



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

PRODUCTIVIDAD DE HÍBRIDOS DE MAÍZ DE LA UNAM
E INIFAP, EN TRES DENSIDADES DE POBLACIÓN, EN
DOS LOCALIDADES DE VALLES ALTOS DE MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
AGRÍCOLA

P R E S E N T A:
MEJÍA DIEGO GERARDO MIRIEL.

ASESOR: DR. ALEJANDRO ESPINOSA CALDERÓN
COASESOR: M.C. FRANCISCO SEBASTIÁN MARTÍNEZ
DÍAZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A Dios por permitirme culminar con esta etapa, no ha sido fácil llegar hasta aquí pero siempre he decidido creer que las cosas tarde o temprano resultan.

A mis abuelos porque sin ellos esto no hubiera sido posible, le agradezco infinitamente a Dios y a la vida dejarme en sus manos porque me han enseñado a ser una persona de principios y valores, porque me han demostrado que la humildad y el trabajo te pueden llevar a lograr lo que te propongas, gracias por apoyarme siempre a pesar de todas las adversidades, espero que la vida me permita devolverles aunque sea un poquito todo lo que me han dado.

A toda mi familia; mamá, tíos, primos, hermanos... esto no lo hubiera logrado sin el apoyo incondicional que me han brindado siempre, desde escucharme hasta apoyarme con lo que en sus posibilidades ha estado, estoy convencido de que este sueño hecho realidad es en gran medida fruto de los lazos que siempre nos han unido, gracias por tanto familia, los quiero infinitamente.

Agradecimientos

A mi alma mater, a la mejor universidad de Latinoamérica, la Universidad Nacional Autónoma de México por darme la mejor etapa de mi vida, por permitirme ver más allá de cualquier horizonte, por permitirme formarme como profesionista y como persona.

A la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán por alojarme en sus aulas, en sus pasillos, en sus laboratorios y sobre todo en sus canchas, el equipo representativo de esta facultad me permitió portar sus colores y defenderla en innumerables lugares, gracias por darme emociones, momentos y amigos invaluable.

Al programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) Clave: IT200122, por los recursos económicos para la investigación.

A la carrera de Ingeniería Agrícola, a los profesores que formaron parte de mi formación y en especial a aquellos que mas que enseñar para aprobar enseñan para vivir.

Al Dr. Alejandro Espinosa Calderón por seleccionarme como Ayudante de Investigador Nacional Nivel III del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras del Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (SNII - CONAHCYT), y contar con una beca para concluir mis estudios.

Al doctor Alejandro Espinosa Calderón y la doctora Margarita Tadeo Robledo por invitarme a colaborar en esta área de investigación.

Al M.C. Francisco Sebastián Martínez Díaz por su apoyo en la asesoría del presente trabajo.

Al Dr. Homero Alonso Sánchez por el apoyo brindado para el análisis estadístico.

A los miembros de mi jurado, Dr. Alejandro Espinosa Calderón, Dr. Julio César Corzo Sosa, Ing, Israel Arteaga Escamilla, M. en C. Nancy Berenice Martínez Valles y Dra. Consuelo López López, por la revisión del trabajo escrito, por sus comentarios y observaciones.

Al equipo de trabajo del laboratorio de Producción y Tecnología de granos y semillas, a mis estimados amigos, Ing. Israel Arteaga y Carlos Ortega, gracias por tantos buenos momentos de trabajo y de esparcimiento.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE TABLAS	iii
RESUMEN.....	iv
I. Introducción	1
1.1 Objetivos	5
1.1.1 Objetivo general.....	5
1.1.2 Objetivo particular.....	5
1.2 Hipótesis.....	5
II Revisión de la literatura.....	6
2.1 Maíz	6
2.1.1 Origen	6
2.1.2 Importancia	7
2.2 Descripción botánica	8
2.2.1 Tallo	8
2.2.2 Inflorescencia	8
2.2.3 Hojas.....	8
2.2.4 Raíz	8
2.3 Producción.....	9
2.3.1 Mundial	9
2.3.2 Nacional.....	10
2.3.3 Valles Altos	11
2.4 Componentes del rendimiento de grano	11
2.4.1 Efectos de la densidad de población en el rendimiento.....	12
2.5 Híbridos de maíz.....	13
2.5.1 Mejoramiento genético.....	14
2.5.2 Tipos de híbridos de maíz.....	14
III Materiales y métodos	16
3.1 Ubicación.....	16
3.2 Material genético	17
3.3 Diseño experimental	17
3.4 Análisis estadístico	18

3.5 Establecimiento del cultivo y manejo agronómico	18
3.6 Variables evaluadas.....	19
3.6.1 Rendimiento	19
3.6.2 Floración masculina.....	20
3.6.3 Floración femenina.....	20
3.6.4 Altura de planta.....	20
3.6.5 Altura de la mazorca	20
3.6.6 Mazorcas buenas.....	20
3.6.7 Mazorcas malas.....	20
3.6.8 Peso volumétrico.....	21
3.6.9 Sanidad de mazorca	21
3.6.10 Peso de 200 granos	21
3.6.11 Longitud de mazorca:.....	21
3.6.12 Hileras por mazorca: s.....	21
3.6.13 Granos por hilera.....	21
3.6.14 Diámetro de mazorca.....	21
3.6.15 Diámetro de olote	22
3.6.16 Granos por mazorca	22
IV Resultados y discusión	23
V Conclusiones.	35
VI. Literatura citada.	37

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de maíz.	9
Cuadro 2. Principales estados productores de maíz en México.	10
Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística obtenida en el análisis de varianza combinado, para rendimiento y las variables evaluadas en los híbridos de maíz blanco durante el ciclo Primavera - Verano 2022.	26
Cuadro 4. Comparación de medias entre ambientes obtenida para rendimiento y otras variables evaluadas en los híbridos de maíz blanco de la UNAM e INIFAP, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.	28
Cuadro 5. Comparación de medias entre genotipos obtenida para rendimiento y las variables evaluadas en los híbridos de maíz blanco evaluados en dos ambientes, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.	26
Cuadro 6. Comparación de medias entre densidades de población, para rendimiento y las variables evaluadas en cinco híbridos de maíz blanco de UNAM e INIFAP, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.	30
Cuadro 7. Diferencias significativas en floración femenina y rendimiento en la interacción genotipo x ambiente.	31
Cuadro 8. Diferencia significativa de floración femenina, peso volumétrico y granos por hilera en la interacción densidad x ambiente.	32
Cuadro 9. Diferencia significativa de peso volumétrico en la interacción genotipo x densidad.	33
Cuadro 10. Diferencia significativa de altura de planta en la interacción ambiente x genotipo x densidad.	34

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de híbridos de maíz.	15
Tabla 2. Híbridos utilizados en el experimento.	17

RESUMEN

Por su producción el cultivo de maíz es el más importante a nivel mundial, ya que se cosechan 1200 millones de toneladas cada año. En México el maíz es el cultivo más relevante por su importancia económica, social y cultural. A nivel nacional este cultivo se produce en diferentes regiones y en ambientes agroecológicos muy variados, la superficie destinada a la siembra de este cultivo es de 7.3 millones de hectáreas, siendo el cultivo con mayor superficie destinada a la producción. La región de los Valles Altos de México está ubicada entre los 2200 a 2600 msnm. comprende los estados de Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Michoacán, Morelos, Estado de México y la Ciudad de México. En esta región como en las demás, es necesario evaluar variedades de maíz para definir aquellas más productivas bajo diferentes ambientes, y de esta manera recomendar las mejores opciones que expresen las mejores respuestas diferenciadas, frente a condiciones ambientales distintas, para el beneficio de las y los productores. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), han trabajado en el mejoramiento genético y semillas de maíz, desde 1992, producto de estas actividades, ha permitido la evaluación y liberación de híbridos y variedades de maíz. Es necesario evaluar y definir nuevos híbridos que respondan adecuadamente a las necesidades de ambientes agroecológicos como los Valles Altos de México, con la intención de avanzar hacia la suficiencia y soberanía alimentaria. El objetivo de la investigación fue determinar la productividad de grano de maíz blanco de cinco híbridos de UNAM y de INIFAP bajo tres densidades de población en dos localidades diferentes de Valles Altos de México.

Se establecieron dos ensayos experimentales en dos localidades del estado de México, la primera en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, campo 4 y la segunda en San Mateo, municipio de Amanalco. Se sembraron cinco genotipos diferentes, desarrollados y liberados por la UNAM e INIFAP, los cuales se establecieron bajo tres densidades de población durante el ciclo primavera-verano 2022. Se evaluaron y registraron distintos parámetros necesarios para determinar la productividad de cada híbrido bajo las condiciones descritas. Se realizó un análisis de varianza combinado en el programa estadístico SAS versión 9.4, donde las fuentes de variación fueron ambientes (A), genotipos (G), densidades de población (D), bloques y sus diferentes interacciones, A x G, A x D, G x D y G x D x A. Los resultados de los análisis mostraron rendimientos estadísticamente similares. En la presente investigación, se obtuvieron las conclusiones siguientes:

Los cinco híbridos evaluados en los dos ambientes y bajo las tres densidades de población mostraron rendimientos similares estadísticamente, El mayor rendimiento lo obtuvo el híbrido experimental H 55 AE con una productividad de 8.25 t ha⁻¹, en segundo lugar el genotipo H 50, con un rendimiento promedio de 8.21 t ha⁻¹, seguido del material Atziri Puma, un promedio de 8.11 t ha⁻¹; el híbrido Centli Puma, presentó un rendimiento de 7.68 t ha⁻¹ y finalmente el híbrido experimental H 49 AE, tuvo una productividad de 7.26 t ha⁻¹.

H 50, aun cuando ya es de dominio público y tiene 26 años de haberse liberado, superó en 13% al H 49 AE y en 6.9 % a Centli Puma, que si bien no fue significativo, conviene evaluar nuevamente a estos híbridos con mayor número de repeticiones.

Se considera una capacidad favorable, de acuerdo con las condiciones que prevalecieron en el ciclo de evaluación y las fechas de siembra, que fueron tardías.

Los resultados de este trabajo muestran que las instituciones públicas en mejoramiento genético ofrecen alternativas para aumentar la productividad y rentabilidad de los productores de maíz, dentro de los Valles Altos de México.

Para los genotipos y condiciones ambientales de ambas localidades, se recomienda usar una densidad de población de 70 mil plantas por hectárea, bajo la cual, los híbridos expresaron buena productividad.

En ambos ambientes de prueba el comportamiento de los materiales fue similar, sin embargo, las interacciones entre A x G, A x D, G x D y G x D x A, influyeron para que otras variables se comportaran de manera distinta, por lo que conviene realizar otros trabajos de investigación sobre grano, semilla o forraje en otras localidades.

I. Introducción

El maíz es originario de México, y es el cultivo más importante a nivel mundial, ya que se cosechan cada año 1200 millones de toneladas alrededor del mundo. La importancia en la alimentación para México es fundamental, debido a que su consumo *per cápita* es de 331.9 kg por persona por año, en el país se consumen cada día alrededor de 300 millones de tortillas, lo que implicaría una media de casi tres tortillas por cada mexicano o mexicana. Por lo que es el grano pilar de la alimentación, junto con el frijol, calabaza, chile, quelites, etc., para el consumo de tortillas se requieren 14 millones de toneladas, cada año de maíz blanco y el país produce 27 millones de toneladas, por lo que es suficiente para la alimentación de los mexicanos (SADER, 2020). Lo anterior es importante porque se emitieron Decretos Presidenciales, publicados el 31 de diciembre de 2020 (DOF, 2020) y 13 de febrero de 2023 (DOF, 2023), que señalan que las tortillas en México deben elaborarse con grano de maíces no transgénicos, es decir se limita el consumo de grano de maíz transgénico en la alimentación directa de la población, así como el uso de las semillas transgénicas de maíz y glifosato en la agricultura

El Decreto Presidencial (DP), permite la importación de grano transgénico para usos pecuarios y subproductos, por lo que no hay afectación comercial hacia los Estados Unidos, hasta que el país logre la autosuficiencia en la producción total aparente del grano (45 millones de toneladas). Este volumen podría producirse, aprovechando superficies ganaderas con el proyecto “Granos del sur”, con este último se aportarían 16 millones de toneladas de grano amarillo, en el ciclo de otoño invierno en el sur sureste de México, y con ello se avanzaría hacia la suficiencia y soberanía alimentaria. Para lo anterior, se requiere el

abastecimiento de semillas mejoradas y nativas mexicanas, que coadyuven a la sostenibilidad y productividad de maíz (Turrent *et al.*, 2012; Wise, 2023; Espinosa *et al.*, 2024).

En México el maíz es el cultivo más relevante por su importancia económica, social y cultural (SIAP, 2016). A nivel nacional este cultivo se produce en diferentes regiones y en ambientes agroecológicos muy variados, el SIAP (2022) reporta que la superficie destinada a la siembra de este cultivo fue de 7.3 millones de hectáreas, siendo el cultivo con mayor superficie destinada a la producción.

La región de los Valles Altos de México está ubicada entre los 2200 a 2600 msnm. comprende los estados de Puebla, Hidalgo, Tlaxcala, Querétaro, Michoacán, Morelos, Estado de México y la Ciudad de México (SIAP, 2022), en esta región como en las demás, es necesario evaluar variedades de maíz para definir aquellas más productivas bajo diferentes ambientes, y de esta manera recomendar las mejores opciones que expresen las mejores respuestas diferenciadas, frente a condiciones ambientales distintas, para el beneficio de las y los productores (Martínez *et al.*, 2018).

De acuerdo con Ramírez *et al.*, (2020) el Estado de México cuenta con una diversidad de 82 cultivos agrícolas registrados oficialmente, siendo el maíz el principal grano cultivado, además de ser la cuarta entidad con la mayor producción de maíz a nivel nacional (SIAP, 2020).

Para incrementar los rendimientos, las y los productores han implementado el uso de diferentes tecnologías como nuevos híbridos, el uso de maquinaria, fertilizantes, aunque los resultados en cuanto a calidad y rendimiento siguen siendo muy variables (Cruz *et al.*, 2017).

En el proceso de producción inciden diversos factores que limitan la productividad, no hay duda de que la semilla es el insumo más importante de todos en el proceso de producción, debido a que de ella depende el 60 % del éxito o fracaso en la productividad de

una parcela, entre todos los tipos de variedades en maíz (variedad nativa, mejorada, variedad sintética, híbridos varietales, híbridos simples, híbridos trilineales, híbridos dobles, variedades no convencionales, etc.), el tipo de variedad y la calidad de la semilla, repercuten en la baja o buena productividad en el cultivo, por lo que es indispensable buscar alternativas para aumentar la producción, cada una de las variedades mejoradas o nativas, expresan su potencial productivo en las condiciones en las que fueron desarrolladas y representan una oportunidad para incrementar esta productividad (Sierra *et al.*, 2016).

El aumento de la población mundial y nacional suponen un reto para la agricultura y para los volúmenes de producción, porque la demanda de los alimentos se ha incrementado, la importancia del grano en el sector económico, social, cultural, pero sobre todo en la suficiencia y soberanía alimentaria, plantea la necesidad de generar híbridos o variedades con mayor productividad. (Espinosa *et al.*, 2008, en San Juan, 2022).

Aun con la alta relevancia del cultivo por todo lo que representa la baja productividad de este sigue siendo un problema, al año 2020 el SIAP reporta que a nivel nacional el rendimiento fue de 3.83 toneladas por hectárea.

México consume maíz a un ritmo mayor del que lo produce dependiendo cada vez más de las importaciones de países como Estados Unidos y Brasil (CIMMYT, 2019), por lo que es urgente incrementar la producción y contar con variedades que presenten mayor productividad (Espinosa *et al.*, 2022).

Ante esta situación la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), han trabajado en el mejoramiento genético y semillas de maíz, desde 1992, producto de estas actividades, ha permitido la evaluación y liberación de manera continua en diferentes años, de híbridos y variedades de grano blanco,

amarillo, azules, palomeros, los cuales reportan características específicas y rendimientos potenciales que representan alternativas para elevar la producción en los Valles Altos de México (Martínez *et al.*, 1999; Espinosa *et al.*, 2003; Tadeo y Espinosa, 2003; Tadeo *et al.*, 2004; Tadeo *et al.*, 2016; Canales, 2018).

Se continúa con la necesidad de determinar la productividad de nuevos híbridos en distintas localidades, con la finalidad de definir que genotipos pueden representar una alternativa para obtener altos volúmenes de producción para la zona y de esta manera ofrecer a las y los productores, maíces más productivos adaptados a diferentes condiciones ambientales.

1.1 Objetivos.

1.1.1 Objetivo general.

- Determinar la productividad de grano de maíz blanco de cinco híbridos de UNAM y de INIFAP bajo tres densidades de población en dos localidades diferentes de Valles Altos de México.

1.1.2 Objetivo particular.

- Definir al mejor híbrido de maíz, con mayor rendimiento en dos localidades de evaluación de Valles Altos.
- Identificar la densidad de población bajo la cual se obtienen los mejores rendimientos de híbridos de maíz en dos localidades de Valles Altos .

1.2 Hipótesis.

Entre los híbridos evaluados el rendimiento de grano es diferencial y está relacionado con la densidad de población, la densidad de población más alta presentará un mayor rendimiento.

II Revisión de la literatura

2.1 Maíz

2.1.1 Origen

El origen del maíz no ha sido sencillo de rastrear porque la mazorca es única entre los cereales y fue difícil explicar como una espiga de teocintle pudo dar origen y evolucionar a una compleja mazorca aun considerando la influencia de la selección humana (Serratos, 2009).

Basándose en la evidencia genética, el proceso de domesticación del maíz comenzó hace aproximadamente 9000 años en el sur de México, identificándose al teocintle como ancestro único del maíz cultivado (Coletto *et al.*, 2017).

Esta selección y complejo proceso se llevó a cabo en la antigua Mesoamérica un sitio de domesticación de plantas de relevancia económica actual, sobre todo por el maíz. Es entonces en México donde se ubica el centro de origen del maíz así como de otras 225 especies vegetales cultivables (Kato *et al.*, 2009). El origen y domesticación del maíz tiene como protagonistas a los pueblos mesoamericanos, donde se consideró un elemento muy importante dentro de la cosmovisión, dando como resultado de este proceso a aproximadamente 250 pueblos, con el mismo número de diferentes lenguas que habitaban un amplio territorio con condiciones diferentes y de una gran diversidad de ambientes unidos alrededor del cultivo del maíz, las distintas variedades de maíz que existieron en Mesoamérica y los múltiples sistemas empleados para su producción, dan testigo de la apreciación que se tuvo de la planta y el lugar que ocupó en la historia a las culturas que se extendieron a lo largo y ancho del territorio (Carrillo, 2010).

2.1.2 Importancia

Desde el punto de vista alimentario, político, económico y social, el maíz es el cultivo más importante del país (SIAP, 2007, en Fernández *et al.*, 2013).

En México este grano es el alimento que representa por excelencia las raíces de los mexicanos, el maíz conecta con la identidad y a lo largo de la historia se ha hecho presente como protagonista en un sinnúmero de mitos, libros y leyendas. Es por ello por lo que se considera sagrado siendo imprescindible en la economía, la alimentación y en la cultura (Rosado y Villasante, 2021).

La dieta de México está basada en maíz, la riqueza de la gastronomía indígena basada en este grano arroja evidencia que determina que desde la época precolombina este ha sido parte fundamental del pueblo mexicano. El maíz es el alimento básico en el país que de forma tradicional se consume en tortilla, se estima que el consumo anual *per cápita* es de 331.9 kg (SIAP, 2021), además dentro de la producción de alimentos de origen cárnico forma parte esencial de la dieta del ganado; de la misma forma el consumo productos harinizados, como las botanas procesadas, la relevancia de este cultivo alimentariamente se da por la relación que tiene con otros derivados donde se estima que existen alrededor de 4,000 productos asociados al maíz, colocando al grano como el alimento básico de la nación, convirtiéndolo al mismo tiempo en un asunto de seguridad nacional. El hecho de que nuestro país sea dependiente de las importaciones provenientes del extranjero lo coloca como un país vulnerable (Massieu y Lechuga 2002).

2.2 Descripción botánica

2.2.1 Tallo

Simple, erecto, puede alcanzar los 4 metros de altura, robusto y sin ramificaciones. Similar a una caña, presenta entrenudos y si una médula esponjosa si se realiza un corte transversal (CIBIOGEM, 2019).

2.2.2 Inflorescencia

De inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta.

La inflorescencia masculina presenta una de coloración amarilla que posee una cantidad de polen de 20 a 25 millones de granos. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. La inflorescencia femenina marca un menor contenido, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral (CIBIOGEM, 2019).

2.2.3 Hojas

Largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Están abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades, los extremos de las hojas son afilados y cortantes (CIBIOGEM, 2019).

2.2.4 Raíz

Fasciculadas, en algunos casos sobresalen nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias.

(CIBIOGEM, 2019).

2.3 Producción

2.3.1 Mundial

La FAO reporta que al año 2021 la producción mundial de este grano fue de 1 210.1 millones de toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 5.8 toneladas por hectárea en una superficie cosechada de 205 870 016 hectáreas (ha).

Se estima que estos valores de producción y de productividad por hectárea aumenten en los próximos años con una variación del 2% respecto a la superficie cosechada, además de un incremento en el rendimiento del promedio mundial de 5.3% (FIRA, 2022).

Cuadro 1. Principales países productores de maíz.

	País	Participación mundial (%)	Millones de toneladas métricas (MTM)
1	Estados Unidos	30.4	348.8
2	China	24.2	277.2
3	Brasil	10.9	125.0
4	Argentina	3.5	40.0
5	México	2.4	27.6
6	Ucrania	2.4	27.0
7	Rusia	1.2	14.0

Fuente: Adaptado de GCMA (2023).

2.3.2 Nacional

Al año 2021 el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del SIAP reportó una producción total de 27.5 MTM, con un rendimiento promedio de 3.85 toneladas por hectárea en una superficie cosechada de 7 139 620.92 ha.

A pesar de la relevancia que tiene este grano en el país la productividad sigue siendo muy baja, el promedio por hectárea está muy por debajo de los principales productores como Estados Unidos donde el rendimiento promedio por hectárea es de 11.9 toneladas (Reuters, 2022).

Cuadro 2. Principales estados productores de maíz en México.

	Estado	Participación Nacional (%)	Toneladas
1	Sinaloa	20.1	5,535,561.11
2	Jalisco	14.3	3,945,527.69
3	México	7.0	1,936,183.95
4	Guanajuato	7.0	1,929,919.25
5	Michoacán	6.9	1,907,402.71
6	Chihuahua	5.5	1,501,315.61
7	Guerrero	5.3	1,460,629.28

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, Cierre de la Producción Agrícola (2021).

Según datos del SIAP, a nivel nacional en el año 2021, el rendimiento de maíz bajo punta de riego fue de 8.9 toneladas por hectárea, mientras que la productividad en la modalidad de temporal fue de apenas 2.5 toneladas.

2.3.3 Valles Altos

Los estados de Tlaxcala, Puebla, Hidalgo, Querétaro, Michoacán, Morelos, Guanajuato, Ciudad de México y Estado de México se ubican en la región de los Valles Altos de México donde la altura sobre el nivel del mar es superior a los 2,200 metros, en estas zonas la producción por unidad de superficie es baja y es necesario incrementarla debido al constante aumento de la demanda y de la disminución de la superficie para el cultivo (Virgen *et al.*, 2016).

En la región de los Valles Altos de México se cosechan alrededor de 2 millones de hectáreas de maíz, en esta región se siembra en condiciones de punta de riego, humedad residual o temporal, donde el rendimiento promedio está estimado en cifras menores a las 3.14 toneladas por hectárea (Vázquez, 2020; Virgen *et al.*, 2016 en Espinosa *et al.*, 2022). El bajo rendimiento en estas zonas geográficas se debe principalmente a la falta del recurso hídrico en la etapa reproductiva de esta manera, la deficiencia del agua entre la floración y el llenado de grano provoca la disminución del rendimiento, el número, el peso y la calidad del grano (Vázquez *et al.*, 2012).

2.4 Componentes del rendimiento de grano

El clima y los nutrientes influyen el crecimiento del cultivo (Naresh y Singh, 2001, en Aguilar, 2015). El rendimiento productivo y el desarrollo de la planta depende directamente de que tanto o no se expresen las características genotípicas y fenotípicas y esto está determinado por la adaptabilidad de la planta a cierta zona climática (Guamán, 2020).

La baja producción en grano responde a la irregularidad en la distribución de las lluvias, heladas, granizadas, a diferentes condiciones del suelo, además del uso de variedades de bajo rendimiento, tardías y que son susceptibles al acame (María *et al.*, 2003, en Vázquez *et al.*, 2012).

Además de influir en las características físicas de los híbridos, el tamaño de grano y dureza, las condiciones de siembra y ambientales influyen de manera directa en el rendimiento (Vázquez *et al.*, 2012). El rendimiento de grano así como sus características físicas y químicas se ven afectados por la interacción entre el genotipo y el régimen hídrico (Vázquez, 2015).

Aunque se considera a la antesis como el periodo más vulnerable, el déficit hídrico durante el periodo reproductivo genera pérdidas debido a que la ausencia de agua durante el llenado de grano provoca disminución en el peso de este (Gran *et al.*, 1989, en Casiano, 2016).

2.4.1 Efectos de la densidad de población en el rendimiento.

Uno de los principales factores que contribuyen en el rendimiento del grano en maíz es la densidad de población (Quiroz, 2017). Los cambios en el rendimiento cuando se manipulan las densidades se explican en una parábola, inicialmente se puede encontrar una baja productividad la cual responde a un número limitado de plantas. Con densidades altas u óptimas se encuentra un punto en el cual la productividad alcanza un pico, una mayor densidad en el cultivo permite que la productividad aumente porque se favorece una mayor producción de biomasa (Morales *et al.*, 2014). Posteriormente se vuelve a encontrar un bajo rendimiento el cual es explicado por el estrés de la alta densidad, así como por el sombreado

durante el periodo crítico de formación de grano (Ajamnouroozi y Bohrani, 1998, en Cervantes *et al.*, 2014; Reta *et al.*, 2003).

La densidad de población está determinada por la densidad de siembra y es una de las decisiones más complejas a las que se enfrentan los agricultores al momento de planear y establecer un cultivo por lo que esta representa y por todo lo que implica, dado que la densidad repercute en el desarrollo y consecuentemente en el rendimiento. Desde el punto de vista económico una alta densidad implica una alta competencia entre plantas por lo que la demanda de insumos es mayor e involucra un alza en los costos de producción (CIMMYT, 2021).

2.5 Híbridos de maíz

Un híbrido de maíz es resultado de la cruce de dos líneas endogámicas, que genéticamente no están emparentadas, esta cruce se da cuando una planta, conocida como progenitor macho, fecunda con polen a otra planta denominada progenitor hembra, a la cual se le elimina la espiga, antes de que libere polen, para evitar que esta misma se fecunde. El resultado de esta cruce origina una semilla con características únicas que hereda tanto del progenitor macho, como de la progenitora hembra, entre estas características se destaca la el vigor híbrido, conocido como heterosis, con mayor rendimiento, a ambos progenitores, madurez específica, resistencia a enfermedades, el color del grano, la calidad de procesamiento, el desarrollo a condiciones adversas, entre otros (MacRober *et al.*, 2015).

2.5.1 Mejoramiento genético

El maíz representa a una de las especies cultivadas con mayor diversidad genética distribuida en una amplia región en la que se encuentra su centro de origen. El mejoramiento genético en este cultivo comenzó a la par de las primeras civilizaciones mesoamericanas que a través de los siglos fueron seleccionando de forma masal a aquellas plantas que mostraban mejores características externas (Gerard y Simón, 2018).

Para obtener híbridos de maíz de la forma clásica se utiliza la hibridación que es la obtención de líneas de primera autofecundación (S1), prueba temprana de las líneas S1, avance en las líneas autofecundadas, prueba de aptitud combinatoria específica (híbridos simples) y obtención de híbridos dobles o trilineales (Marqués, 2009).

El mejoramiento genético en el maíz se debe percibir como un proceso continuo donde a través de la recombinación genética se permita obtener a un material que exprese mejores características en rendimiento, calidad y tolerancia a condiciones de estrés (Eyherabide, 2006, en Gerard y Simón, 2018).

2.5.2 Tipos de híbridos de maíz.

En general se denomina híbridos o variedades mejoradas a todos los maíces que se obtienen mediante la aplicación del método de mejoramiento genético mediante técnicas de mejoramiento convencional clásico (Reyes *et al.*, 2013).

Las características de los diferentes híbridos se mencionan en la tabla 1.

Tabla 1. Tipos de híbridos de maíz.

Tipo de híbrido	Progenitor hembra	Progenitor macho	Rendimiento de grano
Simple	Línea endogámica	Línea endogámica	El más alto
Trilíneal	Híbrido simple	Línea endogámica	Alto
Doble	Híbrido simple	Híbrido simple	De moderado a alto

Fuente: Adaptado de MacRobert *et al.*, (2015).

III Materiales y métodos

3.1 Ubicación

La presente investigación se realizó, en el ciclo primavera verano 2022, en dos localidades diferentes del Estado de México, la primera en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), situada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, ubicado a 19° 41' de latitud norte y 99° 11' de longitud oeste, a una altitud de 2, 274 msnm. Asimismo dentro de la facultad, en las instalaciones del laboratorio L-202 se realizaron las actividades necesarias para evaluar los resultados de las parcelas, posteriormente se capturaron los datos y se emitieron los resultados correspondientes. En esta localidad el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, el promedio anual de la temperatura es de 15.4° C, la máxima es de 24°C y la mínima de 6.8°C, mientras que el promedio anual de precipitación es de 641.7 mm (Mercado *et al.*, 2021).

La segunda localidad ubicada en la parte occidental del estado de México en el municipio de Amanalco, en la localidad de San Mateo, ubicado a 19° 15' de latitud norte y 99° 95' de longitud oeste, a una altitud de 2, 340 msnm al igual que en la primera localidad, se estableció el ensayo con materiales genéticos liberados por la FESC-UNAM y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. En esta localidad el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura media anual es de 13.4° C, con una máxima de 29.7° C y una mínima de .5°C; mientras que la precipitación anual promedio es de 1, 155.9 mm (PMDU, 2004, en Ligregni, 2019).

3.2 Material genético

En el experimento se utilizaron cinco genotipos diferentes, los cuales se señalan en la tabla 2.

Tabla 2. Híbridos de maíz de grano blanco utilizados en el experimento de evaluación de rendimiento en dos ambientes bajo tres densidades de población, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.

Denominación del genotipo	Tipo de híbrido	Estatus de registro	Institución
H 55 AE	Trilineal	Experimental	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
H 49 AE	Trilineal	Título de obtentor vigente: 1532	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias
Atziri Puma	Trilineal	Título de obtentor vigente: 2134	Universidad Nacional Autónoma de México
Centli Puma	Trilineal	Experimental	Universidad Nacional Autónoma de México
H-50	Doble	Dominio público	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

Fuente: Adaptado del SNICS.

3.3 Diseño experimental

El diseño experimental de cada ensayo fue de bloques completos al azar, los cinco genotipos se sometieron a tres densidades de población, con cuatro repeticiones en dos localidades, teniendo un total de 120 unidades experimentales, cada unidad experimental consistió en un surco de 5 metros de largo por 80 centímetros de ancho.

3.4 Análisis estadístico

En cada ensayo se consideraron diferentes variables, en cada una de las localidades cada ensayo se sometió a un análisis de varianza, posteriormente se realizó un análisis combinado, las fuentes de variación fueron ambientes, genotipos, densidades de población, bloques, y sus diferentes interacciones, ambientes x genotipos, ambientes x densidades de población, genotipos x densidades de población y genotipos x densidades x ambientes, se utilizó el programa estadístico SAS versión 9.4, y los valores medios de cada variable se compararon con la prueba de Tukey con una probabilidad de error del 0.05.

3.5 Establecimiento del cultivo y manejo agronómico

Fue necesario realizar actividades como aradura, rastreo y surcado, así como las acciones acordes a la preparación del suelo para la siembra, posteriormente se sembró en la parcela número 7 dentro de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM y en la localidad de San Mateo en el municipio de Amanalco. Durante todo el ciclo de cultivo se llevó un buen manejo agronómico el cual consistió en la eliminación de malezas, fertilización, aporque, control de plagas y enfermedades y monitoreo general para verificar el correcto desarrollo del cultivo.

Para delimitar las densidades de población que constaron de 55 000, 70 000 y 80 000 plantas por hectárea, se procedió a realizar un aclareo, el cual y según los cálculos correspondientes, consistió en eliminar plantas para sólo dejar 34, 32 y 28 plantas por surco.

Para identificar a las parcelas y hacer más fácil el registro de los parámetros planteados fue necesario colocar etiquetas, donde se especificó el número de ensayo y la

parcela a la que correspondía, la etiqueta se colocó a una altura en la que fuera visible a simple vista, además de cuidar que no obstruyera el crecimiento de algún jilote.

La cosecha de ambas localidades se realizó de manera manual, lo cosechado fue seleccionado por parcela para generar las muestras correspondientes y se trasladaron al laboratorio L-202 dentro de la FESC.

Una vez en el laboratorio, de cada muestra se seleccionaron cinco mazorcas que presentaran mayor uniformidad y mejores características para realizar la captura de datos observados durante el desarrollo del cultivo.

3.6 Variables evaluadas

3.6.1 Rendimiento

El rendimiento del grano se obtuvo a partir de la siguiente fórmula:

$$R = (P.C * \%M.S. * \%G * F.C.) / 8600$$

Donde:

P.C.: Peso de campo, el cual consistió en pesar el total de mazorcas por parcela inmediatamente después de ser cosechadas.

%M.S.: Porcentaje de materia seca, calculado a partir del porcentaje de humedad de la muestra de grano de cinco mazorcas.

%G.: Porcentaje de grano, se obtuvo del cociente del peso de la muestra de cinco mazorcas sin olote y el peso de la muestra de las cinco mazorcas con olote, multiplicado por 100.

$$\% \text{ Grano} = (\text{Peso sin olote} / \text{Peso con olote}) \times 100.$$

F.C.: factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, se obtiene al dividir 10 000 m² entre el tamaño de la parcela útil en m².

8600.: es una constante para estimar el rendimiento con una humedad comercial del 14%.

3.6.2 Floración masculina: Se registró el número de días transcurridos a partir de la siembra hasta que apareció el 50% de las espigas.

3.6.3 Floración femenina: se registró el número de días transcurridos, a partir de la siembra hasta la aparición del 50% de los estigmas.

3.6.4 Altura de planta: se tomó con un estadal una vez que no se observó crecimiento de la planta, tomándose desde el cuello de la planta hasta el inicio de la espiga.

3.6.5 Altura de la mazorca: se tomaron al azar cinco plantas, en las cuales se midió la longitud desde la base de la planta hasta el nudo donde se inserta la mazorca más alta, tomándose el promedio de ellas como dato final.

3.6.6 Mazorcas buenas: después de pesar las mazorcas, se separaron las mazorcas con menos del 50% de daño en la estructura o sin daño alguno, y se cuantificó el número de mazorcas

3.6.7 Mazorcas malas: después de pesar las mazorcas, se extendieron y se cuantificaron las mazorcas que tienen más del 50% de daño en la estructura ya sea por plagas o enfermedades.

3.6.8 Peso volumétrico: se midió con un determinador de humedad modelo GAC 2100 de la marca Dickey-John, de origen estadounidense, que también proporciona el peso volumétrico, a partir de los granos de una muestra, expresándose en kgHl^{-1} .

3.6.9 Sanidad de mazorca: Sanidad de mazorca: después de la cosecha se otorgó una calificación del 1 al 10, donde 10 significa sin daños a la mazorca según las características que presentó.

3.6.10 Peso de 200 granos: Peso de 200 granos: una máquina contadora automática de semillas modelo FUSE 1A, de la marca SLY-C, de origen chino, determinó 200 granos que posteriormente fueron pesados en una báscula, el resultado se expresó en gramos.

3.6.11 Longitud de mazorca: medida de cinco mazorcas de base a punta con una regla, se tomó el promedio y el resultado se expresó en centímetros.

3.6.12 Hileras por mazorca: se contó el número de hileras que presentó cada mazorca, se tomó como dato final el promedio de la muestra.

3.6.13 Granos por hilera: de la muestra de cinco mazorcas se contó el número de granos que tiene una hilera de punta a punta tomándose como resultado el promedio.

3.6.14 Diámetro de mazorca: se tomó la medida del diámetro de la mazorca con un vernier modelo CD-6 AX de la marca Mitutoyo, de origen japonés y se registró el promedio de las cinco mazorcas.

3.6.15 Diámetro de olote: el diámetro de cada olote de la muestra de cinco mazorcas, medido con un vernier modelo CD-6 AX de la marca Mitutoyo, de origen japones y tomándose como dato final el promedio de estas.

3.6.16 Granos por mazorca: el resultado se obtuvo de la multiplicación de los promedios del número de hileras por los granos por hilera, expresándose el resultado promedio.

IV Resultados y discusión

En el cuadro 3 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza combinado, para las variables de rendimiento, floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, peso volumétrico, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, granos de mazorca y % de grano, en el promedio de las localidades de la FESC y en San Mateo para determinar la productividad de cinco híbridos bajo tres densidades de población.

Los resultados del análisis de varianza combinado muestran que en la variable rendimiento, se detectaron diferencias significativas para el factor de variación densidad y para la interacción genotipos x ambientes, en los otros factores (genotipos, ambientes e interacciones, no hubo diferencias significativas). El coeficiente de variación fue de 18.22% y la media de 7.9 t ha^{-1} .

En la comparación de medias entre ambientes de prueba, se diferenciaron dos ambientes, el primero que corresponde a la FESC y la segunda localidad en San Mateo. El comportamiento medio de los genotipos en las dos localidades se muestra en el cuadro 4, donde se observa que el rendimiento más elevado se obtuvo en la primera localidad con una productividad de 7.92 t ha^{-1} , sin embargo, este no fue estadísticamente diferente al que se presentó en la segunda localidad que tuvo un rendimiento de 7.88 t ha^{-1} .

Para la variable floración femenina se detectaron diferencia estadísticas significativas, el promedio en la localidad FESC es de 81 días a floración después de la siembra, mientras que en la segunda el promedio es de 89 días, por lo que en la primera localidad la floración tiende a ser más precoz.

En el cuadro 5 se muestra la comparación de medias entre genotipos, en cuanto a rendimiento refiere, no existe diferencia estadística entre los genotipos evaluados pues todos pertenecen al mismo grupo de significancia, aun cuando no existe diferencia significativa, si existe diferencia numéricamente. El mayor rendimiento lo obtuvo el híbrido experimental H 55 AE con una productividad de 8.25 t ha^{-1} , en segundo lugar el genotipo H 50, híbrido liberado por INIFAP en el año 1998 (Espinosa *et al.*, 2003) con un rendimiento promedio de 8.21 t ha^{-1} , seguido del material Atziri Puma liberado recientemente por la UNAM (Tadeo *et al.*, 2018; Tadeo-Robledo *et al.*, 2022), con un promedio de 8.11 t ha^{-1} ; el híbrido Centli Puma, también desarrollado por la universidad, aun en condición experimental, presentó un rendimiento de 7.68 t ha^{-1} y finalmente el híbrido experimental H 49 AE (Espinosa-Calderón *et al.*, 2022), que tuvo una productividad de 7.26 t ha^{-1} . El híbrido H 55 AE, es experimental, en cambio H 50, tiene en uso comercial 26 años, en los cuales ha sido el maíz mejorado de mayor uso, en los Valles Altos (2200 a 2600 msnm), en los cuales su semilla ha sido incrementada y difundida por 34 empresas se semillas pequeñas y medianas (Espinosa-Calderón *et al.*, 2003). Los híbridos H 55 AE (experimental), H 50 (dominio público) y Atziri Puma (comercial), con rendimientos de 8.25 t ha^{-1} , 8.21 t ha^{-1} , 8.11 t ha^{-1} ; respectivamente, superaron numéricamente en rendimiento a Centli Puma (7.68 t ha^{-1}) y H 49 AE (7.26 t ha^{-1}), en el caso de H 50, aun cuando ya es de dominio público y tiene 26 años de haberse liberado, superó en 13% al H 49 AE y en 6.9 % a Centli Puma, que si bien no fue significativo, conviene evaluar nuevamente a estos híbridos con mayor número de repeticiones.

En la comparación de medias para las densidades (cuadro 6) no existió significancia para rendimiento, únicamente numérica, el mayor rendimiento lo obtuvo la densidad de 70, 000 plantas por hectárea, con un promedio productivo de 8.19 t ha^{-1} , en segundo lugar la

densidad de 55 000 plantas por hectárea, que presentó una media de 8.08 t ha⁻¹ y en tercer lugar la densidad de 85 000 plantas por hectárea que presento un rendimiento promedio de 7.44 t ha⁻¹, aun cuando no hay diferencia estadística lo anterior señala que la densidades de población en maíz de 70,000 y 55,000 plantas por hectárea, la productividad de grano es muy similar, cuando el número de plantas es mayor, existe un punto máximo y una vez que se incrementa más allá de ese punto, la productividad empieza a disminuir (Sangoi, 2001, en Blanco y Gonzales, 2021).

Para el factor ambiente (A) se tuvieron diferencias altamente significativas para la variable de floración masculina, altura de mazorca, peso de 200 granos y porcentaje de grano (cuadro 3), se encontró que existe alrededor de 7 días menos a floración masculina en la FESC, que en San Mateo comportándose de manera más precoz en esta localidad, para la variable altura de mazorca, se encontró que en la primer localidad la media fue de 85 centímetros, mientras que para San Mateo fue de 119 centímetros , para el peso de 200 granos se obtuvo que en la localidad FESC fue menor por 3.05 gramos, finalmente para el porcentaje de grano se encontró que la primer localidad obtuvo una media de 86.74%, mientras que la segunda registró 85.67% (cuadro 4). Las diferencias encontradas pueden responder al diferencial que existe de condiciones ambiente entre ambas localidades, que presentan diferencias en suelo, pendiente y altitud, generando gradientes de temperatura y humedad que pueden afectar el comportamiento de los genotipos.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia estadística obtenida en el análisis de varianza combinado, para rendimiento y las variables evaluadas en los híbridos de maíz blanco durante el ciclo Primavera - Verano 2022.

Variables	Genotipo (G)	Densidad (D)	Ambiente (A)	G x A	D x A
Rendimiento	4.29	6.55*	0.04	5.5*	5.7
GL	4	2	1	4	2
FM	1.4	0.008	1470**	1.6	0.52
FF	4.7	13.8*	2296.8**	11.29*	17.7**
AP	45.2	595.3*	97675.3**	487.8	292.1
AM	344.38*	223.05	36167.8**	181.47	284.04
PV	19.09*	20.05*	18.5	10.12	25.12*
P200G	56.11	13.1	279.07**	38.32	102.32
LM	7.08	16.75	10.2	7.54	10.55
HM	3.17	1.57	3.67	1.71	3.02
GH	3.78	6.55	43.2**	4.9	3.92**
GM	3003.05	3696.05	2305.63	3811.94	5540.65
% G	4.9	1.23	34.24**	2.63	7.48

GL: grados de libertad; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; PV: peso volumétrico; P200S: peso 200 semillas; LM: largo mazorca; HM: hileras mazorca; GH: granos por hilera; GM: granos por mazorca; %G: porcentaje grano;

Cuadro 3. Continuación.

Variables	G x D	GxDxA	Media	Error	C.V.
Rend	0.89	0.83	7.9	2.07	18.22
GL	8	-	-	-	-
FM	0.87	1.78	82	1.25	1.3
FF	2.71	4.03	85	3.34	2.14
AP	75.09	2.67*	215.04	139.21	5.48
AM	90.41	1.62	102.01	126.29	11.01
PV	15.5**	1.49	76.91	5.45	3.03
P200G	13.72	0.47	60.6	40.24	10.46
LM	6.57	1.12	14.54	6.96	18.15
HM	0.7	0.43	16	1.75	8.45
GH	5.52	0.79	29.93	5.92	8.12
GM	1605.79	0.35	469.76	3279.87	12.19
% G	3.76	0.22	86.2	2.7	1.9

Rend: Rendimiento; GL: grados de libertad; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; peso volumétrico; P200G: peso 200 granos; LM: longitud mazorca; HM: hileras por mazorca; GH: granos por hilera; GM: granos por mazorca; %G: porcentaje de grano. C.V: coeficiente de variación

** Diferencia altamente significativa ($p < .01$); diferencia significativa ($p < .05$).

En el factor de variación genotipo (G) se encontró diferencia altamente significativa para la variable altura de mazorca. En la comparación de medias entre genotipos (cuadro 5) se obtuvo que el híbrido H 50 presentó la mayor altura de mazorca con 107 centímetros, le siguió el H 55 AE con 104 centímetros, en tercer lugar, el material Centli Puma con 102 centímetros, posteriormente el híbrido Atziri puma con 99 centímetros y finalmente el H 49 AE con 97 centímetros.

Cuadro 4. Comparación de medias entre ambientes obtenida para rendimiento y otras variables evaluadas en los híbridos de maíz blanco de la UNAM e INIFAP, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.

Variables	Ambientes		D.S.H. (Tukey)
	FESC	San Mateo, Amanalco	
	1	2	0.05
Rend	7.92 a	7.88 a	0.52
FM	78 b	85 a	0.4
FF	81 b	90 a	0.66
AP	186 b	244 a	4.27
AM	85 b	119 a	4.07
PV	77 a	76 a	0.85
P200G	59 b	62 a	2.3
LM	14.8 a	14.2 a	0.95
HM	16 a	16 a	0.48
GH	31 a	29 b	0.88
%G	86.7 a	85.7 b	0.59

Rend: Rendimiento; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; peso volumétrico; P200G: peso 200 granos; LM: longitud mazorca; HM: hileras por mazorca; GH: granos por hilera; GM: granos por mazorca; %G: porcentaje de grano. D.S.H: Diferencia Significativa Honesta (0.05).

En el factor de interacción que corresponde a G x A se presentaron diferencias significativas en la floración femenina y en el rendimiento (cuadro 3), lo anterior indica que existe respuesta diferencial de los genotipos en los distintos ambientes de prueba. En el cuadro 7 se muestra que para la floración femenina de cualquiera de los genotipos en el ambiente dos no existió diferencia estadística, pues todos entran dentro de un mismo grupo de significancia que va de 89 a 90 días, mientras que en el ambiente uno los genotipos tuvieron comportamientos diferentes que fueron desde los 79 hasta los 82 días, lo anterior indica una diferencia en los días a floración para los genotipos en los distintos ambientes, comportándose de manera precoz en la FESC, esto puede explicarse al diferencial en lluvias y temperatura que existe

entre las dos localidades, una mejor distribución y mayor cantidad de precipitación representa cierta ventaja porque permite al cultivo poder completar su ciclo (Espinosa *et al.*, 2013).

Cuadro 5. Comparación de medias entre genotipos obtenida para rendimiento y las variables evaluadas en los híbridos de maíz blanco evaluados en dos ambientes, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.

Variables	Genotipo				
	H 55 AE	H 49 AE	ATZIRI PUMA	CENTLI PUMA	H 50
	1	2	3	4	5
Rend	8.25 a	7.26 a	8.11 a	7.68 a	8.21 a
FM	82 a	82 a	82 a	82 a	82 a
FF	85 a	85 a	86 a	85 a	85 a
AP	215 a	213 a	217 a	214 a	216 a
AM	104 ab	97 b	100 ab	102 ab	107 a
PV	78 a	77 ab	78 a	77 ab	76 b
P200G	60 a	61 a	58 a	61 a	62 a
LM	14.3 a	14.4 a	15.5 a	14.2 a	14.1 a
HM	16 a	16 a	16 a	15 a	16 a
GH	30 a	30 a	30 a	30 a	29 a
GM	479 a	457 a	468 a	461 a	483 a
% G	86.3 a	85.9 a	85.6 a	86.2 a	86.8 a

Rend: Rendimiento; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; peso volumétrico; P200G: peso 200 granos; LM: longitud mazorca; HM: hileras por mazorca; GH: granos por hilera; GM: granos por mazorca; %G: porcentaje de grano.

Cuadro 6. Comparación de medias entre densidades de población, para rendimiento y las variables evaluadas en cinco híbridos de maíz blanco de UNAM e INIFAP, durante el ciclo Primavera - Verano 2022.

Variables	Densidades			D.S.H
	1	2	3	
	55 000 pl ha ⁻¹	70 000 pl ha ⁻¹	85 000 pl ha ⁻¹	
Rend	8.08 a	8.19 a	7.44 a	0.76
FM	82 a	82 a	82 a	0.59
FF	85 b	85 ab	86 a	0.97
AP	216 ab	218 a	211 b	6.28
AM	101 a	105 a	100 a	5.98
PV	77.20 ab	77.42 a	76.10 b	1.24
P200G	60.42 a	61.25 a	60.15 a	3.38
LM	15.27 a	14.30 a	14.05 a	1.4
HM	16 a	16 a	15 a	0.7
GH	30 a	30 a	30 a	1.29
GM	86 a	86 a	86 a	0.87

Rend: Rendimiento; FM: floración masculina; FF: floración femenina; AP: altura de planta; AM: altura de mazorca; peso volumétrico; P200G: peso 200 granos; LM: longitud mazorca; HM: hileras por mazorca; GH: granos por hilera; GM: granos por mazorca; %G: porcentaje de grano.

Para el factor que corresponde a la interacción D x A las variables floración femenina y granos por hilera presentaron diferencias altamente significativas, mientras que la variable peso volumétrico tuvo diferencias significativas (cuadro 3). En esta interacción la variable floración femenina fue estadísticamente diferente entre localidades, en la localidad San Mateo la floración femenina entró en un mismo grupo de significancia para las tres densidades siendo más tardía pero no existiendo diferencia estadística entre ellas, para la localidad FESC esta se ubicó en tres grupos de significancia distintos, siendo la densidad de 55 000 plantas por hectárea donde se presentó un promedio mínimo de floración femenina de 79 días después de la siembra, mientras que en la densidad de 85 000 plantas se obtuvo un mayor retraso en la floración femenina con 82 días (cuadro 8), esto coincide en lo reportado por Morales *et al.*, (2014), donde se demuestra que en densidades de población más alta, el valor promedio del coeficiente de atenuación de luz es mayor, lo que indica que

una mayor cantidad de luz es interceptada y permanece en el estrato superior, causando un mayor sombreado en los estratos medios e inferiores, alargando el periodo de floración.

Cuadro 7. Diferencias significativas en floración femenina y rendimiento en la interacción genotipo x ambiente.

A	G	FF	Rend
		GxA	
1 FESC	H 55 AE	79 c	8.38 a
	H 49 AE	80 bc	6.80 a
	Atziri Puma	82 b	8.60 a
	Centli Puma	82 bc	7.18 a
	H 50	81 bc	8.65 a
	H 55 AE	90 a	8.13 a
	H 49 AE	90 a	7.73 a
	Atziri Puma	90 a	7.62 a
	Centli Puma	89 a	8.19 a
	2 SAN MATEO	H 50	89 a

A: ambiente; G: genotipo; FF: floración femenina; Rend: rendimiento.

Para el factor peso volumétrico en la interacción D x A se encontró diferencia estadística (cuadro 8), la cual se conformó en grupos distintos de significancia entre localidades y entre densidades, la localidad FESC obtuvo un mayor peso volumétrico, en este mismo ambiente existió diferencia significativa que se agrupó en tres grupos distintos de significancia, es decir uno por densidad, el mayor peso volumétrico lo obtuvo la densidad de 55 000 plantas por hectárea y el menor peso volumétrico lo obtuvo la densidad de 85 000 plantas por hectárea. En la localidad San Mateo se obtuvo una media de peso volumétrico entre 76 kg hL⁻¹ y 77 kg hL⁻¹, este rango indica que para peso volumétrico no existió alta variabilidad, en cambio en la localidad FESC el rango fue más amplio y comprendió valores de entre 76 kg hL⁻¹ y 78 kg hL⁻¹, lo cual coincide con lo reportado por Martínez (2018), donde se obtuvieron valores medios similares para esta misma localidad.

Cuadro 8. Diferencia significativa de floración femenina, peso volumétrico y granos por hilera en la interacción densidad x ambiente.

Amb	DP	FF	PV	GH
		DxA		
1 FESC	1 - 55, 000	79 c	78 a	31 a
	2 - 70, 000	81 bc	78 ab	30 a
	3 - 85, 000	82 b	76 c	30 a
2 SAN MATEO	1 - 55, 000	90 a	76 bc	30 a
	2 - 70, 000	88 a	77 abc	29 a
	3 - 85, 000	90 a	77 abc	29 a

Amb: ambientes; DP: densidad de población pl ha⁻¹; FF: floración femenina; PV: peso volumétrico; GH: granos por hilera.

Para la interacción G x D únicamente se mostró diferencia altamente significativa en la variable peso volumétrico (cuadro 3). En esta interacción se obtuvo diferencia estadística que se definió en tres grupos de significancia distintos. El genotipo H 55 AE no mostró diferencia estadística en peso volumétrico con ninguna de las tres densidades evaluadas, lo mismo ocurrió en el material H 49 AE, Atziri Puma y para el H 50. Para el Centli Puma se definieron tres grupos de significancia, a diferencia de los otros materiales en este híbrido el rango obtenido presentó una mayor variabilidad que comprende medias que van de 73 kg hL⁻¹ a 78 kg hL⁻¹, en este material el peso volumétrico fue mínimo cuando la densidad de población fue más respecto a las otras dos densidades de población evaluadas (cuadro 9), lo anterior coincide con lo reportado por Ávila (2015), donde señala que el peso volumétrico esta influenciado cuando existe interacción entre fuentes de variación como la densidad.

Cuadro 9. Diferencia significativa de peso volumétrico en la interacción genotipo x densidad.

G	DP	PV
		GxD
H 55 AE	55, 000	78 a
	70, 000	77 ab
	85, 000	78 a
H 49 AE	55, 000	78 a
	70, 000	78 a
	85, 000	75 ab
Atziri Puma	55, 000	77 ab
	70, 000	78 a
	85, 000	78 a
Centli Puma	55, 000	77 ab
	70, 000	79 a
	85, 000	74 b
H 50	55, 000	75 ab
	70, 000	75 ab
	85, 000	76 ab

G: genotipo; DP: densidad de población pl ha⁻¹; PV: peso volumétrico.

En la interacción de los factores A x G x D se detectó diferencia significativa en la altura de planta (cuadro 3). En esta interacción se definieron tres grupos de significancia estadística, las alturas se vieron favorecidas en la segunda localidad pues se obtuvieron plantas más altas en San Mateo y las plantas más bajas en la localidad FESC, la diferencia entre el rango de la altura máxima y mínima es de 81 centímetros por lo que tal diferencia indica que tanto los genotipos, como densidades y ambientes tienen influencia en esta variable (cuadro 10).

Cuadro 10. Diferencia significativa de altura de planta en la interacción ambiente x genotipo x densidad.

A	G	D	AP	
			AxGxD	
FESC	H 55 AE	55 000	199 bc	
		70 000	176 c	
		85 000	181 c	
	H 49 AE	55 000	182 c	
		70 000	175 c	
		85 000	176 c	
	Atziri Puma	55 000	194 c	
		70 000	194 c	
		85 000	193 c	
	Centli Puma	55 000	189 c	
		70 000	191 c	
		85 000	180 c	
	H 50	55 000	187 c	
		70 000	198 bc	
		85 000	184 c	
		H 55 AE	55 000	230 ab
			70 000	255 a
			85 000	250 a
H 49 AE		55 000	248 a	
		70 000	256 a	
		85 000	241 a	
San Mateo	Atziri Puma	55 000	243 a	
		70 000	249 a	
		85 000	228 ab	
	Centli Puma	55 000	249 a	
		70 000	244 a	
		85 000	234 a	
	H 50	55 000	243 a	
		70 000	244 a	
		85 000	240 a	

A: ambiente; G: genotipo; D: densidad; AP: altura de planta.

V Conclusiones.

Los cinco híbridos evaluados en los dos ambientes y bajo las tres densidades de población mostraron rendimientos similares estadísticamente, El mayor rendimiento lo obtuvo el híbrido experimental H 55 AE con una productividad de 8.25 t ha⁻¹, en segundo lugar el genotipo H 50, con un rendimiento promedio de 8.21 t ha⁻¹, seguido del material Atziri Puma, un promedio de 8.11 t ha⁻¹; el híbrido Centli Puma, presentó un rendimiento de 7.68 t ha⁻¹ y finalmente el híbrido experimental H 49 AE, tuvo una productividad de 7.26 t ha⁻¹.

H 50, aun cuando ya es de dominio público y tiene 26 años de haberse liberado, superó en 13% al H 49 AE y en 6.9 % a Centli Puma, que si bien no fue significativo, conviene evaluar nuevamente a estos híbridos con mayor número de repeticiones.

Se considera una capacidad favorable, de acuerdo con las condiciones que prevalecieron en el ciclo de evaluación y las fechas de siembra, que fueron tardías.

Los resultados de este trabajo muestran que las instituciones públicas en mejoramiento genético ofrecen alternativas para aumentar la productividad y rentabilidad de los productores de maíz, dentro de los Valles Altos de México.

Para los genotipos y condiciones ambientales de ambas localidades, se recomienda usar una densidad de población de 70 mil plantas por hectárea, bajo la cual, los híbridos expresaron buena productividad.

En ambos ambientes de prueba el comportamiento de los materiales fue similar, sin embargo, las interacciones entre A x G, A x D, G x D y G x D x A, influyeron para que otras variables se comportaran de manera distinta, por lo que conviene realizar otros trabajos de investigación sobre grano, semilla o forraje en otras localidades.

VI. Literatura citada.

- Aguilar-Carpio, C., Escalante-Estrada, J. y Aguilar-Mariscal, I. (2015). “Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno” en *Terra Latinoamericana*, 33:1, pp. 51-62.
- Ávila, F. (2015). *Optimización del rendimiento y de la calidad física en la producción de semilla del híbrido de maíz HS-2*. Tesis de maestría. México. Colegio de Postgraduados-Montecillo. pp: 58.
- Blanco-Valdes, Y. y González-Viera, D. (2021) «Influencia de la densidad de población en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)», *Cultivos Tropicales*, 42(3), p. e08. Disponible en: <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1602>
- Canales, E. (2018). *Androesterilidad y capacidad de restauración de la fertilidad masculina, la productividad de grano y semillas en líneas e híbridos de maíz*. Tesis de doctorado. México. Colegio de Postgraduados-Montecillo. pp: 105.
- Carrillo Trueba, C. (2010) «El origen del maíz. Naturaleza y cultura en Mesoamérica», *Ciencias*, 92(092). Disponible en: <https://www.revistas.unam.mx/index.php/cns/article/view/14823>
[Accesado en Abril de 2023]
- Casiano, O. (2016). *Evaluación agronómica de maíces sobresalientes en condiciones de temporal para valles altos*. Tesis de maestría. México. Colegio de Postgraduados-Montecillo.
- Cervantes-Ortiz, F., Gasca-Ortiz, M., Andrio-Enriquez, E., Mendoza-Elos, M., Guevara-Acevedo, L., Vázquez-Moreno, F., Rodríguez-Herrera, S. (2014). “Densidad de población y correlaciones fenotípicas en caracteres agronómicos y de rendimiento en genotipos de maíz” en *Ciencia y tecnología agropecuaria México*. Volumen 2, número 1, pp. 9-16.
- CIBIOGEM, (2019). “Maíz”. [En línea]. México, disponible en: <https://conacyt.mx/cibiogem/maiz#:~:text=El%20tallo%20es%20simple%20erecto,se%20realiza%20un%20corte%20transversal>.
[Accesado en Abril de 2023]

- CIMMYT, (2019). “El reto de la productividad de maíz en México” en López, P. (ed.) *Maíz para México. Plan estratégico 2030*, México, CIMMYT, pp: 14-16.
- CIMMYT, (2021). “La importancia de una densidad de siembra optima. ”. Ciudad de México[En línea]. México, disponible en:
<https://idp.cimmyt.org/la-importancia-de-una-densidad-de-siembra-optima/>
[Accesado en Abril de 2023]
- Coletto, J., Bartolomé, T. y Velázquez, R. (2017). “Historias de plantas: la historia del maíz” En Fundación CB (ed), *La agricultura y la ganadería extremeñas*. España, editor, 290 p.
- Cruz, N., (2017). *Análisis de la producción de maíz en la zona oriente del Estado de México*. Tesis de doctorado. México. Universidad Autónoma Chapingo. pp: 105.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2020). *Decreto Presidencial para limitar uso de glifosato y maíz genéticamente modificado. Nativo*. Diario Oficial de la Federación. Recuperado de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5609365&fecha=31/12/2020#gs.tab=0
[Accesado en Diciembre de 2023]
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2023). *Decreto por el que se establecen diversas acciones en materia de glifosato y maíz genéticamente modificado*. Ciudad de México[En línea]. México, disponible en:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5679405&fecha=13/02/2023#gs.tab=0.
[Accesado en Diciembre de 2023]
- Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Lothrop-James, A., Couoh-Tut, C. y Salinas-Moreno, Y. (2003). H-50, híbrido de maíz de temporal para los valles altos de México (2200 a 2600 msnm). *Agricultura Técnica en México*, México, ME, 29 (1), pp. 89-92. doi: /608/60829110
- Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Turrent-Fernández, A., Sierra-Macías, M., Gómez-Montiel, N., y Zamudio-González, B. (2013). Rendimiento de variedades precoces de maíz grano amarillo para Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana*, México, ME, 24(1), pp. 93-99. doi: [id=43726204005](https://doi.org/10.15446/agr.43726204005)

- Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Turrent-Fernández, A., Gómez-Montiel, N. y Sierra-Macías, M. (2022). H 49 AE: híbrido de maíz para Valles Altos de México con androesterilidad para producción de semilla. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, México, ME, 13(7), pp. 1333–1338. doi: 10.29312/remexca.v13i7.1768.
- Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Martínez-Gutiérrez, A. 2024. Para lograr la autosuficiencia, hay que reconsiderar las políticas agrarias. *La Jornada Ecológica*. 18 febrero 2024, <https://ciencias.jornada.com.mx/ecologica/2024/02/18/para-lograr-la-autosuficiencia-hay-que-reconsiderar-las-politicas-agrarias-5421.html>
- Fernández-Suárez, R., Morales-Chávez, L., y Gálvez-Mariscal, A. (2013). Importancia de los maíces nativos de México en la dieta nacional: Una revisión indispensable. *Revista fitotecnia mexicana*, México, ME, 36 (3), pp. 275 – 283. doi: S0187-73802013000500004
- FAO, (2021). “Cultivos y productos de ganadería”. [En línea]. México, disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
[Accesado en Marzo de 2023]
- FIRA, Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. (2022). *Perspectivas*. Autor. México, CDMX. 82 p.
- GCMA, (2023). “Perspectivas del mercado de maíz. Ciudad de México”. [En línea]. México, disponible en: <https://gcma.com.mx/reportes/perspectivas/maiz/>
[Accesado en Marzo de 2023]
- Gerard-Sebastián, G., y Simón-Rosa, M. (2018). ”Maíz: Objetivos del mejoramiento genético” en Maria, S. y Golik, S. (eds.), *Cereales de verano*. La Plata, Argentina. EDULP, pp. 191-211.
- Guamán-Guamàn, R., Desiderio-Vera, T., Villavicencio-Abril, Á, Ulloa-Cortazar, S. y Romero-Salguero, E. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, Ecuador, EC, 7(2), pp. 047-055. doi: <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>

- Kato, T., (2009). *Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica*. México, DF. CONABIO, pp. 116.
- Ligregni, P. (2019). *Vulnerabilidad hídrica en Amanalco de Becerra y comunidades rurales de San Juan Amanalco y San Lucas Amanalco, estado de México*. Tesis de licenciatura. México. UAEM. pp: 47.
- Martínez-Mendoza, R., Tadeo-Robledo, M., Piña-Del Valle, A., Espinosa-Calderón, A., y Solano, A. (1999). Rendimiento de nuevos híbridos Pumas de maíz para la Zona de Transición de México. *Agronomía Mesoamericana*, Costa Rica, 10. pp: 73-76.
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, João, Vázquez-Carrillo, G. y Turrent-Fernández, A. (2018) Rendimiento de híbridos de maíz grano blanco en cinco localidades de Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, México, ME, 9(7), pp. 1447-1458. doi:10.29312/remexca.v9i7.1357
- MacRobert, J., Setimela, P., Gheti, J. y Worku, M. (2015). . Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.
- Márquez-Sánchez, F. (2009). De las variedades criollas de maíz a los híbridos transgénicos. II: La hibridación, *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, México, ME, 6(2), pp. 161-176. doi: [articulo.oa?id=360533082002](https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1357)
- Martínez, F. (2018). *Productividad de las cruza simples progenitoras y el híbrido trilineal de maíz H-53 AE en tres densidades de población*. Tesis de licenciatura. México. Universidad Nacional Autónoma de México-FESC. pp: 39.
- Massieu-Trigo, Y., y Lechuga-Montenegro, J. (2002). El maíz en México: biodiversidad y cambios en el consumo. *Análisis Económico*, México, ME, 17(36), pp: 281-303. doi: [oa?id=41303610](https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1357)
- Mercado-Mancera, G., Granados-Mayorga, A. y Navejas-Jiménez, J. (2021). Tendencia de la temperatura en el área de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. *Memorias del Congreso Nacional de Tecnología*. México. 4(4).
- Morales-Ruiz, A., Morales-Rosales, E., Franco-Mora, O., Mariezcurrena-Berasáin D., Estrada-Campuzano, G. y Norman-Mondragón T. (2014). Densidad de población en maíz, coeficiente de atenuación de luz y rendimiento. *Revista Mexicana de*

- Ciencias Agrícolas*. México, ME, (8), pp. 1425–1431. doi: 10.29312/remexca.v0i8.1098.
- Quiroz-Mercado, J., Pérez-López, D., González-Huerta, A., Rubí-Arriaga, M., Gutiérrez-Rodríguez, F., Pascual-Franco, J. y Ramírez-Dávila, J. (2017). Respuesta de 10 cultivares de maíz a la densidad de población en tres localidades del centro mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, México, ME, 8(7), 1521-1535. doi: [o.oa?id=263153520005](https://doi.org/10.29312/remexca.v0i8.1098)
- Ramírez-Jaspeado, R., García-Salazar, J., García-Mata, R., Garza-Bueno, L., Escalona-Maurice, M., y Portillo-Vásquez, M. (2020). Determinación de las regiones más competitivas de maíz en el Estado de México en función de la producción potencial. *Interciencia*, México, ME, 45(3), pp. 150-157. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33962773005>
- Reta-Sánchez, D., Gaytán-Mascorro, A., y Carrillo-Amaya, J. (2003) Rendimiento y componentes del rendimiento de maíz en respuesta a arreglos topológicos. *Revista Fitotecnia Mexicana*. México, ME, 26 (2). pp: 75 – 80. doi: <https://doi.org/10.35196/rfm.2003.2.75>
- Reuters, T. (2022). “EE. UU. eleva la previsión de cosecha de maíz por un aumento de la superficie”. [En línea]. México, disponible en: <https://es.euronews.com/next/2022/07/12/eeuu-usda-cosechas#:~:text=La%20producci%C3%B3n%20de%20ma%C3%ADz%20de,demanda%20agr%C3%ADcola%20mundial%20del%20USDA>.
- [Accesado en Marzo de 2023]
- Reyes, C., Cantú, M. y De la Garza M. (2013). Híbridos de maíz para el centro y norte de Tamaulipas. Folleto para productores No. MX-0-310302 -25-03-13-10-23. México. DF: INIFAP.
- Rosado-Ortega, A. y Villasante-Serrano, B. (2021). *Los herederos del maíz*. México, CDMX. IMPI, pp: 38.
- San Juan, A. A. (2022). *Rendimiento de híbridos de maíz de grano blanco para Valles Altos de México liberados recientemente por UNAM e INIFAP*. Tesis de licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México-FESC. pp: 49.
- SIAP. (2016). “Maíz grano” en SIAP (comp.) Planeación Agrícola Nacional. México. 2 p.

- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Panorama Agroalimentario 2021. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. 94 p.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2022) Panorama Agroalimentario 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Ciudad de México. 217 p.
- SADER. (2020). “Cierre agrícola por cultivo” en SIAP. [En línea]. México, disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
[Accesado en Febrero de 2023]
- SADER. (2021). “Cierre agrícola por cultivo” en SIAP. [En línea]. México, disponible en <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
[Accesado en Febrero de 2023]
- Serratos, J. (2009). *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano*. México, DF. UACM, pp: 5.
- Sierra-Macías, M., Rodríguez-Montalvo, F., Palafox-Caballero, A., Espinosa-Calderón, A., Andrés-Mesa, P., Gómez-Montiel, N. y Valdivia-Bernal, R. (2016). Productividad de semilla y adopción del híbrido de maíz H-520, en el trópico de México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, México, ME, 13:1, pp. 19-32.
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A. (2003). Microempresas de semillas con híbridos “Pumas de maíz”, alternativa para abastecimiento en México. *Revista FESC Divulgación Científica Multidisciplinaria*, México, ME, 3 (8). pp: 5-10.
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Martínez-Mendoza, R., Srinivasan-Ganesan, B., Lothrop-James, D. y Azpíroz-Rivero, S. (2004). Puma 1075 y puma 1076, híbridos de maíz de temporal para los valles altos de México (2200 a 2600 msnm). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27:2, pp.211-212, ISSN: 0187-7380.
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Canales-Islas, E., Trejo-Pastor, V., Arteaga-Escamilla, I., Sierra-Macías, M., Valdivia-Bernal, R., Gómez-Montiel, N., Palafox-Caballero, A. y Zamudio-Gonzales, B. (2012). Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana*, México, ME, 30:2.

- Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; García-Zavala, J. J.; Lobato-Ortiz, R.; Gómez-Montiel, N. O.; Sierra-Macías, M.; Valdivia-Bernal, R.; Zamudio-González, B.; Martínez-Yañez, B.; López-López, C.; Mora-García, K. Y.; Canales-Islas, E. I.; Cárdenas-Marcelo, A. L.; Zaragoza-Esparza, J.; Alcántar-Lugo, H. J. (2016). Tsiri Puma, híbrido de maíz para Valles Altos con esquema de Androesterilidad para producción de semillas. *Rev. Fitotec. Mex.* 39(3). pp: 331-333.
- Tadeo-Robledo, M.; Espinosa-Calderón, A.; López-López, C.; Canales-Islas, E. I.; Zaragoza-Esparza, J.; Sierra-Macías, M.; Gómez-Montiel, N. 2018. Atziri Puma y Tlaoli Puma nuevos híbridos de maíz blanco con restauración de la fertilidad masculina en la producción de semilla. *Acta Fitogenética.* 1(5):85-85
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Canales-Islas, E., López-López, C., Andrés-Meza, P., Zamudio-González, B. 2022. Atziri Puma: híbrido de maíz de grano blanco para Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Vol. 13 (7): 1339-1343.
- Turrent-Fernandez, A., Wise T., Garvey E. (2012). Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. Reporte 24. *Mexican Rural. Development Research Reports.* 38 pp.
- Vázquez-Carrillo, M., Santiago-Ramos, D., Salinas-Moreno Y., Rojas-Martínez, I., Arellano-Vázquez J., Velázquez-Cardelas, G., y Espinosa-Calderón, A. (2012). Interacción genotipo-ambiente del rendimiento y calidad de grano y tortilla de híbridos de maíz en valles altos de Tlaxcala, México. *Revista fitotecnia mexicana.* México, 35:3, pp. 229- 237.
- Vázquez-Carrillo, M. G., Arellano-Vázquez, J. L., & Santiago-Ramos, D. (2015). Rendimiento y calidad de grano y tortilla de maíces híbridos de Valles Altos de México crecidos en riego y temporal. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38:1, pp. 75-83.
- Vázquez-Carrillo, M., Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio González, B., Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M. y Turrent-Fernández, A. (2020). Estabilidad de rendimiento y características fisicoquímicas de grano de híbridos de maíz en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* México, ME, 11(8), pp. 1803–1814. doi: 10.29312/remexca.v11i8.1990.

Virgen-Vargas, J., Zepeda-Bautista, R., Ávila-Perches, M., Espinosa-Calderón, A., Arellano-Vázquez, J., y Gámez-Vázquez, A. (2016). Producción y calidad de semilla de maíz en valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana*. México, ME, 27(1), 191-206. doi: <https://dx.doi.org/10.15517/am.v27i1.21899>

Wise, T. (12 de junio de 2023). Nadar contra corriente México busca la soberanía alimentaria frente al dumping agrícola estadounidense. Institute for Agriculture Trade & Policy.

Recuperado de: <https://www.iatp.org/documents/nadar-contra-corriente>

[Accesado en Diciembre de 2023]