



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**Productividad de híbridos de maíz bajo
manejo de disponibilidad de humedad.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

P R E S E N T A

Martínez Martínez Jessica Guadalupe

ASESOR: Dr. Homero Alonso Sánchez

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2024



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. DAVID QUINTANAR GUERRERO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN



UNAM
CUAUTITLÁN

ATN: DRA. MARÍA DEL CARMEN VILLDERRAMA BRAVO
Directora del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de: Tesis

Productividad de híbridos de maíz bajo manejo de disponibilidad de humedad.

Que presenta la pasante: Jessica Guadalupe Martínez Martínez
Con número de cuenta: 315019234 para obtener el Título de: Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de noviembre de 2023.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Margarita Tadeo Robledo	
VOCAL	Dr. Julio César Corzo Sosa	
SECRETARIO	Dr. Homero Alonso Sánchez	
1er. SUPLENTE	Dra. Martha Elena Domínguez Hernández	
2do. SUPLENTE	Dra. Consuelo López López	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional.

MCVB/ntm*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por otorgarme los apoyos necesarios a lo largo de mi vida académica, permitiendo culminar mi carrera universitaria.

A la carrera de Ingeniería agrícola por todos los conocimientos y cursos otorgados para poder crecer como profesionista.

A mis padres, quienes con esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional me brindaron los medios para terminar una carrera universitaria.

A mis amigos, por las experiencias y compañerismo en las prácticas de campo, por la motivación, ayuda y consejos que brindaron durante mi vida universitaria, en especial a mi amiga Cecilia Contreras Cruz.

Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT: IA105122) por el financiamiento del proyecto Tecnificación del riego por gravedad con un modelo hidrológico, por los recursos económicos sin los cuales no hubiese sido posible llevar a cabo esta investigación.

A mi asesor, el Dr. Homero Alonso Sánchez por el apoyo brindado durante mi formación académica, así como su acompañamiento en la realización del proyecto.

Al Dr. Gustavo Mercado Mancera por la disponibilidad de información climatológica de la estación meteorológica Almaraz

A los integrantes y amigos del equipo de semillas, por la ayuda otorgada durante la fase experimental del ensayo, así como como sus consejos y amistad, con un reconocimiento especial a el Ing. Israel Arteaga Escamilla y al laboratorista Carlos Ortega Romero.

ÍNDICE GENERAL

I.	REVISIÓN DE LA LITERATURA	1
1.1	Rendimiento en el cultivo de maíz	1
1.2	Secano	2
1.3	Riego convencional.....	3
1.4	Riego por gravedad tecnificado.....	4
1.5	Efecto del riego en el maíz.....	5
II.	OBJETIVOS	6
2.1	Objetivo	6
2.2	Objetivos particulares	6
2.3	Hipótesis	7
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	7
3.1	Localización del experimento	7
3.2	Tratamientos y diseño experimental.....	8
3.3	Manejo agronómico.....	9
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	12
4.1.	Comparación de Medias por Factor	15
4.2.	Interacciones	19
V.	CONCLUSIONES.....	22
VI.	LITERATURA CITADA	25

RESUMEN

El maíz es uno de los principales granos básicos que forman parte de la alimentación en México, no obstante, en el país se tiene una insuficiencia alimentaria de este grano, es por ello que se deben de tomar medidas en el manejo del cultivo, así como eficientizar recursos que permitan incrementar el rendimiento. Si bien, el maíz es cultivado en diversas partes de la República mexicana este puede ser establecido bajo secano o riego, que de acuerdo con Escobar (2014) se entiende por cultivo de secano o temporal aquel donde exclusivamente el agua se deposita sobre el suelo y proviene de lluvias o de nevadas. Sin embargo, el recurso hídrico y su disponibilidad es variado, de modo que es indispensable estudiar una diversidad de híbridos y la respuesta que tienen bajo distintos niveles de disponibilidad de humedad. El objetivo del trabajo fue manejar la disponibilidad de humedad en el cultivo de maíz para identificar las ventajas de utilizar el riego tecnificado como una herramienta que mejora el uso del agua, así como evaluar el desempeño de 10 híbridos de maíz (Variedad Cedillo, H-49, H-50, H-53, ((246X242) X MIA46), TSÍRI PUMA, TLAOLI PUMA, ATZIRI PUMA, IXIM PUMA y CUXI PUMA bajo tres condiciones de disponibilidad de humedad (secano, riego tecnificado y riego convencional) en la FES Cuautitlán, UNAM. El experimento factorial en bloques completos al azar se conformó con los tratamientos y la combinación de los factores 10 x 3 establecidos en tres repeticiones haciendo un total de 90 unidades experimentales. Las medias se compararon con el método Tukey ($P < 0.05$). El rendimiento de grano resultó superior en el tratamiento de riego tecnificado con 8.60 t ha⁻¹. No se identificó efecto significativo del tratamiento de riego en las variedades agronómicas de los híbridos de maíz, pero sí se presentó interacción de híbridos con humedad (GXH).

I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

1.1 Rendimiento en el cultivo de maíz

El maíz es uno de los principales cultivos que forman parte de la canasta básica, su uso e importancia radica en que puede ser empleado de diversas maneras, entre las que destaca principalmente el consumo humano y uso forrajero.

En México, de acuerdo a datos del SIAP (2020) se siembran anualmente 7.4 millones de hectáreas de maíz y se producen alrededor de 26 millones de toneladas de grano, así mismo, el SIAP (2020) reporta que los principales estados productores son Sinaloa y Sonora que registran una superficie sembrada de 574,915 y 55,714 hectáreas obteniendo así un rendimiento de 11.22 y 11.64 t ha⁻¹ respectivamente; A pesar de que estos estados se posicionan en el primer lugar de producción y en conjunto con los demás estados productores, no se ha logrado una autosuficiencia de este grano básico para el territorio nacional por lo que se recurre a la importación del mismo.

Con base a datos del SIAP (2023) cada año se importan 17 millones de toneladas de grano entero de maíz, que de acuerdo a Tadeo-Robledo *et al.* (2014) estas cifras se explican por el rendimiento promedio bajo que se tiene en el maíz en México.

Como afirman Borroel-García *et al.* (2018) los rendimientos pueden variar dependiendo la zona de producción y el tipo de irrigación utilizada, los autores reportan que en el norte del país se obtienen rendimientos de 8 t ha⁻¹, bajo condiciones de riego y de 1 t ha⁻¹ bajo seco; de forma respectiva en el caso del centro del país se menciona que la producción en estos dos sistemas es de 6.1 y 3.7 t ha⁻¹; mientras que en el sur los valores son 3.1 y de 2.8 t ha⁻¹ respectivamente.

Desde el punto de vista de Espinosa-Calderón *et al.* (2013) una alternativa para elevar la producción de maíz es el uso de variedades mejoradas, entre las que se encuentran los híbridos, así como el tipo de manejo agronómico que se emplee de acuerdo a la zona de establecimiento.

1.2 Secano

El cultivo establecido bajo condiciones de secano, según Escobar (2014) se define como aquel donde exclusivamente el agua se deposita sobre el suelo y proviene de lluvias o de nevadas. Además, el mismo autor menciona que gran parte de la República Mexicana en donde se lleva a cabo una siembra de secano suele existir pérdida en las cosechas con frecuencia, puesto que su régimen de lluvias es irregular, es por eso que al establecer un cultivo de secano es recomendable realizar el cálculo de la estación o periodo de crecimiento, aunque esta solo da una estimado o una recomendación de fechas óptimas de siembra, sin embargo suele tener un grado de error debido a la variabilidad del comportamiento del clima en los últimos años.

El rendimiento promedio de maíz bajo secano tomando en cuenta datos del SIAP (2020) es de 2.086 t ha⁻¹, aunque estos valores pueden variar dependiendo de la zona en la que esté establecido el cultivo, así como los días con lluvia y días con sequía que se presenten en el lugar (Montesillo-Cedillo, 2016).

Con el fin de incrementar los rendimientos en las zonas productoras de maíz se ha optado por realizar estudios en donde se analiza principalmente el comportamiento hídrico durante el ciclo del cultivo, así como los resultados obtenidos al momento de la cosecha de modo que se generen nuevas propuestas para el establecimiento del mismo. Espinosa-Calderón *et al.* (2010) plantean que una opción para atender la demanda de este grano básico, así como aminorar las dificultades dadas por las condiciones que resultan limitantes de la producción de temporal, es mediante el uso de variedades de grano amarillo de ciclo corto, que tengan la capacidad de aprovechar las condiciones agroclimáticas disponibles durante el ciclo productivo, así como el uso de nuevos híbridos los cuales tengan mayor adaptabilidad a las zonas de producción bajo temporal.

Asimismo, Espinosa-Calderón *et al.* (2013) señalan que en el estado de México haciendo uso de variedades e híbridos mejorados bajo un sistema de secano se

obtiene una media del rendimiento de 4843 kg ha⁻¹, lo cual representa una opción comercial para los Valles Altos de México.

1.3 Riego convencional

El riego convencional o tradicional en México se define como la aplicación de agua por acción de la gravedad que es agregada al suelo de forma directa, cabe mencionar que este tipo de riego es el más antiguo que se usa desde hace más de 4000 años en diferentes partes del mundo (García-Calopiña, 2021).

Desde el punto de vista de García-Calopiña (2021) el riego convencional sigue siendo uno de los sistemas más comunes que se utilizan hoy en día, debido a que son una buena alternativa como método de riego si se cumplen algunas condiciones entre las que destacan principalmente el diseño y el manejo puesto que al compararlos con otros sistemas que existen, resultan con baja eficiencia.

En México, la aplicación de agua a las parcelas productivas es deficiente puesto que en una gran parte del país aún se sigue optando por el riego convencional. Mendoza-Pérez (2016) estima que se aprovecha menos del 30% del agua aplicada debido a que el resto se pierde principalmente por drenaje y por percolación profunda, lo cual trae consigo la pérdida de fertilizantes móviles por lavado del suelo, además García-Calopiña (2021) menciona que es usual en este sistema que la mitad de riego aplicada en el campo se pierde por evaporación, escorrentía, percolación y por la maleza.

En el riego convencional Lázaro-Chávez (2010) señala que la eficiencia de conducción en este método varía del 45 al 60%, en cuestión a la eficiencia de aplicación en promedio el 60%, asimismo, señala que la baja eficiencia del uso del agua en el riego convencional, así como los cambios en cuanto a las precipitaciones han originado problemas de drenaje deficiente y salinización de los suelos en

diferente grado en aproximadamente el 23% de la superficie regada, considerando el estrés hídrico en los cultivos, como en el caso del maíz.

En el cultivo de maíz, Mendoza-Pérez *et al.* (2016) plantean que la deficiencia hídrica, así como las inundaciones severas causan efectos en el rendimiento puesto que se induce constantemente a un estrés en el cultivo, aunque bajo un sistema de riego convencional en el cultivo de maíz se pueden obtener rendimientos de 3 a 4 t ha⁻¹ aproximadamente.

1.4 Riego por gravedad tecnificado

El Riego por Gravedad Tecnificado conocido como RIGRAT de acuerdo a Quevedo-Tizano y Fuentes-Ruiz (2019) tienen como principal objetivo tecnificar el riego por gravedad puesto que en el uso convencional se tiene una baja eficiencia, debido a que no se tiene una programación del riego para satisfacer las demandas requeridas por el cultivo, tal es el caso del maíz.

En México este tipo de riego no ha sido analizado a detalle para las condiciones locales de las zonas productivas, en un estudio realizado por Flores-Gallardo *et al.* (2014) dan a conocer que mediante la implementación del RIGRAT se llegó a obtener hasta 500 kg ha⁻¹ más al rendimiento habitual en un ciclo.

Desde el punto de vista de Domínguez-Ramos (2019) actualmente los productores de maíz en su mayoría practican un riego sin asistencia técnica de modo que se tiene un desperdicio de agua en cada aplicación, Domínguez-Ramos (2019) plantea que en promedio se aplica un caudal de hasta 11.91 L/s por surco para ser aplicado en un lapso de 3 horas, el autor señala que en este tiempo, el suelo no es capaz de absorber toda el agua aplicada de modo que en su mayoría esta se pierde por escorrentía, por lo que sólo se obtiene el 29% de eficiencia de riego; lo cual implica que de cada 100 L de agua que se aplican, solo el cultivo aprovecha 29 L y el resto se pierde.

El riego por gravedad tecnificado (RIGRAT) se logra mediante la asistencia técnica y capacitación a productores en donde se debe considerar el diseño y trazo del riego, la nivelación de tierras así como el pronóstico del riego en tiempo real (Quevedo-Tizano y Fuentes-Ruiz, 2019), aunque Domínguez-Ramos (2019) considera que el caudal de aplicación, el tiempo de riego y la frecuencia de riego basado en cálculos con datos de campo también permite mejorar la eficiencia del riego por gravedad tecnificado por lo que evita que los agricultores tengan cosechas con bajos rendimientos y por consiguiente ingresos bajos.

1.5 Efecto del riego en el maíz

El riego es un factor determinante para el ciclo productivo del maíz, en el cual, al proveer a la planta de la cantidad necesaria de agua de acuerdo a Fernández-Ortiz *et al.* (2022) se logran aumentos significativos en el rendimiento del cultivo, Inzunza-Ibarra *et al.* (2018) mencionan que es necesario conocer el requerimiento y la oportunidad de aplicar el agua al cultivo para lograr una eficiente conversión del agua a grano y materia seca.

Fernández-Ortiz *et al.* (2022) reportan que mediante la aplicación de riego se tienen efectos positivos en la altura de planta, así como en la altura de inserción de mazorca, puesto que en altura de planta el autor refiere que se tiene un incremento en el crecimiento del 19%, por otro lado, la altura de inserción es superior al sistema sin riego.

Otro factor importante que es indispensable tomar en cuenta en el riego de acuerdo a Díaz *et al.* (2007) es la respuesta de la interceptación de la radiación solar y de su conversión en biomasa en el maíz, ya que el autor señala que la radiación está determinada por el área foliar, pero esta se afecta en la reducción de la expansión de la hoja por el déficit de agua y la baja disponibilidad de nutrientes.

El riego del maíz de acuerdo a Díaz *et al.* (2007) sufre menos estrés por la disponibilidad de agua, de modo que al aplicar el riego se debe procurar cubrir las necesidades de la planta sin ocasionar estrés por falta de oxígeno esto debido a la saturación del suelo; el mismo autor menciona que las plantas al sufrir déficit hídrico durante su etapa reproductiva, limitan la absorción de nutrientes y la producción de fotosintatos para la formación y llenado de la semilla, teniendo un efecto negativo en el rendimiento.

I. OBJETIVOS

2.1 Objetivo

Manejar la disponibilidad de humedad en el cultivo de maíz para identificar las ventajas de utilizar el riego tecnificado como una herramienta que mejora el uso del agua.

2.2 Objetivos particulares

- 1.- Evaluar el desempeño de híbridos de maíz bajo tres condiciones de disponibilidad de humedad (secano, riego tecnificado y riego convencional) en la FES Cuautitlán, UNAM.
- 2.- Identificar los efectos de las condiciones de disponibilidad de humedad en las variables agronómicas de 10 híbridos de maíz.
- 3.- Comparar las diferencias en el rendimiento y sus componentes de los híbridos comerciales.

2.3 Hipótesis

Si se aportan los requerimientos de agua en el cultivo de maíz obtenidos por balance hidroclimático, entonces se incrementa el rendimiento y se reducen las pérdidas de agua.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del experimento

El experimento se estableció en la parcela siete ubicada en el rancho Almaraz de la FES Cuautitlán, UNAM. Ubicada en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México en las coordenadas (19° 29' 29" N, 98° 54' 29" W).

La zona se encuentra a una altitud de 2, 254 msnm, con un clima C(w₀) b (i'), es decir templado subhúmedo con lluvias de verano, el más seco de los subhúmedos, con verano fresco, porcentaje de lluvia invernal de 5.14 % y una temperatura media anual de 15.3 °C, la precipitación media anual es de 649.4 mm, la evaporación anual es de 1,489.39 mm; la humedad y presión atmosférica promedio son de 64.4 % y 585.5 mm Hg, respectivamente (Mercado *et al.*, 2020).

En la Figura 1 se observa que el agua total acumulada por precipitación al final del ciclo fue de 461.8 mm, mientras que la temperatura media fue de 17.5°C, siendo el mes de julio el más caluroso con una temperatura promedio de 18.8°C y períodos de sequía siendo este el mes en donde se presentó menor precipitación, teniendo un promedio de 2.49 mm de modo que estos periodos de sequía pueden tener efecto en la diferencia de rendimiento.

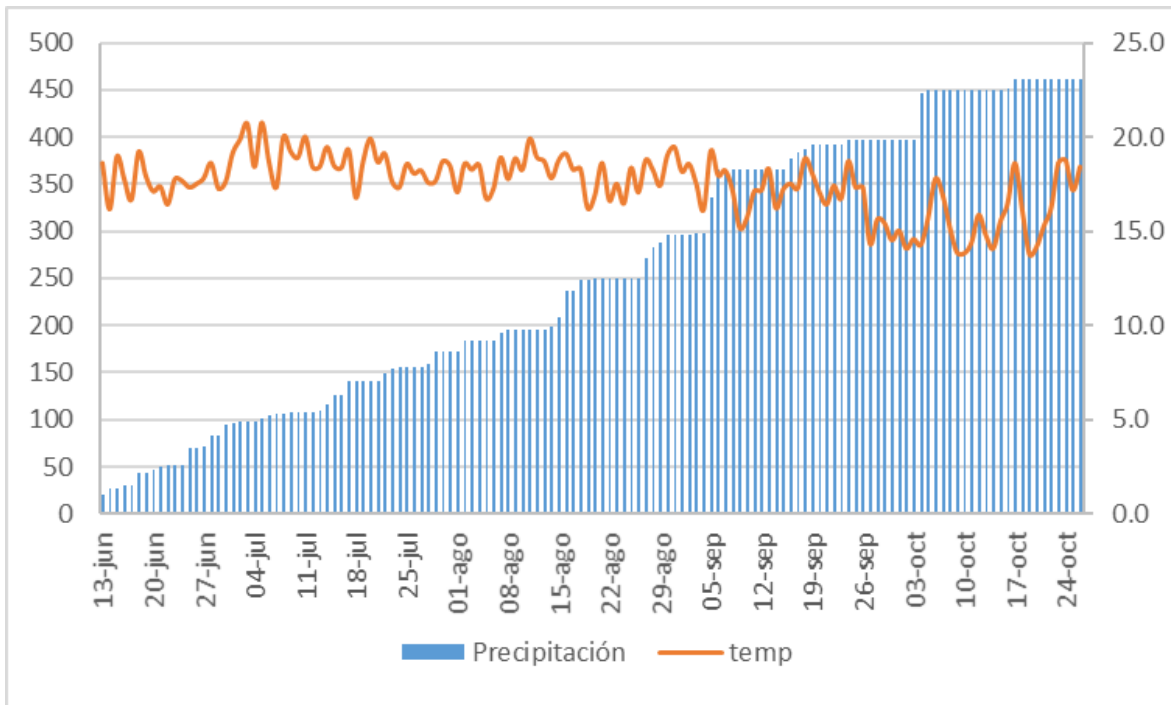


Figura 1. Precipitación y temperatura durante el experimento del ciclo primavera-otoño 2022

3.2 Tratamientos y diseño experimental

En el presente trabajo se emplearon tres híbridos de maíz pertenecientes al Centro de Experimental del Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP: (H-49, H-50, H-53), seis generados en la UNAM: TSIRI PUMA, TLAOLI PUMA, ATZIRI PUMA, IXIM PUMA, CUXI PUMA y ((46X242) X MIA46) y una variedad perteneciente a la empresa Cedillo: Variedad Cedillo. Estos híbridos se generaron en el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, con la colaboración de investigadores del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle de México (Tadeo-Robledo *et al.*, 2022).

El experimento se llevó a cabo bajo un experimento factorial donde los tratamientos se implementaron en un diseño de bloques completos al azar, considerando diez híbridos con tres niveles de disponibilidad de humedad, riego por gravedad

convencional, riego por gravedad tecnificado y secano. Los tratamientos se conformaron con los niveles del factor híbridos (G) y disponibilidad de humedad (H) 10 x 3 con 3 repeticiones, haciendo un total de 90 unidades experimentales.

A cada unidad experimental se le aplicó riego de acuerdo al tratamiento. El riego convencional consistió en aplicar riego cuando las plantas mostraron marchitamiento debido al estrés hídrico que se presentó durante la sequía intraestival. El riego tecnificado se aplicó siguiendo la metodología de Quevedo-Tiznado (2019) con un balance hidrológico y monitoreando la humedad del suelo con un medidor de humedad volumétrica FieldScout TDR 350 de nueva generación de Spectrum Technologies.

3.3 Manejo agronómico

La preparación del terreno se realizó de manera mecánica dando un paso de arado y dos de rastra, los sucos se realizaron a una distancia de 80 cm de distancia.

La siembra se realizó en el mes de junio cuando el suelo tenía un porcentaje de humedad de entre el 15 al 25 % para asegurar la germinación, la humedad se midió con el dispositivo FieldScout TDR 350, la siembra se realizó de manera manual colocando de 2 a 3 semillas por golpe a lo largo de la unidad experimental a una distancia de 20 cm entre plantas. A los 30 días después de la siembra se realizó un aclareo para establecer la densidad de 70 mil plantas por hectárea.

Dos días después de la siembra se realizó la aplicación del herbicida LUMAX GOLD (tembotrione y atrazina) con una dosis de 2 L ha⁻¹.

La cosecha se llevó a cabo de manera manual en el mes de diciembre, en donde se recolectaron todas las mazorcas de cada unidad experimental.

3.4 Evaluación de tratamientos

Las variables que se consideraron para evaluar el efecto del riego en híbridos de maíz fueron el rendimiento y sus componentes como son; floración masculina (FM), floración femenina (FF), altura de planta (ALP), altura de mazorca (ALM), diámetro de mazorca (DM), hileras por mazorca (HM), granos por hilera (GH), granos por mazorca (G/M).

Para obtener los datos a evaluar se realizó lo siguiente:

La cosecha se llevó a cabo de manera manual en donde se deshojaron las mazorcas de cada unidad experimental y se tomó el peso total de las mazorcas cosechadas en kg para obtener el peso en campo, se seleccionaron cinco mazorcas las cuales se colocaron en bolsas de papel previamente rotuladas y se dejaron secar a un nivel de humedad óptimo lo cual se llevó a cabo en aproximadamente dos semanas, una vez que se contaba con el nivel de humedad se pesaron, se midió el diámetro de mazorca en centímetros con un vernier; así mismo se contabilizó el número de hileras por mazorca y el número de granos por hilera, para posteriormente desgranar la mazorca.

Una vez que se desgranaron las mazorcas se pesaron los granos de cinco mazorcas los cuales se emplearon para determinar el porcentaje de humedad del grano para lo cual se empleó el determinador de humedad Stenlite modelo GAC2100.

El porcentaje de materia seca (%MS) se determinó mediante cálculos, en donde a cien se le restó el valor de la humedad medido con el Stenlite modelo GAC2100. Para obtener el porcentaje de grano/mazorca se determinó mediante el peso de 5 mazorcas de cada unidad experimental, de modo que el valor fue dado por el peso del grano entre el peso de grano más olote.

Los valores obtenidos de la longitud de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera se calcularon mediante el promedio de la muestra de cinco mazorcas.

Algunas variables fueron determinadas directamente en campo las cuales son:

La floración masculina (FM) se tomó después de la siembra cuando el 50% de las plantas presentaban espiga, la floración femenina (FF) se identificó después de la siembra cuando se presentó el 50% de los estigmas.

Una vez recabados todos los datos en la fase de campo y laboratorio se calculó el rendimiento en donde se empleó la ecuación recomendada por Espinosa *et al.* (2013) y se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Rendimiento} = (\text{P.C} \times \% \text{MS} \times \% \text{G} \times \text{F.C.}) / 8600$$

dónde:

P.C. = peso de campo del total de mazorcas cosechadas por unidad experimental expresado en kilogramos.

% MS = porcentaje de materia seca; calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas.

% G = porcentaje de grano, obtenido como el cociente peso de grano/peso de mazorca.

F.C.= Factor de conversión para obtener rendimiento por hectárea, se obtiene al dividir 10 000 m²/tamaño de la parcela útil en m² (4 m²).

8600 = es un valor constante, que permite estimar el rendimiento con una humedad uniforme del 14%, que es a la cual se manejan las semillas en forma comercial.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANDEVA) presentó significancia para el factor genotipo ($P < 0.05$), en ocho de las variables respuesta: floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca y rendimiento de grano. El factor humedad no mostró un efecto significativo en las variables respuesta. Las interacciones significativas para híbridos con humedad (GXH) se presentaron en floración femenina, altura de mazorca, hileras por mazorca y granos por mazorca (Cuadro 1).

Las medias generales de las variables floración femenina, floración masculina, altura de planta, y altura de mazorca se identificaron en campo; la floración masculina y femenina resultaron precoces con 79 y 81 días con un periodo promedio de 2 días de diferencia entre ellas lo cual ayuda a que exista disponibilidad de polen para la polinización y respectiva fecundación, la altura de planta y de mazorca con 199 y 91 cm favorecen tanto la cosecha de forma manual como la mecanizada, los datos de las alturas obtenidos son muy cercanos a los que reportaron Martínez-Yañez *et al.* (2017) para híbridos no convencionales, respecto a los días de floración resultaron cercanos a los que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2023) para híbridos similares en el Valle de México. De acuerdo a lo que reportaron Villalobos-González *et al.* (2016), la baja disponibilidad de agua se relaciona con el retraso o reducción de días a floración en híbridos teniendo efecto directo en la antesis floral.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia de diez variables respuesta en híbridos de maíz PUMA e INIFAP bajo manejo de disponibilidad de humedad.

F.V.	Variables respuesta									
	FM	FF	ALP	ALM	HM	GH	G/M	RG		
	---días---		---cm---		-----núm-----				t ha ⁻¹	
Bloque	2	7	533	311	2	2	5083	3.18		
GEN (G)	9**	20**	1347**	1620**	6**	17*	13196**	15.20**		
HUM(H)	0	6	133	16	2	10	8309	2.95		
GXH	3	14**	312	505**	4**	9	8324*	3.26		
MEDIA	79	81	199	91	16	31	492	8		
CV	1.67	2.15	5.48	14.93	8.71	8.63	13.61	18.43		

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; CV= coeficiente de variación (%); FM= floración masculina; FF= floración femenina; ALP= altura de planta; ALM= altura de mazorca; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca; PV= peso volumétrico; RG=rendimiento de grano

La longitud de mazorca, así como su número de hileras resultaron con promedios de 15 cm y 16 hileras, los granos por hilera presentaron un valor promedio de 31, lo que generó un promedio total de 492 granos por mazorca, estos resultados son superiores a los que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2023) en investigaciones donde se estudiaron los mismos híbridos en ambientes del Valle de México. Los resultados obtenidos se pueden relacionar con la disponibilidad de humedad con la que se manejaron los híbridos, así como las condiciones climáticas que se presentaron durante el establecimiento de los ensayos.

El rendimiento tuvo una media de 8.28 t ha⁻¹ en donde se obtuvo un valor semejante a lo que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2020) en un experimento similar donde el rendimiento fue de 8.21 t ha⁻¹ en donde el volumen de agua por lluvia fue de 7 888 m³ ha⁻¹. Asimismo, el valor obtenido en el experimento fue menor a los reportado por Inzunza-Ibarra *et al.* (2020) en un experimento establecido en terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA) del INIFAP, con maíz bajo el monitoreo de regímenes de humedad en el suelo aprovechables en donde menciona que el rendimiento fue de 10.34 t ha⁻¹ bajo un riego por gravedad aplicando 790 mm de agua.

Los resultados de rendimiento en este trabajo fueron superiores respecto a los que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2023) con 5.36 t ha⁻¹ de rendimiento en donde la principal fuente de agua fue la lluvia, ingresando 460 mm de lluvia total en el periodo de junio a octubre con presencia de sequía mayor entre julio y agosto.

La diferencia de rendimiento puede deberse a la variabilidad de la cantidad de agua entre cada ciclo experimental, así como los periodos de sequía y características edafoclimáticas del suelo.

4.1. Comparación de Medias por Factor

Los datos promedio de los genotipos mostraron que la floración masculina fue similar en los ambientes de riego convencional, tecnificado y seco con 79 días, por lo que no fue significativo. En la floración femenina se llevó a cabo a los 81 días en los tres tratamientos, por lo que no fue significativa estadísticamente, aunque si se consideran que la floración masculina fue precoz en los tres tratamientos de riego; la precocidad de acuerdo con Alonso-Sánchez *et al.* (2023) se relaciona con la disponibilidad de humedad, y es una respuesta de la planta para evadir el estrés por déficit de agua en el suelo. Los resultados fueron similares a los que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2023) en un experimento con híbridos de maíz bajo condiciones similares (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias de 10 variables agronómicas para tratamientos de riego de híbridos de maíz

F. V	Variables respuesta									
	FM	FF	ALP	ALM	HM	GH	G/M	RG		
	--- días ---		--- cm ---		--- núm ---		---		t ha ⁻¹	
Tratamientos										
Convencional	79 a	81 a	201 a	90 a	16 a	32 a	506 a	7.97a		
Tecnificado	79 a	81 a	198 a	92 a	15 a	31 a	474 a	8.60a		
Secano	79 a	81 a	198 a	92 a	16 a	32 a	495 a	8.26a		
DSH	0.8	1.1	8.9	8.5	0.8	1.7	42.2	0.9		
HÍBRIDO										
Variedad Cedillo	81 a	84 a	224 a	120 a	14 b	30 ab	418 b	5.81c		
H-49 AE	77 c	80 b	198 bc	90 bcd	16 a	32 ab	520 ab	8.83ab		
H-53 AE	80 ab	81 b	205 abc	95 bcd	16 a	32 ab	520 ab	8.99ab		
H 50	78 bc	80 b	212 ab	104 ab	17 a	33 a	557 a	9.93a		
(246X242) X M1A46	79 bc	82 ab	201 bc	98 bc	15 ab	32 ab	494 ab	8.12abc		
TSIRI PUMA	78 bc	80 b	189 c	81 cd	16 ab	30 ab	474 ab	7.43bc		
TLAOLI PUMA	79 bc	80 b	188 cd	79 cd	15 ab	31 ab	479 ab	8.95ab		
ATZIRI PUMA	79 bc	80 b	185 c	76 d	16 a	29 b	468 ab	7.33bc		
IXIM PUMA	79 abc	81 b	192 bc	84 bcd	15 ab	32 ab	473 ab	7.44bc		
CUXI PUMA	79 abc	80 b	194 bc	86 bcd	16 ab	32 ab	513 ab	9.95a		
DSH	2.1	2.7	22.2	21.1	2.1	4.2	105.3	2.4		

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; CV= coeficiente de variación (%); FM= floración masculina; FF= floración femenina; ALP= altura de planta; ALM= altura de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH= granos por hilera; GM= granos por mazorca; PV= peso volumétrico; RG=rendimiento de grano

Las alturas de planta de 201 cm fueron mayores bajo el riego tradicional mientras que la altura de mazorca de 92 cm fue mayor bajo seco, estos datos pueden deberse a que a mayor cantidad de agua propicia que la planta tienda a tener mayor desarrollo, estos datos son similares a los obtenidos por Monter (2020) para líneas de híbridos de Valles Altos. En este trabajo la cantidad de agua bajo seco fue de 462 mm durante todo el ciclo, respecto al tradicional en el que se aplicó una lámina adicional de 207.5 mm y de 165 mm en el tecnificado, tomando en cuenta la precipitación entonces se obtuvo un total de agua de 669.5 mm en riego tradicional y en el tecnificado un total de 627 mm. La diferencia en láminas totales permite identificar una oportunidad para el ahorro de agua.

La característica de mazorca en cuanto a la longitud resultó mayor en el tecnificado con 15 cm, el número de hileras con 16, y 506 granos totales, los resultados en este trabajo fueron superiores a los que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2023) en un estudio con híbridos similares en ambientes de Valles Altos donde la principal fuente de agua fue la lluvia y hubo presencia de sequía durante el ciclo de cultivo.

El rendimiento resultó superior en el tratamiento de riego tecnificado con 8.60 t ha⁻¹ de acuerdo con Inzunza-Ibarra *et al.* (2018) al suministrar sólo el agua necesaria a la planta, los porcentajes de humedad son más aprovechables durante las etapas vegetativa y reproductiva lo que propicia el aumento del rendimiento y uso aprovechable del agua.

La reducción del rendimiento con una alta lámina de riego como es el caso del riego convencional ocurre porque según Navarro *et al.* (2013) podría existir un lavado de nutrientes en el suelo por lo que genera una baja fertilidad en el mismo lo que ocasiona la baja disponibilidad para el cultivo, además, los excesos de agua pueden propiciar anoxia radical.

Los híbridos mostraron períodos de floración precoz entre 77 y 79 días comparando con lo que reportaron López-López *et al.* (2017) y similar a lo que reportaron Alonso *et al.* (2023) con híbridos similares a los de este estudio.

Las alturas de plantas y mazorca no superan los 224 y 120 cm respectivamente, que de acuerdo a Espinosa-Calderón *et al.* (2001) esto favorece mayor facilidad para la cosecha, resistencia al acame y manejo en general del cultivo.

El híbrido CUXI PUMA presentó rendimiento mayor con 9.95 t ha⁻¹ y sobresalió significativamente en las características de mazorca principalmente en el número de granos por hilera, también destacó entre los valores más altos de floración masculina y longitud de mazorca.

Los valores de rendimiento fueron superiores a los que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2020) bajo secano, dichos valores difieren debido a la cantidad de lámina de agua que ingresó a los experimentos lo que propició mejores condiciones hídricas en este estudio.

El ATZIRI PUMA presentó un rendimiento de 7.33 t ha⁻¹ y superó en rendimiento al TSIRI PUMA (7.43 t ha⁻¹), estos híbridos han resultado con rendimientos similares a los obtenidos con materiales PUMA evaluados en valles Altos del Estado de México que reportaron Tadeo-Robledo *et al.* (2022) y que de acuerdo a Espinosa-Calderón *et al.* (2018) presentan características que son óptimas y aceptables para la región.

Considerando que una de las variables más importante para los agricultores es el rendimiento de grano, resulta indispensable conocer las acciones necesarias y toma de decisiones en cuanto a los híbridos empleados, de tal manera que permita obtener mejores resultados de producción de acuerdo a cada región en donde los híbridos PUMA destacan en rendimiento, que corresponde con lo que reportaron Alonso-Sánchez *et al.* (2020).

Los híbridos H-49, H-53, H-50, y (246X242) X MIA46 resultaron con rendimiento superior con respecto a lo reportado para el mismo sitio en experimentos anteriores que reportaron Espinosa-Calderón *et al.* (2012), Canales *et al.* (2016), Alonso-Sánchez *et al.* (2020) y Espinosa-Calderón *et al.* (2022), esta variabilidad de resultados se relaciona con la variable distribución espacial y temporal de la

precipitación y a la cantidad de agua total que ingresó a cada experimento, así como el manejo agronómico y la época de siembra.

4.2. Interacciones

Las interacciones significativas híbridos con humedad (GXH) se presentaron para la floración femenina, altura de mazorca, diámetro de mazorca, hileras por mazorca, granos por mazorca y rendimiento (Cuadro 3).

En la floración femenina las interacciones híbrido x riego (convencional, tecnificado y seco) se mostraron en tres grupos de medias, de acuerdo con Tadeo-Robledo *et al.* (2012) esta característica se puede deber principalmente a las características de la zona, así como la disponibilidad de agua y la respuesta de la planta ante las condiciones de humedad.

La interacción del híbrido (246X242) X MIA46 y riego tecnificado mostró valores mayores con floración femenina de 88 días, altura de mazorca de 125 cm, en contraste con los valores 79 y 94 respectivamente que presentó el híbrido H-50 con riego tecnificado; el híbrido H-53 AE presentó los valores más altos para hileras por mazorca con 17 cm para tecnificado, el híbrido TLAOLI PUMA obtuvo el valor más alto en diámetro de olote con 5 cm en el tecnificado, la Variedad Cedillo obtuvo el valor más alto con 141 cm en altura de mazorca bajo el sistema de seco; en cuanto a los granos totales por mazorca el Híbrido H-50 presentó los valores más altos con 578 en el ambiente tradicional, en cuanto al rendimiento bajo el riego convencional el híbrido H-53 AE mostró el valor más alto con 10 t ha⁻¹, en el riego tecnificado el híbrido TLAOLI PUMA presentó el rendimiento de 11 t ha⁻¹, en el cultivo bajo seco destacó el CUXI PUMA con 11 t ha⁻¹, estos resultados se relacionan con la respuesta que tienen los genotipos a las diferencias de disponibilidad de humedad en sitios del Valle de México.

Cuadro 3. Comparación de medias de las variables de producción de la interacción tratamiento de riego con los híbridos de maíz

HÍBRIDO	Variables respuesta																					
	FF			ALM			DM			HM			G/M			RG						
	----- días -----						----- cm -----						----- núm -----						----- t/ha-1 -----			
	Con	Tec	Sec	Con	Tec	Sec	Con	Tec	Sec	Con	Tec	Sec	Con	Tec	Sec	Con	Tec	Sec	Con	Tec	Sec	
Varietal Cedillo	86 ab	81 c	86 ab	127 ab	92 bcd	141 a	4 abc	5 abc	5 abc	4 bc	14 abc	15 abc	13 bc	435 a	441 a	379 a	5 cd	7 abcd	5 d			
H-49AE	80 c	80 c	78 c	85 bcd	102 abcd	82 cd	5 abc	5 ab	5 abc	5 abc	16 abc	17 ab	16 abc	470 a	585 a	507 a	8 abcd	10 abc	8 abcd			
H-53AE	82 abc	82 abc	79 c	99 abcd	95 bcd	91 bcd	5 abc	5 abc	5 abc	5 abc	16 abc	17 ab	16 abc	517 a	547 a	496 a	10 abc	9 abcd	8 abcd			
H 50	81 bc	79 c	80 c	111 abcd	94 bcd	106 abcd	5 ab	5 ab	5 a	5 a	17 abc	16 abc	17 ab	578 a	534 a	560 a	9 abcd	10 abc	10 abc			
(246X242) X MIA46	80 c	88 a	79 c	83 cd	125 abc	86 bcd	5 abc	4 c	5 abc	5 abc	18 a	13 c	15 abc	577 a	367 a	537 a	8 abcd	7 abcd	9 abcd			
TSIRI PUMA	81 bc	80 c	79 c	79 d	81 d	82 cd	5 abc	5 abc	5 abc	5 abc	17 abc	14 abc	16 abc	539 a	390 a	492 a	8 abcd	6 bcd	9 abcd			
TLAOU PUMA	79 c	81 c	81 bc	71 d	88 bcd	80 d	5 abc	5 a	5 abc	5 abc	15 abc	16 abc	14 abc	462 a	501 a	474 a	8 abcd	11 a	8 abcd			
ATZIRI PUMA	79 c	80 c	81 bc	81 d	72 d	73 d	5 abc	5 abc	5 abc	5 abc	16 abc	16 abc	17 abc	469 a	475 a	459 a	7 abcd	8 abcd	7 abcd			
IXIM PUMA	81 c	82 bc	82 bc	80 d	85 bcd	87 bcd	5 abc	5 ab	5 abc	5 abc	14 abc	14 abc	16 abc	478 a	435 a	507 a	7 abcd	7 abcd	8 abcd			
CUXI PUMA	79 c	81 bc	80 c	87 bcd	81 cd	90 bcd	5 ab	5 abc	5 abc	5 abc	16 abc	15 abc	16 abc	539 a	462 a	539 a	9 abcd	10 abc	11 ab			
DSH	5.6082			43.789			0.7579			4.3861			218.23			4.906						

Las medias con la misma letra dentro del grupo de las variables observadas son iguales estadísticamente * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; FF= floración femenina; ALM= altura de mazorca; HM= hieras por mazorca; GM= granos por mazorca; DM= diámetro de mazorca; RG=rendimiento de grano; DHS=diferencia significativa honesta; Conv= convencional; Tec= tecnificado; Sec= secoano.

Los híbridos TSIRI PUMA y ATZIRI PUMA han destacado en variables agronómicas así como en el rendimiento bajo un sistema de secano en la zona de estudio de acuerdo con lo que reportaron Tadeo-Robledo *et al.* (2020), sin embargo, en este estudio los valores obtenidos para estos híbridos no destacaron significativamente, aunque se podría hacer un estudio por separado en trabajos posteriores para poder realizar una mejor comparativa, estos valores pueden verse afectados por la disponibilidad de agua en la zona de estudio así como la capacidad de aprovechamiento de la planta, aumentando o disminuyendo su productividad.

IV. CONCLUSIONES

Se identificaron diferencias significativas entre los genotipos en las variables respuesta; floración masculina, floración femenina, altura de planta, altura de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca y rendimiento de grano, así como una interacción significativa de los factores genotipos con humedad (GXH) que fueron en las variables; floración femenina, altura de mazorca, hileras por mazorca y granos por hilera.

Las hileras por mazorca, granos por hilera y granos por mazorca no incrementaron directamente el rendimiento de los híbridos.

El rendimiento se puede relacionar con la heterogeneidad de algunas características edáficas como la fertilidad o la textura, en este sentido, resulta importante realizar estudios a futuro para conocer su efecto en la producción de los híbridos.

La cantidad de agua disponible en el suelo es determinante en la respuesta y comportamiento de los híbridos, la humedad que se almacena en el suelo es un factor que ayuda a las plantas en los periodos de sequía.

El híbrido H-53 AE obtuvo el mayor rendimiento bajo un riego convencional con 10 t ha^{-1} , el híbrido TLAOLI PUMA y el CUXI PUMA presentaron el mismo rendimiento de 11 t ha^{-1} , el TLAOLI PUMA obtuvo los mejores resultados bajo el riego tecnificado y el CUXI PUMA bajo seco.

El híbrido con el rendimiento más bajo fue el TSIRI PUMA con riego tecnificado y resultó de 6 t ha^{-1} , la Variedad Cedillo con riego convencional y bajo seco con 5 t ha^{-1} , se recomienda estudiar en próximos trabajos los requerimientos necesarios para una mejor respuesta de estos materiales.

Es indispensable seguir realizando estudios para determinar el potencial de los híbridos y variedades bajo distintas condiciones y zonas de estudio, permitiendo su mejoramiento; estos estudios ayudan a que se puedan dar mejores recomendaciones a los productores.

**Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a
Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica
(PAPIIT) de la UNAM << IA105122 >>**

Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida

V. LITERATURA CITADA

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., & López-López, C. (2020). Productividad del agua y rendimiento de maíz bajo diferente disponibilidad de humedad. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(5), 1005-1016.

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J., López-López, C., Zamudio-González, B., Monter-Santillán, A., Turrent-Fernández, A., Arteaga-Escamilla, I., & Mora-García, K. (2023). Efecto de la densidad de población y la fertilización sobre la productividad del agua y rendimientos de híbridos de maíz en el Valle de México. *Terra Latinoamericana*, 41, e1577. Epub 12 de junio de 2023. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>

Borroel-García, V., Salas-Pérez, M., Ramírez-Aragón, J., López-Martínez y Luna-Anguiano. (2018). Rendimiento y componentes de producción de híbridos de maíz en la Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana* 36: 423-429. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.281>

Canales-Islas, E., Tadeo-Robledo, M., Mejía-Contreras, J., García-Zavala, J., Espinosa-Calderón, A., Castillo-González, F., Sierra-Macías, M., y Gómez-Montiel, N. (2016). Estabilidad del rendimiento de grano en híbridos trilineales androesteriles de maíz para Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(8), 1815-1827. Recuperado en 05 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000801815&lng=es&tlng=es.E

Díaz V., Pérez D., Páez O., López G., y Partidas R. (2007). Evaluación del crecimiento del maíz (Zeamays L.) en función de dos técnicas de riego y diferentes niveles de nitrógeno. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4), 84-87.

Domínguez-Ramos, T. (2019). Mejora de la eficiencia de riego por gravedad en las comisiones de riego del distrito de Chupaca-2018.

Escobar, R., (2014). El cultivo de secano. *Revista de Geografía Agrícola*, (52-53), 61-113.

Espinosa-Calderón, A, Tadeo-Robledo, M, Arteaga-Escamilla, I, Turrent-Fernández, A, Sierra-Macías, M, Gómez-Montiel, N, Palafox-Caballero, A, Valdivia-Bernal, R, Trejo-Pastor, V, & Canales-Islas, E. (2012). Rendimiento de las generaciones F1 y F2 de híbridos trilineales de maíz en los valles altos de México. *Universidad y ciencia*, 28(1), 57-64. Recuperado en 05 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792012000100006&lng=es&tlng=es.

Espinosa-Calderón, A., Tadeo Robledo, M., Gómez Montiel, N., Sierra Macías, M., Virgen Vargas, J., Palafox Caballero, A., Vázquez Carrillo, G., y Valdivia Bernal, R. (2010). V-54 A, nueva variedad de maíz de grano amarillo para siembras de temporal retrasado en Valles altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(5), 677-680. Recuperado en 05 de octubre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000500005&lng=es&tlng=es.

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*, 24(1), 93-99. Retrieved June 18, 2023, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000100009&lng=en&tlng=es.

Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Turrent-Fernández, A., Sierra-Macías, M., Gómez-Montiel, N., & Zamudio-González, B. (2013). Rendimiento de variedades precoces de maíz grano amarillo para valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 93-99. Retrieved October 05, 2023, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212013000100009&lng=en&tlng=es.

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*, 13(7), 1333-1338. Epub 22 de noviembre de 2022. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.1768>

Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Virgen-Vargas, J., Turrent-Fernández, A., Rojas-Martínez, I., ... Martínez-Nuñez, B. (2018). H-47 AE, híbrido de maíz para Valles Altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 1(41), 87-89.

Espinosa-Clderón, A., Tadeo-Robledo, M., Medina, H., Gutiérrez, J., y Luna, M. (2001). Alternativas para favorecer la polinización y producción de semilla del híbrido h-311 de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 229-235.

Fernández-Ortiz, C., González-Prieto, S., Silva-Oviedo, D., Osmar, M., & Morel-López, E. (2022). Efecto del riego sobre las características agronómicas de diferentes híbridos de maíz. *Revista Científica de la UCSA*, 9(2), 86-93.

Flores-Gallardo, H., Sifuentes-Ibarra, E., Flores-Magdaleno, H., Ojeda-Bustamante, W., y Ramos-García, C. (2014). Técnicas de conservación del agua en riego por gravedad a nivel parcelario. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(2), 241-252. Recuperado en 05 de octubre de 2023, de

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000200006&lng=es&tlng=es.

García-Calopiña, L. F. (2021). Propuesta de un sistema de riego por inundación optimizado basado en el monitoreo de las características del suelo (Tesis para optar el título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas. Piura, Perú.

Inzunza-Ibarra, M., Villa-Castorena, M., Catalán-Valencia, E., López-López, R., y Sifuentes-Ibarra, E. (2018). Rendimiento de grano de maíz en deficit hídrico en el suelo en dos etapas de crecimiento. *Revista fitotecnia mexicana*, 41(3), 283-290.

Lázaro-Chávez, P., Saucedo-Rojas, H., Zatarain-Mendoza. (2010). Riego por gravedad. Instituto Mexicano De Tecnología Del Agua.

López López, C., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., García Zavala, J., Benítez Riquelme, I., Vázquez Carrillo, M., Y Carrillo Salazar, J. (2017). Productividad de cruza simples de maíz con calidad de proteína en Valles Altos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 559-570.

Martínez-Yañez, B., Tadeo-Robledo, M., Benítez-Riquelme, I., Vázquez-Carrillo, G., Espinosa-Calderón, A., Mejía-Contreras, J., López-López, C., y Martínez-Díaz, F. (2017). Productividad de híbridos no convencionales de maíz de endospermo amarillo para valles altos de México. *Agrociencia*, 51(6), 635-647. Recuperado en 19 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952017000600635&lng=es&tlng=es

Mendoza-Pérez, C., Sifuentes-Ibarra, E., Ojeda-Bustamante, W., y Macías-Cervantes, J. (2016). Respuesta del maíz regado por gravedad al riego deficitario controlado. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 8(1), 29-40. Epub 31 de agosto de 2020. <https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2016.03.001>

Mercado-Mancera, G., Granados-Mayorga, A. K., y Vázquez-Pérez, C. (2019). Treinta años de trabajo de la estación meteorológica Almaraz, FES-C. Memorias del congreso nacional de tecnología (CONATEC), Año 2, No. 2, septiembre 2019 - agosto 2020. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2019/mem2019_paper26.html

Monter, A. (2020). *Madurez fisiológica de nuevos híbridos de maíz de grano blanco para Valles Altos de México*. [Tesis para obtener título]. Repositorio UNAM. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000803627/3/0803627.pdf>

Montesillo-Cedillo, J. (2016). Rendimiento por hectárea del maíz grano en México: distritos de riego vs temporal. *Economía Informa*, 398, 60-74.

Navarro, B. S., & Navarro, G. G. (2013). *Química Agrícola* (479 pp.). Madrid, España: Mundi-Prensa. ISBN: 9788484766568

Quevedo-Tiznado, J., & Fuentes Ruiz, C. (2019). Seguimiento y evaluación del proyecto de riego por gravedad tecnificado en 6,000 hectáreas del distrito de riego 043, estado de Nayarit.

SIAP (Servicio de Información Alimentaria y Pesquera). (2020). *Avance de Siembras y Cosechas Resumen por estado 2022*. Consultado el 15 de agosto, 2023, desde http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do

SIAP (Servicio de Información Alimentaria y Pesquera). (2023). *Panorama agroalimentario 2023*. Consultado el 17 de enero, 2024, desde https://drive.google.com/file/d/1FWHntHMgJw_uOse_MsOF9jZQDAm_FOD9/view

Tadeo-Robledo, M., Calderón Espinosa, A., Islas Canales, E., López López, C., Meza, P. A., & González Zamudio, B. (2022). Atziri Puma: híbrido de maíz de grano blanco para Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(7), 1339-1343.

Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Arteaga-Escamilla, I., Trejo-Pastor, V., Sierra-Macías, M., Valdivia-Bernal, R., & Zamudio-González, B. (2012). Productividad de variedades precoces de maíz de grano amarillo para Valles Altos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(7), 1417-1423. Recuperado en 09 de septiembre de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000700010&lng=es&tlng=es.

Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Canales-Islas, E., López-López, C., Zamudio-González, B., Turrent-Fernández, A., Gómez-Montiel, N., Sierra-Macías, M., Martínez-Gutiérrez, A., Valdivia-Bernal, R., y Andrés-Meza, P. (2020). Grain yield and population densities of new corn hybrids released by the INIFAP and UNAM for the High Valleys of Mexico. *Terra Latinoamericana*, 38(3), 507-515. Epub 12 de enero de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.557>

Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Zamudio-González, B., Valdivia-Bernal, R., & Andrés-Meza, P. (2014). Productividad de grano de cuatro híbridos trilineales de maíz en versión androesteril y fértil. *Agronomía Mesoamericana*, 25(1), 45-52.

Villalobos-González, A., López-Castañeda, C., Miranda-Colín, S., Aguilar-Rincón, V., y López-Hernández, M. (2016). Relaciones hídricas en maíces de Valles Altos de la Mesa Central de México en condiciones de sequía y fertilización nitrogenada. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(7), 1651-1665. Recuperado en 19 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342016000701651&lng=es&tlng=es