

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Rendimiento de grano en mestizos de maíz

POR

FRANCISCO JAVIER RAMOS MURILLO

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO
DE:**

INGENIERO AGRONOMO

TORREÓN, COAHUILA

OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento de grano en mestizos de maíz

Por:

FRANCISCO JAVIER RAMOS MURILLO

TESIS

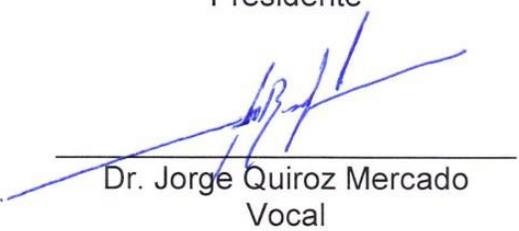
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

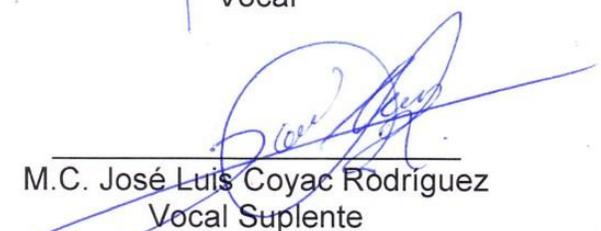
INGENIERO AGRÓNOMO

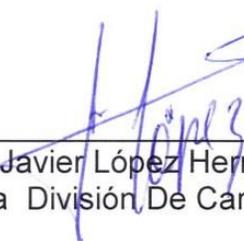
Aprobada por:


Dra. Oralia Antuna Grijalva
Presidente


Dr. Armando Espinoza Banda
Vocal


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Vocal


M.C. José Luis Coyac Rodríguez
Vocal Suplente


M.E. Javier López Hernández
Coordinador de la División De Carreras Agrónomicas

Torreón, Coahuila, México
Octubre de 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRÓNOMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Rendimiento de grano en mestizos de maíz

Por:

FRANCISCO JAVIER RAMOS MURILLO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

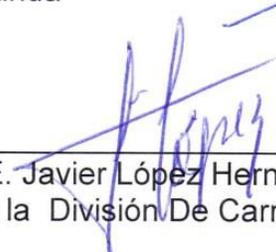
Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Oralia Antuna Grijalva
Asesor Principal


Dr. Armando Espinoza Banda
Coasesor


Dr. Jorge Quiroz Mercado
Coasesor


M.E. Javier López Hernández
Coordinador de la División De Carreras Agrónomicas

Torreón, Coahuila, México
Octubre de 2019



AGRADECIMIENTOS

Con Dios por darme fortaleza y no dejarme desistir en mi carrera y vida. Gracias por la familia que me obsequiaste, por los profesores que formaron parte de mi formación profesional y de los amigos que conocí a lo largo de mi carrera.

A la Doctora Oralia Antuna Grijalva por su paciencia, por su dedicación y sus conocimientos aportados a mi persona para que pudiera llegar a concluir este proyecto y dar un paso importante en mi formación profesional.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por abrirme sus puertas y dejar concluir en ella mi educación académica y darme las herramientas y conocimientos para enfrentar el futuro.

A mis compañeros que estuvieron en mi formación y compartieron momentos de aprendizaje y crecimiento como personas.

DEDICATORIAS

A mis padres, Pablo Ramos Rosas y María Murillo Vásquez por darme su amor trabajo y sacrificio en todos los años de mi preparación académica y más en especial mi último nivel de estudios. Gracias a ustedes he llegado hasta aquí y convertirme en ingeniero agrónomo, de todo corazón les dedico este logro en mi vida que sin ustedes no hubiese podido concluir. Es un orgullo ser su hijo son los mejores padres. Que Dios me los guarde y cuide siempre.

A mis hermanos Rolando Pablo Ramos Rosas, María Teresa Ramos Murillo y Jesús Ramos Murillo por estar siempre presentes y ser ejemplos a seguir gracias por su apoyo en el transcurso de mi carrera.

A mis abuelos que en vida siempre me dieron su apoyo y fueron siempre un motor de impulso para salir adelante.

A mi tío Roberto ramos rosas que se adelantó en el camino por siempre darme palabras de aliento y compartir parte de las mismas metas en la vida. Hasta el cielo un abrazo Dios me los guarde y cuide.

A mis tíos en general por estar ahí en momentos difíciles de mi vida y motivarme a no dejar de creer en mí mismo.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue detectar cruzas resultantes de las combinaciones de germoplasma de origen diverso, con buen potencial productivo, para la región de la Comarca Lagunera. Se evaluaron 5 líneas y 15 cruzas de maíz criollo. El experimento se estableció en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y 20 tratamientos, en los que la unidad experimental consistió en 1 surcos de 3 m de longitud y 0.75 m de ancho. Se midieron las variables de Rendimiento de grano (RG), Peso de mil semillas (PMS); Longitud de la mazorca (LMZ); Diámetro de la mazorca (DM); Número de hileras en la mazorca (NHM); Altura de planta (AP) y Granos por hilera (GH). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, Institute Inc, 2004). Para la comparación de medias entre las variables se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa al 0.5 de probabilidad. La adaptación del material probado en la región, es satisfactoria, por lo que podría explotarse nuevos patrones heteróticos que pueden ayudar a superar los techos en rendimiento y en otros caracteres importantes.

Palabras claves: *Zea mays*; Maíz nativos, Líneas, Cruzas de maíz, Componentes de rendimientos

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
2.1. Importancia de la conservación de maíces nativos.....	3
III. MATERIALES Y METODOS	14
3.1. Localización del sitio experimental	14
3.2. Material genético.....	14
3.3. Descripción climática	14
3.4. Diseño experimental.....	15
3.5. Labores realizadas	15
3.5.1. Preparación del terreno.....	15
3.5.2 Siembra	15
3.5.3 Riego	15
3.5.4 Fertilización	16
3.5.4 Control de plagas	16
3.5.5 Control de malezas	17
3.6 Variables evaluadas	17
3.6.1 Rendimiento de grano (RG).....	18
3.6.2 Constante de la Superficie cosechada (CSC):.....	18
3.6.3 Longitud de mazorca (LMZ).....	18
3.6.5 Diámetro de mazorca (DMZ)	19
3.6.6 Número de hileras por mazorca (NH).....	19
3.6.7 Altura de planta (AP).....	19
3.6.8 Granos por hilera (GH).....	19
3.6.9 Peso de mil semillas (PMS).....	19
3.7 Análisis estadístico.....	20
IV.-RESULTADOS Y DISCUSION	21

V.- CONCLUSIONES.....	27
VI.- BIBLIOGRAFIA.....	28

I. INTRODUCCION

México es considerado como el centro de origen, domesticación y dispersión del maíz (*Zea mays* L.). A la fecha se han descrito 59 razas potencialmente diferentes (Ortega, 2003; Kato *et al.*, 2009). Actualmente se siembra en todo el país. La mayoría de las regiones donde se cultiva este grano dependen del temporal y de campesinos cuya producción es destinada al autoconsumo, por lo que su agricultura ha generado y continúa ofreciendo una diversidad genética muy amplia (Kato *et al.*, 2009). La variación genética de poblaciones de especies cultivadas es tradicionalmente conservada por métodos de conservación *ex situ*; no obstante, se ha reconocido que el manejo de las poblaciones por los agricultores es una importante estrategia para conservar y aprovechar su variación (Hammer, 2003).

Al formar razas y recombinarlas ellos diversificaron el reservorio de genes que han dado origen a millones de variedades criollas. No obstante, pocas razas han sido empleadas en los programas de mejoramiento por hibridación (Ramírez *et al.*, 2015), tal vez debido a que su utilización es compleja y está determinada por múltiples factores, como genéticos, ambientales, de manejo agronómico, de paquetes tecnológicos y de sus interacciones y asociaciones que dan lugar a que cada raza adquiriera características propias que se diferencian de otras cuando se estiman sus medias, varianzas y aptitud combinatoria, entre otras. En contraparte, la mayoría de los maíces nativos presentan características indeseables, como alturas de planta y mazorca

excesiva, alta susceptibilidad al acame, susceptibilidad a plagas y pudrición de mazorca.

1.1 Objetivos

El objetivo del presente estudio es detectar cruzas resultantes de las combinaciones de germoplasma de origen diverso, con buen potencial productivo y con buenas características agronómicas para la región de la comarca lagunera.

1.2 Hipótesis

Las líneas de maíz presentan buenas características agronómicas y de rendimiento de grano.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Importancia de la conservación de maíces nativos

El maíz se domesticó en territorio mexicano. Actualmente se siembra en todo el país. La mayoría de las regiones donde se cultiva este grano dependen del temporal y de campesinos cuya producción es destinada al autoconsumo, por lo que su agricultura ha generado y continúa ofreciendo una diversidad genética muy amplia (Kato *et al.*,2009).

Este cereal esta entre los tres primeros lugares a nivel mundial ya que se cultivan aproximadamente cien millones de hectáreas en 125 países (González, 2013) ya sea como alimento para el hombre de forma directa, o de forma indirecta como alimento en la ganadería.

Los maíces criollos por lo general tienen rendimientos bajos, más sin embargo los agricultores de regiones con escasa lluvia los prefieren, ya que tienen mayor adaptabilidad, características de los alimentos que con ellos preparan, además de satisfacer las necesidades del ganado (Muñoz *et al.*, 2017).

Los maíces criollos son por tanto de carácter patrimonial y estratégico, reconociéndolos como sistemas genéticos regionales vivientes, o comunidades biocenóticas como las milpas, en ininterrumpida reproducción, que han sido y son recreados en cada ciclo agrícola y acompañados de diversas especies de interés económico y social. Desde el punto de vista genético desde hace algunos años se han realizado trabajos enfocados hacia el estudio y

conocimiento de la enorme diversidad genética existente y la posible heterosis que existe entre razas (Bucio, 1959; Paterniani y Lonquist, 1963; Crossa *et al.*, 1990; Barrera *et al.*, 2005; Esquivel, 2011).

México es uno de los países más importantes en el consumo de maíz, con una gran tradición en el cultivo y fuerte arraigo en su consumo, por constituir la base de la alimentación de la población. Actualmente hay interés sobre el desarrollo, adaptación y mejoramiento de variedades e híbridos de maíces con calidad proteínica para beneficiar programas de nutrición humana y obtener granos de calidad industrial (Espinoza y Turrent, 2000).

Casi la totalidad de las poblaciones de maíz de las cuales los milperos seleccionan sus semillas son poblaciones nativas, a las que comúnmente se les llama variedades criollas, aunque ese nombre se presta a confusión, debido a que también se han encontrado sembradas en el sistema milpa, generaciones avanzadas de maíces mejorados y poblaciones derivadas de cruas y mezclas de maíces mejorados con poblaciones nativas (Gómez *et al.*, 2004).

Bazaldúa (1978) menciona que en el maíz a pesar de la cantidad de años que se ha sembrado este cereal en nuestro país, los promedios nacionales de rendimiento no van de acuerdo con el alto crecimiento demográfico, de lo cual se deriva la gran importancia de la investigación y mejora genética del maíz. Debido a las deficiencias de rendimiento anteriormente mencionadas, es necesario el estudio del comportamiento de los diversos genotipos criollos, y en

b! se a los resultados que se obtengan proceder a la formación de variedades mejoradas que reditúen a los campesinos mayores rendimientos.

Cantú (1977) hace alusión que en nuestro país la mayor parte de tierras que se cultivan son de temporal, es por eso que para el agricultor que siembra maíz es muy difícil sembrar híbridos comerciales, pues éstos requieren de riego o buen temporal, así como también mayores cuidados, por lo que es muy costosa su siembra; además de lo incomprensible que es para él la necesidad de comprar semilla para la siembra del ciclo siguiente, cuando puede utilizar su propia semilla.

Por tal motivo, es necesario mediante el estudio del comportamiento de las variedades criollas y la selección masal, la obtención de variedades de polinización libre-que cumplan con las necesidades del campesino.

Garza (1980) indica que la finalidad de iniciar cualquier programa de mejoramiento de plantas, es la de obtener variedades o tipos de mayor rendimiento, para esto es necesario partir de un material ya existente y someterlo a las pruebas que cada método implique. Este material puede consistir en variedades criollas, que puedan proporcionar en alguna forma germoplasma útil para el fin que se persigue.

Arellano (1976) explica que existen muchas situaciones que caracterizan el cultivo del maíz en zonas de temporal regular o deficiente de valles altos, entre las cuales se menciona; la precipitación pluvial de 400 a 600mm., la sequía intraestival y los efectos drásticos de las heladas prematuras y tardías que dan

al cultivo un alto riesgo. Por otro lado, el uso de las semillas mejoradas específicamente los híbridos, no han tenido una adaptación ni aceptación por su desarrollo y rendimiento deficiente en comparación con las variedades criollas; tampoco el mercado está en condiciones de ofrecer las cantidades de semilla necesarias para cubrir la superficie de maíz factible de sembrar con este material, puesto que la producción es raquítica y favorece otras regiones donde las eventualidades climáticas tienen poca significación o tienen asegurado el riego.

Ángeles (1968) citado por Vega, mencionaría que la aportación de los Programas de Mejoramiento de Maíz a la agricultura de temporal, por medio de las variedades mejoradas e híbridas ha repercutido en un incremento de los rendimientos unitarios de maíz de temporal en el país; incremento que para 1963 se estimó en 437 millones de pesos del valor total de la cosecha, atribuyéndose a la influencia benéfica en el mejoramiento de los maíces criollos originado por su cruzamiento natural con los híbridos y variedades mejoradas sembradas en un 15% de la superficie.

Mejía (1976) reconoce que en el Estado de Yucatán se utilizan más las variedades locales que las variedades mejoradas, debido principalmente a que el tipo de grano es diferente al de las variedades utilizadas en la región. -Las variedades criollas utilizadas en la región son principalmente de granos cristalinos, blanco y amarillo. Además las variedades mejoradas son poco utilizadas porque requieren de más insumos y atenciones que las criollas.

Según Arellano (1976) en aquellas áreas de temporal en donde existe una situación de incertidumbre en cuanto al inicio del periodo de lluvias y su manifestación, es importante asegurar una producción por mínima que sea a través de los diferentes años, considerándose que las características de estabilidad y consistencia pueden encontrarse en el material criollo de los agricultores, por lo que es conveniente emprender mejoramiento genético a partir de dichas variedades criollas, detectando aquellas que posean amplia adaptabilidad y seguridad en la cosecha; utilizando para su identificación los parámetros de estabilidad.

Ortega (1973) menciona que después de realizada cualquier colecta conviene depositar los materiales en Bancos de Germoplasma centrales, ya que por el momento algunas -colectas pueden tener interés para algún investigador y en un futuro lo puede tener para otro, o también para el mismo investigador años después. La importancia que puede tener una colecta para una región también la puede tener en otras regiones o para otros tiempos.

Pero no nada más es esta la importancia que puedan tener las colectas, ya que algunos investigadores han estudiado a través de colectas hechas años atrás, temas como son: la evolución bajo domesticación del maíz, la erosión y amplificación de variación de cultivares, procesos de -adopción de innovaciones, etc.

De la Loma (1963) cita el punto de partida en un programa de mejoramiento consiste en material ya existente como pueden ser variedades criollas que puedan aportar en alguna forma germoplasma útil.

Para lo cual se deberán hacer colecciones de materiales criollas, y entre más cantidad de material haya mejor, para que se engloben en ellos los tipos más diversos desde el punto de vista de sus características morfológicas, fisiológicas, genéticas, citológicas, ecológicas y fitopatológicas.

Uso de maíces nativos en Programas de Mejoramiento Genético

Wellhausen (1961) citado por Vega, explica que las variedades mejoradas necesitan estar mejor cuidadas si se requiere aprovechar su máxima potencialidad. Los criollos en condiciones de fertilidad deficiente rinden igual o más que las variedades mejoradas. Las mejores variedades para suelos pobres son los criollos que han sido desarrolladas en esta clase de suelos a través de muchos años de selección-artificial y natural.

García (1973) reconoce que el mejoramiento de maíz en México ha sido encaminado a la formación de híbridos pero que esto no ha dado el resultado esperado, ya que no se ha tomado en cuenta las razones por las que no usan híbridos la mayoría de los agricultores tales como la predilección por cierto sabor y color del maíz, la imposibilidad de sembrar el híbrido debido a que la mayor parte de las tierras de cultivo de maíz son temporales y la incompreensión por parte del agricultor de comprar la semillas híbrida para la siembra del ciclo siguiente.

Márquez (1973) citado por Mejía, dice que en la investigación del maíz es muy importante para su mejoramiento conocer los aspectos ecológicos y sociológicos de la región, y que también es importante la participación del campesino para seleccionar con más acierto el material sometido a mejoramiento. Para llevar a cabo dicho mejoramiento estima la obtención de: 1) variedades de polinización libre; 2) de amplia adaptabilidad; 3) de seguridad en el rendimiento; 4) de origen criollo.

Hernández y Alaniz (1970) mencionan que es conveniente ver el papel que juega el cultivar en la región ya que muchas de las variaciones de cultivos nativos se encuentran en la agricultura de autoconsumo. Así se busca en un futuro reducir los obstáculos que habrá en la introducción de variedades mejoradas o de definir qué características deberán poseer estas introducciones para que los agricultores las adopten rápidamente.

Wellhausen (1965) cita que la producción de híbridos como sistemas es definitivamente prematuro para nosotros en América Latina y que mejor se dedicara el tiempo a: - 1) la mezcla de variedades dentro de una raza o razas diferentes, y 2) -la utilización gradual de la varianza aditiva para -rendimiento, en las poblaciones así formadas mediante las varias técnicas sencillas de selección recurrente. Una -vez que ya no se logra ningún progreso mediante estos procedimientos, entonces se podría recurrir al uso de combinaciones híbridas en un intento por lograr más capacidad de rendimiento mediante la utilización de la varianza no-aditiva que pudiera existir.

Mejía (1976) explica que las diferentes condiciones ecológicas y diversos manejos en los maíces criollos, nos proporcionan el material básico tan útil en los Programas de Mejoramiento Genético. En el manejo de los maíces criollos intervienen una serie de factores tales como predicciones empíricas de los agricultores referente a la lluvia, las ideas y creencias que se van transmitiendo al paso de las generaciones en las comunidades rurales.

Robles (1975) indica que antes de aplicar hibridación es conveniente realizar una colección de germoplasma nivel regional, nacional e internacional que incluya variedades procedentes de regiones agrícolas con condiciones ecológicas más o menos similares a aquella localidad donde se va a iniciar el fitomejoramiento. Con el material colectado se conducirán ensayos preliminares de adaptación y rendimiento, con el objeto de eliminar el máximo de germoplasma que no presente caracteres favorables.

En todo programa de mejoramiento genético, la elección de germoplasma progenitor es una de las decisiones más importantes que se deben tomar. Al respecto, Gutiérrez *et al.* (2004) y Castañón-Nájera *et al.* (2005).

Destaca el de línea pura, que ha sido el punto de partida para el estudio de la heterosis y la habilidad combinatoria general y específica donde la primera se asocia con el desempeño potencial de los progenitores y la segunda con el desempeño de los híbridos (De León *et al.*, 2005).

Para obtener líneas de maíz con alto potencial de rendimiento es necesario disponer de poblaciones base de tamaño grande, variables, y de alto

rendimiento, y usar sistemas de endogamia moderado (Márquez, 1988) y según Hallauer *et al.* (2010) su rendimiento puede aumentar mediante selección y mejoramiento de las líneas existentes.

En 1997 se produjo grano de los maíces criollos originales y sus versiones genéticamente mejoradas, que al ser evaluadas superaron en 40 % el rendimiento de los criollos (Márquez *et al.*, 2000). Los patrones heteróticos son modelos de combinación entre progenitores que expresan alta heterosis en una o más características de interés económico, lo que permite sistematizar el desarrollo de híbridos de maíz. Inicialmente la identificación de los patrones heteróticos fue empírica (Hallauer *et al.*, 1999).

Desde la adopción de la prueba de mestizos se ha estudiado la elección del mejor probador, pero no hay respuestas satisfactorias a todo el problema de fondo. La probabilidad de que el mejor probador sea una variedad de polinización libre de bajo rendimiento, una línea homocigótica recesiva o en general una población con baja frecuencia de loci importantes, ha recibido importancia práctica y teórica desde su proposición por Davis (1934) y Hull (1945).

En cruzas entre líneas locales con exóticas, obtuvieron híbridos que rindieron 35 % más que los híbridos formados sólo con líneas locales debido a la heterosis que se genera por divergencia genética (Misévic *et al.*, 1990).

De los primeros conceptos relacionados con la explotación de este fenómeno en maíz (*Zea mays* L.) destacan el de la línea pura, que ha sido el punto de

partida para el estudio de la heterosis y sus orígenes genéticos, y los de habilidad combinatoria general y específica acuñados por Sprague y Tatum (1946).

Un método para conocer el contenido genético de las poblaciones y establecer relaciones de parentesco, es determinar la heterosis o vigor híbrido de sus cruzas, ya que a mayor heterosis se infiere mayor divergencia genética entre poblaciones progenitoras, lo cual se fundamenta en el principio de diferencias en las frecuencias génicas entre las poblaciones cruzadas (Falconer, 1981).

Mestizos de maíz

Mestizo es una cruce entre líneas autofecundadas y un progenitor común como polinizador (variedad, híbrido simple o línea) se utiliza para determinar la habilidad combinatoria general y/o específicas de las líneas. Es decir, para detectar los genotipos fijados más sobresalientes en productividad, características agronómicas deseables, etc. (Allard ,1980).

Un mestizo, es la progenie de la cruce entre líneas y una población probadora o probador (líneas, variedades híbridos, etc.), (Márquez ,1988)

Los mestizos son útiles para evaluar la habilidad combinatoria general, proporcionando un medio para el desarrollo de líneas puras.

Los mestizos son utilizados para detectar en forma temprana genotipos superiores entre un grupo de líneas endocriadas, sin embargo, el ensayo

correspondiente tiende a tener un mercado efecto sobre el carácter en particular, generalmente en rendimiento y la selección para ese carácter puede estar cubierta por efecto del probador. El Fitomejorador busca seleccionar plantas con características genotípicas y genotípicas que puedan estar asociadas con el carácter deseado. (Galarza *et al.*, 1973).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización del sitio experimental

El estudio se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. La cual se ubicada en el municipio de Torreón, Coah., el cual pertenece a la Comarca Lagunera, con las coordenadas 103°26'33" longitud oeste y 25°32'40" latitud norte, a una altura de 1,120 msnm (Inafep, 2014-2016).

3.2. Material genético

Cuadro 1. Descripción y origen de los materiales UAAAN-UL 2018.

No. De COLECTA	ORIGEN	ALTURA
2	Chiapas	522msnm
3	guerrero	3,550msnm
4	guerrero	3,550msnm
5	Chiapas	522msnm
7	Coahuila	1,260msnm
60	Coahuila	1,260msnm

3.3. Descripción climática

La Comarca Lagunera, presenta un clima seco desértico semi-cálido con una temperatura anual media de 22.1°C, oscilando entre los 41.5°C en verano y los 5.5°C en invierno. La precipitación anual promedio es de 263 mm repartida en los meses de junio, julio agosto y septiembre (García *et al.*, 2005).

3.4. Diseño experimental

El ensayo se estableció en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y 20 tratamientos, en los que la unidad experimental consistió en 1 surcos de 3 m de longitud y 0.75 m de ancho.

3.5. Labores realizadas

3.5.1. Preparación del terreno

Las actividades realizadas para la preparación del lote experimental, se describen en el Cuadro

Cuadro 1. Labores culturales realizadas en el ciclo primavera-verano de 2018 en el campo experimental UAAANUL.

Actividad	Propósito
Barbecho Arado de discos	Se realizó el barbecho, con el fin de romper la capa superficial del suelo y así incorporar materia orgánica y romper ciclos biológicos de plagas y enfermedades.
Rastreo Rastra	Se realizó un paso de rastra, con el fin de romper terrones y volver el terreno más apropiado para la nivelación y posterior siembra.
Nivelación Equipo de nivelación con rayo láser.	La nivelación posteriormente nos facilitó el riego del cultivo, permitiendo un riego uniforme.
Cuadrar el terreno Cinta métrica, cal y estacas.	Se cuadró el terreno, marcando con cal puntos de guía para la definir los surcos.

3.5.2 Siembra

La siembra se realizó en seco de manera manual, a una densidad de 50,000 plantas por ha⁻¹.

3.5.3 Riego

La aplicación de riegos fue por cintilla. Se realizaron once aplicaciones.

3.5.4 Fertilización

El fertilizante que se uso fue ácido fosfórico (H₃PO₄) (0-52-00) y sulfato de amonio a través del sistema de riego y la dosis aplicada durante el ciclo vegetativo del cultivo fue de 180-100-0.

3.5.4 Control de plagas

El control de plagas se describe en el cuadro

Cuadro 2 Control químico realizado en el ciclo primavera-verano de 2018 en el campo experimental UAAANUL.

Insecto plaga	control
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Se realizó una aplicación de clorpirifos granulado, después dos aplicaciones de clorpirifos líquido en dosis de .5 l/h.
<i>Sitobium avenae</i>	Para control de pulgón Se aplicó clorfenapir
<i>Oligonychus pratensis</i>	Para control de araña roja se hicieron dos aplicaciones de abamectina en una dosis de .5 l/h.

3.5.5 Control de malezas

El control de malezas se describe en el Cuadro 3

Cuadro 3. Control químico y manual realizado en el ciclo primavera-verano de 2018 en el campo experimental UAAANUL.

Control de malezas	
Químico	Para control de maleza se aplicó un herbicida pre-emergente con ingrediente activo Atrazina 6-cloro-N2-etil-N4,supropil1,2,5 triazina – 2,4-diamina. Dosis recomendada 5 l/h.
Manual	Se dieron dos aporques de tierra a la planta a azadón, lo cual redujo la maleza no obstante se realizó un último deshierbe con azadón.

3.6 Variables evaluadas

Las variables medidas fueron:

3.6.1 Rendimiento de grano (RG)

Se cosecharon 3 metros de la parcela experimental se midió el contenido de humedad, se pesó, posteriormente el rendimiento se determinó con la siguiente fórmula.

$$RG*PG*CSC*\frac{FH}{100}$$

donde: RG rendimiento de grano, PG: peso de grano, CSC: constante de la superficie cosechada y FH: factor de humedad.

3.6.2 Constante de la Superficie cosechada (CSC):

La superficie cosechada fue determinada con la siguiente fórmula:

$$SC=\text{Número de surcos}*\text{Largo de surco cosechado}*\text{Ancho de surco cosechado}$$

Dónde: SC : superficie cosechada.

3.6.3 Longitud de mazorca (LMZ)

Esta variable se midió con una regla de 30 cm, tomando la distancia desde la base hasta el ápice de la mazorca y se clasifico usando una escala del uno al nueve.

3.6.5 Diámetro de mazorca (DMZ)

Con ayuda de un vernier se midió la parte media de 3 mazorcas y se clasifico en una escala del uno al nueve.

3.6.6 Número de hileras por mazorca (NH)

Tomando de muestra 3 mazorcas al azar, se contabilizaron las hileras una por una.

3.6.7 Altura de planta (AP)

Se seleccionaron 3 plantas al azar de cada parcela, se midió desde la superficie del suelo hasta el ápice de la espiga con ayuda de un estadal de 4 metros de altura graduado en centímetros.

3.6.8 Granos por hilera (GH)

Se tomaron 3 mazorcas al azar, y de las mismas se contabilizaron tres hileras de cada una.

3.6.9 Peso de mil semillas (PMS)

Se desgranaron todas las mazorcas de las 3 repeticiones, tomando posteriormente 8 repeticiones de 100 semillas y se pesaron. Se determinó el peso medio de cada una de las muestras.

3.7 Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza conjunto de todas las variables, el diseño utilizado fue de bloques al azar con 20 tratamientos y tres repeticiones.

$$Y_{ij}: \mu + H_i + R_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: μ =media general, H_i =efecto del *i*-ésimo híbridos, R_j = efecto de la *j*-ésima repetición y ε_{ij} =error experimental

Para la comparación de medias entre las variables se aplicó la prueba de diferencia mínima significativa al 0.5 de probabilidad. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, Institute Inc, 2004).

IV.-RESULTADOS Y DISCUSION

Se analizaron variables de altura de planta y componentes que influyen de manera directa en la expresión de rendimiento (Cuadro 4.1).

Se detectaron diferencias significativas en rendimiento (RG), peso de mil semillas (PMS), longitud de mazorca (LMZ), diámetro de mazorca (DM) y en granos por hilera (GH), excepto para el número de hileras por mazorca (NHM) y altura de planta (AP).

Los coeficientes de variación exhibido por la mayoría de las variables evaluadas, a excepción del Rendimiento de grano (RG), se encuentran dentro del rango acepto por Pimentel (1985) quien señala que normalmente en los ensayos agrícolas de campo los CV se consideran bajos cuando son inferiores a 10%; medios de 10 a 20%, altos cuando van de 20 a 30% y muy altos cuando son superiores a 30%.

En el rendimiento de grano (RG) el coeficiente de variación fue elevado debido tal vez o posiblemente a la variabilidad experimental y manejo de datos del ensayo.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios del análisis de varianza de variables agronómicas y componentes de rendimiento de grano

FV	GL	RG	PMS	LMZ	DM	NHM	AP	GH
Gen	19	20.32**	2138.61**	16.03**	0.40**	3.60ns	0.06ns	145.00**
Rep	2	0.16ns	348.32ns	2.29ns	0.17ns	0.35ns	0.12ns	1.58ns
Error	38	6.20	288.81	3.2562	0.10	1.94	0.03	16.76
Total	58							
C.V		33.48	5.51	11.08	8.00	10.11	10.93	11.64

*, ** = niveles de significancia al 0.05 y 0.01, respectivamente; ns = no significativo; gL = Grados de libertad; RG= Rendimiento de grano; PSEM = Peso de semillas; LMZ = Longitud de la mazorca; DM = Diámetro de la mazorca; NHM= Número de hileras en la mazorca; AP= Altura de planta; GH=Granos por hilera.

Promedio de variables agronómicas y componentes de rendimiento de grano.

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de valores promedio de las variables evaluadas en cada uno de los genotipos.

Se identificaron diez genotipos sobresalientes del grupo de cruzas para rendimiento de grano (RG). Los de mayor peso de grano fueron las cruzas 7x60, 2x60 y 4x7 con 10.84, 10.30 y 9.85 toneladas por hectárea, respectivamente. El de menor rendimiento fue el progenitor 3 con 1.65 toneladas por hectárea. Se observa también que las cruzas superaron a los progenitores.

El rendimiento de grano (RG) mostró valores que de 7.51 a 10.84 t ha⁻¹, similares a los encontrados por Hernández y Esquivel *et al.* (2004) en un

estudio de 38 cruzas formadas a partir de material criollo de maíz, quienes señalan que este germoplasma puede poseer alelos diferentes y así ampliar la diversidad genética disponible, lo que permitiría desarrollar nuevos patrones heteróticos.

El peso de mil semillas (PMS) de las cruzas fueron superior a los progenitores, a excepción de la cruza 2x3, donde su comportamiento fue menor en comparación de las demás. Los mayores pesos fueron en las cruzas 7x60, 2x60 y 4x7 con valores que oscilaron de 224 a 243 g. Alizaga (1990) encontró diferencias significativas en el PMS de frijol, entre los cultivares Río Tibagí y Turrialba- 4, esta diferencia se atribuyó al factor genético.

En longitud de mazorca (LMZ) los tratamientos fueron diferentes estadística y matemáticamente entre ellos, Las cruzas 3x60, 2x60 y 2x7 presentaron una (LMAZ) superior a la media, con valores de 19.22, 18.83 y 18.72 cm, estas cruzas también se ubicaron en el grupo de mayor rendimiento de grano (RG). Al respecto Reyes (1990) afirma que la LMAZ es un carácter de gran importancia por ser un elemento correlativo con el rendimiento de grano y que estos caracteres se ven sumamente afectados por las condiciones ambientales

Las cruzas 7x60, 5x60 y 3x60 reflejaron un DMAZ mayor a los demás genotipos, con valores que van desde 4.68 a 4.57 cm, se observa que estos genotipos se ubican también en el grupo de mayor rendimiento de grano.

Saldaña y Calero (1991) indican que el DMAZ está relacionado directamente con la LMAZ y es un buen indicador para medir el rendimiento.

El número de hileras por mazorca entre los genotipos seleccionados alcanzó valores que van de 15 a 17, que en forma general se consideran bajos debido nuevamente a la forma de la mazorca que no permite tener más hileras; además, las razas involucradas en estos materiales poseen valores bajos en estos caracteres.

El número de hileras por mazorca entre los genotipos seleccionados alcanzó valores que van de 15 a 17, que en forma general se consideran bajos debido nuevamente a la forma de la mazorca que no permite tener más hileras; además, las razas involucradas en estos materiales poseen valores bajos en estos caracteres.

El número de hileras por mazorca (NHM) entre los genotipos seleccionados alcanzó valores que van de 16 a 11, que en forma general se consideran bajos de acuerdo con Hernández y Esquivel (2004) quienes reportan valores de 15 a 17 hileras en un estudio de 38 cruzas formadas entre material criollo de maíz; y señalan que debido a la forma de la mazorca no se permite tener más hileras.

En lo que respecta a la variable de altura de planta (AP) no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los genotipos. Se mostraron valores que van de 2.03 a 1.48 m. La cruce 2x3 no supero a sus progenitores, contrario a los demás genotipos. En general estos valores son aceptables ya que la tendencia actual en el mejoramiento de maíz es obtener materiales de porte

bajo con una mayor tolerancia al acame y que puedan ser cosechados mecánicamente (Hernández y Esquivel, 2004).

Las cruzas 4x5, 2x60, 7x60 presentaron el mayor número de granos por hilera (GP) con valores de 45, 42 y 41, respectivamente. Superando a la media general. Sin embargo el progenitor 60 fue menor en esta variable con un valor de 23 granos por hilera. Por lo cual, es posible que esta variable este influenciada por el efecto del genotipo y por la densidad de siembra utilizada particularmente en este estudio (Borroel *et. al.*; 2018).

Cuadro 4.2 Comparación de medias de variables agronómicas y componentes de rendimiento de grano.

GEN	RG	NMZ	LMZ	DMZ	NH	AP	GH	PMS
2x3	5.46abc	12ab	15.97abcd	4.20abc	13b	1.65a	33abcde	308.29abcde
2x5	8.70abc	12ab	18.18ab	4.48ab	13ab	1.76a	39a	331.46abc
2X7	8.54abc	11ab	18.72a	4.30ab	13ab	1.66a	41a	301.71abcdef
2x60	10.30ab	17a	18.83a	4.36ab	14ab	1.72a	42a	296.17bcdef
3x4	8.22abc	12ab	16.45abcd	4.37ab	14ab	1.73a	37abcd	325.20abc
3x5	8.07abc	14ab	15.36abcd	4.43ab	14ab	2.03a	36abcd	322.04abcd
3x7	9.14abc	13ab	18.34a	4.38ab	14ab	1.90a	37abcd	347.33ab
3X60	9.37abc	12ab	19.22a	4.57ab	13ab	1.93a	45a	355.12a
4x5	9.31abc	12ab	17.03abcd	4.57ab	15ab	1.85a	39ab	322.25abcd
4x7	9.85ab	12ab	18.40a	4.53ab	14ab	1.76a	39a	330.21abc
4x60	7.51abc	14ab	17.82abc	4.14abc	13ab	1.77a	41a	306.15abcdef
5x7	8.80abc	12ab	17.88abc	4.55ab	16ab	1.91a	41a	316.45abcde
5x60	9.07abc	12ab	14.56abcd	4.59ab	15ab	1.86a	37abcd	296.75bcdef
7x60	10.84a	15ab	17.81abc	4.68a	15ab	1.87a	41a	338.50abc
2	6.54abc	6b	14.13abcd	3.68abc	12ab	1.52a	38abc	244.37f
3	1.65c	6b	11.66d	3.24c	11b	1.48a	26bcde	260.12ef
4	2.67bc	8ab	14.08abcd	3.63bc	13ab	1.84a	23e	261.50ef
5	3.17abc	8ab	15.23abcd	4.34ab	15ab	1.64a	25cde	290.87bcdef
7	7.32abc	10ab	12.54bcd	4.35ab	15ab	1.68a	24de	283.83cdef
60	4.47abc	9ab	12.42dc	3.88abc	14ab	1.51a	23e	265.08def
MEDIA	7.43	11.56	16.27	4.27	13.8	1.75	35.16	308.38
DMS	7.88	9.22	5.71	1.02	4.42	0.60	12.96	1.78

Los valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales (DMS = 0.05 %); RG= Rendimiento de grano; PSEM = Peso de semillas; LMZ = Longitud de la mazorca; DM = Diámetro de la mazorca; NHM= Número de hileras en la mazorca; AP= Altura de planta; GH=Granos por hilera.

V.- CONCLUSIONES

-Existen líneas progenitoras que pueden ser importantes en la generación de nuevos híbridos para la región de La Comarca Lagunera.

-Las cruzas 7x60, 2x60, 4x7 fueron las más sobresalientes por su capacidad de mayor rendimiento de grano.

-La adaptación del material probado en la región, es satisfactoria, por lo que podría explotarse nuevos patrones heteróticos que pueden ayudar a superar los techos en rendimiento y en otros caracteres importantes.

VI.- BIBLIOGRAFIA

Alizaga, R. 1990. Alteraciones fisiológicas y bioquímicas en semillas de tres cultivares de *Phaseolus vulgaris* de alto y bajo vigor inducido. Agron. Costarricense. 14 (2): 162-168.

Allard R W (1980) principios de la mejora genética de las plantas. Editorial EOSA. España. 498 p.

Aragón C F, S Taba, J M Hernández C, J D Figueroa C, V Serrano A, F H Castro (2006) Actualización de la Información sobre los Maíces Criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Libro Técnico No. 6. 345 p.

Arellano V.J.L. 1976. Obtención de variedades de maíz de~ polinización libre para áreas de temporal de los Valles Altos de Puebla. Tesis Profesional. Chapingo, Méx.

Bazaldúa R.J.A. 1978. Evaluación de 26 colectas de maíz • (*Zea Mays*) de las zonas bajas del Estado de N.L. en Marín, N.L. Verano 1977. Tesis Profesional UANL, Monterrey, N.L.

Borroel G, V. J., Salas P, L., Ramírez Aragón, M. G., López Martínez, J. D., & Luna Anguiano, J. (2018). Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 423-429.

Cantú G.J.L. 1977. Evaluación de 36 colectas de maíz (*Zea mays* L.) criollo de las zonas bajas del Estado de N.L. Gral. Escobedo, N.L. Primavera 1976. Tesis Profesional. UANL. Monterrey, N. L.

Casillas, J. M. H., & Esquivel, G. E. (2004). Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(Es1), 27-31.

Davis, R. L. 1934. Maize crossing values in second generation lines. *J. Agr. Res.* 48: 339-357.

De la Loma J.L. 1963. Genética general y aplicada. Ed. U.T.E.H.A. 3a. edición México.D.F.

De León CH, Rincón-Sánchez F, Reyes-Valdez HM, Sámano-Garduño D, Martínez-Zambrano G, Cavazos-Cadena R, Figueroa-Cárdenas JD (2005) Potencial de rendimiento y estabilidad de combinaciones germoplásmicas formadas entre grupos de maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(2): 135-143.

Espinosa C A, A Turrent (2000) QPM: Maíz de Calidad Proteínica. Énfasis. Alimentos, Tecnología, Empaque. México 1:6-13.

Esquivel, E. G.; Castillo, G. F.; Hernández, C. J. M.; Santacruz, V. A.; García, D. los S. G.; Acosta, G. J. A. y Ramírez, H. A. 2011. Heterosis en maíz del altiplano de México con diferente grado de divergencia genética. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 2(3):314-344.

Falconer D S (1981) Introducción a la Genética Cuantitativa. F. Márquez S. (trad). Nueva edición. CECSA. México. 383 p.

Galarza S. M., Ángeles H. H. A., y Molina G. J. D, (1973). Estudio 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 11:121-139.

Garcia C.J. 1973. Primeros dos ciclos de selección masal modificada para la formación de sintéticos en una variedad criolla de maíz (*Zea mays* L.) Tesis Profesional UANL. Monterrey, N.L.

García Hernández L. A., Aguilar Valdez A., Luévano González A., Cabral Martell A. 2005. La globalización productiva y comercial de la leche y sus derivados. Articulación de la ganadería intensiva lechera en la comarca lagunera. Plaza y Valdez editores. Manuel María Contreras No.73, col San Rafael. México D.F. p 146.

Garza W.F. 1980. Evaluación de 26 colectas de maíz (*Zea mays* L.) de las zonas bajas del Estado de N.L. en Marín, N.L. Verano 1977. UANL. Monterrey, N.L.

Gómez, M., Latournerie, L., Arias, L., Canul, J., Tuxill, J. 2004. Sistema informal de abastecimiento de semillas de los cultivos de la milpa de Yaxcabá, Yucatán En: Manejo de la Diversidad de los Cultivos en los Agroecosistemas Tradicionales. Chávez, J., Tuxill, J., Jarvis, D. (eds). Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp. 150-156.

González Castro M.E., Palacios Rojas N., Espinoza Banda A. y Bedoya Salazar C.A. 2013. Diversidad genética en maíces nativos mexicanos tropicales. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 Supl. 3-A: 329 - 338.

Gutiérrez, del R.E., A. Espinoza B., A. Palomo G., J. Lozano G. y O. Antuna G. (2004). Aptitud combinatoria de híbridos de maíz para la comarca Lagunera. Revista Fitotecnia Mexicana 27 (Núm. Especial 1): 7-11.

Hallauer A R (1999) Temperate maize and heterosis. In: Genetics and Exploitation of Heterosis. J G Coors, S Pandey (eds). ASA-CSSACIMMYT. Madison, WI. pp:353-361. México. 51 p.

Hammer K (2003) A paradigm shift in the discipline of plant genetic resources. Genetic Resources and Crop Evolution 50:3-10.

Hernández X.E. y Alanís G. 1970. Estudio morfológico de 5 nuevas razas de maíz de la Sierra Madre Occidental de México; Implicaciones Filogenéticas y Fitogeográficas. Agrociencia Vol. 5, No.1 Chapingo, M-x.

He-rnán-de-z, Jm; Esquivel, g. 2004. Rendimiento de grano y características agronómicas en germoplasma de maíz de valles altos de México. Revista Fitotecnia mexicana 27:27-31.

Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, R. A. Bye (2009), Origen y diversificación del maíz. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 116.

Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, R. A. Bye (2009), Origen y diversificación del maíz. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 116.

Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, R. A. Bye (2009), Origen y diversificación del maíz. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 116.

Márquez S F, (1988). Genotecnia vegetal. Tomo II. Primera edición. Editorial AGTESA. México. P 563

Márquez S F, L Sahagún, J A Carrera, E Barrera (2000) Retrocruza limitada para el mejoramiento de maíces criollos. Universidad Autónoma Chapingo. C12.

Mejía C.J.A. 1976. Evaluación de maíces criollos de temporal en el Estado de Yucatán. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.

Mejía C.J.A. 1976. Evaluación de maíces criollos de temporal en el Estado de Yucatán. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.

Mera-Ovando L M, C Mapes-Sánchez (2009) El maíz. Aspectos biológicos. In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:19-32.

Misévic D (1990) Genetic analysis of crosses among maize populations representing different heterotic patterns. *Crop Sci.* 30:977-1001

Muñoz-Romero L.A., Navarro-Guerrero E., De la Rosa-Ibarra M., Pérez-Romero L., Caamal-Dzul A.E. 2017. Estimación de varianzas genéticas en ocho variedades criollas de maíz para el Bajío mexicano. *Agron. Mesoam.* 28(2):455-464.

Ortega P.R. 1973. Variación en maíz y cambios socioeconómicos en Chiapas, México. 1946-1971. Tesis M.C.C.P. Chapingo, México.

Pimentel, F. 1985. Curso de estadística experimental. Livraria Nobel S.A., São Paulo, Brasil.

Reyes, C.P. 1990. El maíz y su cultivo. 3ª edición. AGT Editor. México, D.F. 460 p.

Robles S.R. 1975. Producción de granos y forrajes. Ed. LIMUSA, México, D.F.

Ron P J, J J Sánchez G, A A Jiménez C, J A Carrera V, J G Martín L, M M Morales R, L De La Cruz L, S A Hurtado De La P, S Mena M, J G Rodríguez F (2006) Maíces Nativos del Occidente de México. I Colectas 2004. *Scientia-CUCBA* 8:1139.

Saldaña, F. y M. Calero. 1991. Efecto de la rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de las malezas en los cultivos de maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) y pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua. 63 p.

Sprague G F, L A Tatum (1946) General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Agron. J.* 34:923-932.

Statistical applied system. SAS Institute Inc. 2004. SAS/ STAT 9.1 User's Guide Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 5121 p.

Wellhausen E.J. 1965. Germoplasma exótico para el mejoramiento del maíz en los Estados Unidos. Folleto de CIMMYT. México, D.F.

Wellhausen E.J. et al. 1958. Razas de maíz en la América Central. Folleto técnico No. 31. Oficina de Estudios Especiales, SAG. México, D.F.