica en Maíz." Rev. Fitotec. Mex. Vol. 25.: 299-304.

- Jugenheimer, W. R. 1981. Maíz: variedades mejoradas, métodos de cultivo y producción de semillas. Trad. Piña, G. editorial LIMUSA. Cuarta reimpression. México. 841pp.
- Lobato-Ortiz, R., J. Molina- Galán, J. López- Reynoso, J. Mejía-Contreras y D. Reyes-López 2009. "Criterios para elegir el mejor probador de la aptitud combinatoria general para rendimiento de grano de líneas autofecundadas de Maíz." *Agrociencia*. 44: 17-30.
- Martínez-M., O. R., R. H. y A. R. 2010. "Análisis de las correlaciones en poblaciones Cubanas de Maíz." *Cultivos Tropicales* 31: 82-91.
- Moreno-Pérez, E. C., D. Lewis-Beck, T. Cervantes-Santana y J. L. Torres-Flores 2004. "Selección recíproca recurrente en poblaciones de Maíz de valles altos en suelos con alto y bajo contenido de Nitrógeno, en México." *Agrociencia*. Vol.38.: 305-311.
- Morales D., 1993. Caracterización y evaluación de 25 genotipos de maíz (*Zea mays* L.) recolectados en Nicaragua. Tesis de Ing. Agr.Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 55 p.
- Revels-Torres, L. R., M. Luna-Flores, A. Mejía-Gurrola, J. Hernández-Martínez y S. García-Hernández 2014. "Razas actuales de Maíz de secano en el estado de Zacatecas, México." *Rev. Mex.Cienc. Agríc.* Vol.5: 1155-1168.
- Salvador-Ricardo, J. 2001. "Maíz." Universidad Autónoma Chapingo 15.
- Sánchez- Chacón, C. D., A. G. Silva-José, S. D. Lannes, F. Carvalho y A. Oliveira 2003. "Influencia de la época de polinización en el desarrollo de embriones haploides mediante el sistemas TRIGO X MAIZ." *Agrociencia*. Vol. 9: 329-336.
- Silva-Díaz, W. R., Y. J. Alfaro-Jiménez y R. J. Jiménez-Aponte 2009. "Evaluation of morphological and agronomical characteristics of five yellow-maize inbred lines in different sowing dates." *Revista UDO Agrícola* Vol. 4: 743-755.
- Soto-León, N. y M. Roberto-Fuentes 1990. "Estimación de aptitud combinatoria de líneas endogámicas y predicción de Híbridos de Maíz de alta calidad de proteína, Guatemala, 1988." *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 1.: 31-34.

Vergara-Ávila, N., S. A. Rodríguez-Herrera y H. Córdova-Orellana 2005.
"Evaluación de líneas tropicales de Maíz (*Zea mays*) como fuente de alelos favorables para mejorar híbridos simples élites." *Agronomía Mesoamericana*.: 127-136.

ANEXO

Cuadro A1. Valores promedio de 107 líneas de maíz derivadas de una población braquítica y el testigo en 12 variables. UAAAN.

TRAT	FM	FF	AP	AMz	MzC	MzPI	AMz	DM	LM	NH	RMz	RG
SE-05-08	78	81	204.6	110.5	15.0	1.2	3.8	4.8	18.9	15	19670	8720
SE-05-09	78	81	168.0	85.1	13.0	1.1	4.0	5.0	17.1	16	13750	7240
SE-02-19	77	81	187.9	106.5	14.5	1.1	3.5	4.9	19.3	16	16480	7140
SE-01-03	78	81	173.4	93.3	13.3	1.0	3.8	5.1	18.0	18	14760	7040
SE-02-16	77	81	148.8	76.3	13.0	1.0	3.8	4.9	18.0	15	12350	6480
SE-05-15	77	80	114.9	50.3	13.8	1.1	4.0	4.7	14.9	17	12220	6140
SE-02-14	77	80	187.0	93.7	13.3	1.2	3.8	4.7	17.1	16	15320	6060
SE-03-05	77	81	129.4	54.3	15.8	1.2	3.8	4.8	14.7	16	11650	5700
SE-05-12	78	81	143.2	70.8	12.5	1.0	3.5	4.7	17.3	15	8100	5520
SE-08-11	78	81	106.5	39.9	14.0	1.1	3.5	4.5	14.7	15	13640	5520
SE-03-03	76	79	177.5	84.7	14.5	1.1	3.5	4.4	16.0	13	11520	5500
SE-07-06	77	79	109.8	50.9	14.5	1.1	3.5	4.5	13.4	16	10800	5370
SE-08-12	78	81	111.6	43.6	15.3	1.1	3.0	4.4	13.6	15	12210	5150
SE-07-01	79	81	136.4	65.0	17.3	1.2	3.0	4.2	15.2	14	11360	5100
SE-06-03	78	81	111.4	49.6	13.0	1.1	3.5	5.1	14.2	17	9910	5000
SE-06-02	77	80	129.0	63.2	14.3	1.1	3.0	4.6	12.9	14	8560	4960
SE-08-06	78	81	94.2	42.9	14.3	1.2	3.0	4.7	15.7	15	13270	4950
SE-04-02	78	81	125.6	52.4	14.5	1.1	2.8	4.4	14.2	16	12620	4920
SE-06-16	77	80	112.9	48.9	13.8	1.2	3.5	4.5	13.8	14	11100	4900
SE-03-04	77	80	108.6	47.1	14.3	1.1	2.8	4.4	14.4	20	7790	4780
SE-08-05	79	81	81.7	39.6	9.5	1.0	2.0	3.8	15.4	13	4810	4740
SE-08-17	78	81	99.9	42.1	18.8	1.3	3.0	4.3	13.2	15	11970	4660
SE-08-14	78	81	108.8	49.3	15.3	1.0	3.3	4.3	13.9	17	11770	4620
SE-03-02	76	79	115.0	46.4	13.0	1.1	2.8	4.8	15.8	13	9730	4600
SE-02-07	79	81	128.5	53.7	15.3	1.2	2.8	4.4	14.9	14	10950	4580
SE-08-08	78	80	112.9	48.3	14.0	1.1	2.5	4.5	16.7	15	11340	4520
SE-06-10	79	81	110.1	58.0	17.0	1.2	2.5	4.4	13.9	14	11390	4460
SE-08-07	78	81	93.5	39.5	14.0	1.1	2.3	4.6	13.4	17	10190	4400
SE-05-13	78	81	147.8	70.8	13.8	1.1	2.8	4.6	15.9	16	9470	4380

SE-07-02	78	80	103.6	41.7	13.3	1.2	2.5	4.4	14.4	15	6660	4360
SE-03-01	76	80	124.3	53.0	14.8	1.2	2.8	4.4	12.6	16	8060	4340
SE-06-09	78	80	102.6	44.4	15.8	1.4	3.3	4.6	13.8	16	10210	4340
SE-07-12	77	80	96.9	42.7	17.0	1.1	2.8	4.0	13.2	14	9970	4260
SE-04-06	78	81	115.0	52.4	15.0	1.1	2.8	4.3	14.4	14	11070	4220
SE-06-05	77	80	84.2	32.0	13.3	1.1	3.0	4.6	13.3	16	6950	4180
SE-04-07	78	80	112.9	48.7	13.0	1.1	2.8	4.4	14.2	15	10320	4160
SE-04-03	78	80	98.9	42.1	14.8	1.1	3.0	4.4	12.6	15	11030	4140
SE-03-12	77	81	98.0	35.1	14.8	1.2	2.5	4.4	12.4	15	10830	4120
SE-01-01	79	81	106.0	43.4	13.5	1.1	3.0	4.6	13.1	16	6680	4060
SE-02-06	78	80	116.8	57.2	15.5	1.0	3.0	4.3	14.7	14	9360	4050
SE-02-11	78	80	101.1	36.6	14.0	1.0	2.8	4.5	11.9	15	7520	4020
SE-04-08	78	80	120.5	54.1	14.5	1.1	2.5	4.5	12.4	15	10790	4020
SE-07-04	78	81	98.3	41.7	12.8	1.0	2.0	4.5	14.0	15	7680	4000
SE-03-13	78	80	105.2	43.4	13.3	1.1	3.0	4.2	12.4	14	9660	3950
SE-02-01	78	80	112.1	52.8	13.3	1.0	2.3	4.5	14.5	14	8600	3940
SE-03-10	78	81	101.1	48.6	13.3	1.0	2.8	4.3	12.6	15	9720	3940
SE-07-14	78	82	109.3	47.7	13.8	1.1	3.0	4.1	15.8	14	9990	3940
Testigo	77	81	111.1	44.6	13.3	1.3	2.8	4.6	15.2	15	9740	3860
SE-04-09	79	82	104.7	46.1	14.3	1.0	3.3	4.5	12.2	14	9460	3840
SE-06-08	79	82	93.3	45.6	15.5	1.0	3.0	4.0	13.6	14	7950	3780
SE-06-11	79	81	98.2	40.0	16.5	1.1	3.0	4.1	11.7	14	9280	3780
SE-05-06	78	81	116.4	56.4	11.5	1.0	2.8	4.5	13.6	15	6110	3740
SE-02-04	78	81	101.1	43.4	13.8	1.2	3.0	4.1	16.0	14	7840	3720
SE-01-02	79	82	92.7	35.2	12.8	1.1	3.0	4.4	15.1	15	6960	3700
SE-07-03	78	81	95.8	34.7	12.0	1.0	2.8	4.6	12.9	17	7240	3660
SE-05-04	79	82	88.8	39.1	11.8	1.0	2.8	3.9	12.6	13	7950	3640
SE-08-04	79	82	127.0	59.9	13.3	1.1	2.5	4.3	13.7	13	9460	3600
SE-03-06	76	80	107.3	39.8	11.5	0.9	2.8	4.7	13.5	16	6900	3520
SE-04-01	79	81	104.9	40.6	12.3	1.0	2.8	4.5	13.6	15	9060	3500
SE-08-01	78	81	102.4	46.9	13.5	1.2	2.3	4.4	14.6	16	9460	3490
SE-04-12	78	81	101.6	34.7	14.8	1.0	2.3	4.1	13.0	13	8920	3460
SE-06-12	78	81	114.2	55.4	14.3	1.3	3.0	4.3	12.9	13	7390	3460
SE-07-05	78	81	88.5	37.7	12.5	1.1	2.8	4.3	14.0	14	6780	3440
SE-08-09	79	82	81.9	34.3	12.3	1.1	2.3	4.3	12.8	15	8920	3440

SE-05-10	77	80	103.4	48.1	10.5	1.1	2.8	4.4	14.2	15	6760	3400
SE-01-05	79	81	108.9	49.8	11.8	1.0	2.8	4.5	14.2	15	9400	3380
SE-02-09	77	80	96.5	43.8	11.3	1.3	2.5	4.4	13.5	14	6930	3380
SE-03-09	76	80	117.4	54.2	12.0	1.2	2.3	4.4	13.4	14	7320	3380
SE-02-15	77	80	137.7	63.7	12.5	1.1	3.0	4.5	14.4	13	7860	3340
SE-08-02	78	81	75.0	30.8	14.0	1.0	2.5	4.4	18.4	14	8030	3320
SE-01-04	78	81	115.9	46.8	9.8	1.0	3.5	4.4	15.6	15	6390	3240
SE-02-08	77	80	99.1	41.2	8.5	0.9	3.3	4.7	12.9	17	6670	3240
SE-05-07	78	81	100.5	43.3	12.0	1.1	2.5	4.4	13.5	15	6760	3240
SE-01-12	78	81	90.2	41.9	10.5	1.0	3.0	4.4	13.4	15	7800	3220
SE-01-06	78	80	104.7	34.7	14.0	1.1	2.3	4.1	13.5	13	7320	3200
SE-07-10	79	81	85.5	36.0	12.5	1.0	2.5	4.6	12.6	16	7540	3200
SE-02-02	79	81	104.8	48.0	11.5	1.0	2.3	4.3	15.8	14	6650	3180
SE-01-08	78	80	123.1	58.9	9.5	1.0	3.0	4.2	14.5	13	6680	3160
SE-05-01	78	81	101.2	40.0	14.0	1.1	2.3	4.0	11.4	13	8260	3160
SE-07-11	78	81	82.0	34.2	13.8	1.2	2.3	3.9	13.3	13	5090	3160
SE-05-05	77	80	123.4	53.7	12.5	1.1	2.3	4.6	11.6	15	6650	3140
SE-06-01	78	80	111.3	45.8	12.5	1.0	2.5	4.4	12.6	15	5430	3140
SE-06-06	77	79	87.4	35.2	13.0	1.2	2.8	4.0	12.7	13	5700	3080
SE-04-05	79	81	108.9	49.9	11.3	1.1	2.5	4.5	14.2	16	9870	3060
SE-01-07	78	80	107.5	52.0	12.8	1.0	2.8	4.0	12.1	13	5960	3040
SE-04-04	78	81	114.9	38.4	12.3	1.2	2.8	4.2	13.2	14	6040	3040
SE-06-13	78	80	107.5	37.6	14.8	1.1	2.3	3.9	13.6	14	6370	2960
SE-02-17	78	80	116.6	57.4	11.0	1.0	2.8	3.9	13.4	12	6150	2930
SE-08-03	79	82	102.8	46.7	8.5	1.1	2.8	4.1	13.2	13	8260	2920
SE-02-03	77	80	115.3	47.2	11.5	1.1	2.5	4.0	15.2	14	5860	2900
SE-07-09	78	81	104.7	47.1	14.3	1.1	2.8	4.3	13.0	14	7230	2880
SE-08-16	78	81	113.0	55.2	12.3	1.0	2.5	4.1	14.3	11	7850	2860
SE-05-03	79	82	105.3	44.7	12.5	1.1	2.5	4.1	14.2	16	7970	2840
SE-06-07	78	80	102.5	43.1	13.0	1.0	2.8	4.4	12.9	15	5380	2840
SE-02-05	78	80	117.0	47.9	12.5	1.1	2.5	4.0	14.1	12	5650	2820
SE-04-11	78	81	80.7	35.2	11.5	1.1	2.5	4.0	12.5	13	7330	2760
SE-07-07	78	80	68.5	28.0	11.3	1.0	2.8	4.6	12.8	17	7500	2730
SE-05-02	79	82	123.9	52.3	11.3	1.0	2.5	4.2	15.7	15	7140	2720
SE-02-10	77	80	102.4	35.7	12.0	1.0	2.8	4.1	13.8	13	6120	2680

SE-06-04	77	80	117.9	49.3	11.5	1.0	2.8	4.0	13.1	13	7100	2620
SE-03-08	78	81	80.4	36.4	9.5	0.9	2.5	4.6	11.7	14	5040	2560
SE-05-17	77	80	110.4	44.4	12.0	1.0	2.8	4.2	13.6	15	5220	2520
SE-03-07	77	80	82.6	35.6	11.3	1.0	2.5	4.4	12.6	15	4880	2500
SE-07-08	77	80	98.1	42.5	12.0	1.1	2.5	3.8	14.8	14	5350	2300
SE-05-14	76	80	109.4	54.4	10.5	1.1	2.3	4.4	11.5	16	4600	2120
SE-08-15	80	84	70.0	23.5	10.8	1.0	2.3	3.5	15.5	12	5570	2000
SE-02-13	78	80	83.7	35.4	10.3	1.0	2.0	3.2	15.2	14	3320	1980
SE-02-12	78	80	84.1	39.7	7.3	1.0	2.5	4.0	13.8	13	3700	1500
DMS	1.7	2.0	2.0	10.9	3.8	0.2	0.7	0.3	2.1	2	3694	3405
Min	75.8	78.5	68.5	23.5	7.3	0.9	2.0	3.2	11.4	11.0	3320.0	1500.0
Max	79.8	84.3	204.6	110.5	18.8	1.4	4.0	5.1	19.3	20.2	19670.0	8720.0
Media	77.7	80.6	110.3	48.7	13.0	1.1	2.8	4.3	14.1	14.6	8628.9	3893.1