

## RIEGO DEFICITARIO SOSTENIDO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE VALLES ALTOS DE MÉXICO

Silvia Alexa Licona Rodríguez<sup>1\*</sup>; Homero Alonso Sánchez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Carr. Cuautitlán-Teoloyucan Km. 2.5, San Sebastián Xhala, 54714 Cuautitlán Izcalli, Estado de México.

alex2000milennial@gmail.com - 5582297750 (\*Autor de correspondencia)

### Resumen

El maíz consume cerca del 40% del agua de riego en México. El objetivo del trabajo fue estudiar el efecto que tiene el Riego Deficitario, sostenido durante todo el ciclo del cultivo, en la productividad de híbridos de maíz y en variables agronómicas en una parcela del Distrito de Riego 073 La Concepción para una posible reducción en el volumen de riego sin afectar la producción. El diseño experimental fue factorial con tres bloques completos al azar, el factor híbridos (H) comprendió diez materiales (H1...H10) y el factor déficit de riego (D) se implementó con reducción del 10% (D1), 20% (D2) y 30% (D3) de la evapotranspiración del cultivo. Las variables agronómicas mostraron significancia a los efectos simples de los factores. También se presentó interacción factorial (HxD) en el rendimiento de grano y longitud de mazorca. El híbrido TSIRI PUMA presentó el rendimiento mayor con 18.40 t ha<sup>-1</sup> bajo el déficit del 10%, y el rendimiento menor lo presentó H-47 bajo el mismo déficit con 6.80 t ha<sup>-1</sup>. Por otra parte, el híbrido IXIM PUMA expresó el mejor rendimiento bajo el 20% de déficit con 15.83 t ha<sup>-1</sup> y CUXI PUMA presentó el mejor rendimiento bajo el 30% de déficit con 17.07 t ha<sup>-1</sup>. El riego deficitario sostenido presentó una respuesta diferencial entre los híbridos de maíz en el rendimiento de grano, lo que sirve como herramienta para implementar los híbridos según la disponibilidad de humedad.

**Palabras claves:** Zea mays, déficit hídrico, riego incompleto.

## Introducción

El agua utilizada en México para la agricultura representa una eficiencia de riego a nivel parcelario menor al 50% que se interpreta como pérdidas significativas en los recursos invertidos para la extracción y distribución del líquido (Chávez et al., 2010). Ojeda-Bustamante et al. (2006) y Chávez et al. (2010) reportan que la eficiencia global del riego en México es inferior al 50%. Existen por lo menos tres formas de irrigar cada cual con diferentes grados de eficiencia y niveles de costos; en orden de mayor a menor son: goteo, aspersión y rodado (Carrillo y Gómez, 2020). Por otra parte, se debe considerar que la disponibilidad de agua asegura la producción como en el caso del maíz con riego que presenta un rendimiento de 9.3 t ha<sup>-1</sup> y de temporal en la misma época con un rendimiento de 3 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2024). Este mismo comportamiento se ve reflejado en cultivos como: papaya, sorgo, papa, frijol, garbanzo, entre otros, donde los rendimientos disminuyen cuando no se dispone de riego en más del 50% (González et al., 2012).

El Riego Deficitario (RD) consiste en proporcionar menor cantidad de agua que la evapotranspiración del cultivo, generando un estrés hídrico en la planta, que puede contribuir a un uso racional del agua en función de dos interrogantes: ¿cuándo aplicar el déficit? y ¿cómo aplicar el déficit? (Pérez y Capra, 2015). El RD se clasifica de dos formas, Riego Deficitario Controlado (RDC) que consiste en suministrar menor agua que la requerida por el cultivo en etapas determinadas y el Riego Deficitario Sostenido (RDS) que se refiere a incorporar un nivel de estrés determinado y constante en función de los niveles de evapotranspiración reportados sin considerar el desarrollo del cultivo.

El RD en cualquiera de sus variantes se considera como el estudio de la respuesta de la planta al agua y así mismo modificar la frecuencia e intensidad que puede generar bajas o altas variaciones en el rendimiento, por ejemplo: en un estudio de pimiento en Venezuela se realizó un riego diario al 60%, 80% y 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) y cada dos días con los mismos niveles de déficit. En dicho estudio se observó que el riego diario mostró mayor producción con 4,8 kg m<sup>-2</sup> e incrementando la producción en un 11.25% (Rodríguez et al., 2014). En otro estudio en Cuba sobre el cultivo de Frijol con cuatro criterios de riego, a partir de pivote central, se consiguió 1, 600 kg ha<sup>-1</sup> como el mayor rendimiento en el cuadrante 1 bajo el criterio del 100 % de la demanda del cultivo. El valor más bajo lo reportó el cuadrante 4 regado según estrategias tradicionales de la unidad productiva con 1, 300 kg ha<sup>-1</sup> y valores intermedios de 1, 400 kg ha<sup>-1</sup> y 1, 500 kg ha<sup>-1</sup> para el cuadrante 2 y 3 respectivamente, obteniendo que el cuadrante 3 donde se aplicó RDC obtuvo la mejor productividad del agua, concluyendo que se puede realizar RDC durante el desarrollo vegetativo del frijol hasta la presencia de la primera floración (Rodríguez et al., 2022).

Los híbridos que desarrollaron las instituciones públicas a partir del 2007 con la desaparición de la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) y con el dominio de la industria privada a partir de 1991 con la modificación de la Ley de semillas (Espinosa-

Calderón et al., 2014) han sido desplazados, criticados y segregados a nivel nacional, sin embargo los trabajos de investigación han demostrado su potencial, incluso superior a los materiales de la industria privada. La presente investigación presenta información de la influencia de las variables hídricas en el rendimiento del maíz, lo que genera una herramienta útil para la toma de decisiones ante el panorama generalizado de escasez de agua.

El presente trabajo contribuye experimentalmente al estudio del impacto que tiene el RDS sobre las variables agronómicas y productividad del cultivo de maíz, para lo cual se desarrolló un ensayo durante el periodo Marzo-Julio de 2023 dentro de la parcela agrícola de la FES Cuautitlán con un diseño en bloques completamente al azar, con dos factores a saber; riego deficitario sostenido (D) con tres niveles de déficit al 10% (D1), 20% (D2) y 30% (D3) de la evapotranspiración; híbridos de maíz (H) con 10 materiales recomendados para Valles Altos (H1...H10), bajo la hipótesis de que al menos un híbrido presenta respuesta diferencial en su productividad a los niveles de riego deficitario sostenido.

## Materiales y Métodos

### Ubicación

El experimento se desarrolló en el ciclo marzo-julio del año 2023, dentro de la parcela agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México; latitud norte 19°41'39" y longitud oeste 99°11'28" a la elevación de 2,250 msnm.

### Diseño experimental

El experimento consistió en un diseño de tres bloques completos al azar con arreglo factorial; el factor híbridos (H) consideró diez materiales híbridos (H1...H10) de los cuales cinco pertenecen al INIFAP: H-47, H-45, H-53, H-66 y H-50 y cinco fueron generados en la UNAM: TSIRI PUMA, TLAOLI PUMA, ATZIRI PUMA, IXIM PUMA y CUXI PUMA; el factor riego deficitario sostenido (D) consistió en déficit al 10, 20 y 30 % de la ETc.

Los tratamientos se conformaron con la combinación de los niveles de los factores 10H x 3D de donde resultaron 30 tratamientos y 90 unidades experimentales. Cada unidad experimental se conformó por un surco de 0.8m x 2m con una densidad de plantación de 62,500 plantas por ha<sup>-1</sup>.

### Condiciones climáticas

Los datos de la estación meteorológica Almaraz, Cuautitlán Izcalli, México, muestran que, durante el periodo de 1987 a 2022 y empleando el sistema de Köppen modificado por García para la determinación de climas de México, Ángeles (2022), el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw<sub>0</sub>), el más seco de los subhúmedos, con verano

fresco y poca oscilación térmica; con una temperatura media anual de 15.4°C, precipitación promedio anual de 652 mm que inicia generalmente en el mes de mayo y finaliza en octubre.

El ciclo del cultivo comprendió del 28 de febrero de 2023 al 24 de julio del mismo año dando un total de 147 días. La figura 1 muestra el histograma de las temperaturas máxima (TM), mínima (Tm) y promedio (Tp) que ocurrieron durante el ciclo del cultivo. La TM presentó un promedio de 28.3 °C, para Tm y Tp los valores fueron de 9.4 °C y 18.8 °C respectivamente.

### Condiciones edáficas

El suelo presenta textura franco arcillosa, con capacidad de campo del 27.8 %, punto de marchitez permanente de 16.5%, conductividad hidráulica de 2.60 cm h<sup>-1</sup> , densidad aparente de 1.06 g cm<sup>-3</sup> y pH de 7.86. En cuanto a la fertilidad y cationes intercambiables, el análisis de suelo realizado en laboratorio de Fertilab en 2023 reportó que está libre de carbonatos y sales con alto suministro de fósforo y potasio disponible, muy bajo contenido de azufre y suministro moderado de nitrógeno inorgánico.

### Tratamientos de riego

El riego se aplicó por gravedad asumiendo una eficiencia de aplicación cercana al 100%, pues no hubo pérdidas por coleos ni percolación. En cada unidad experimental se mantuvo el mismo déficit hídrico durante todo el ciclo del cultivo, de acuerdo con la evapotranspiración medida con base a dos Lisímetros de pesada, donde se realizó un balance hídrico considerando las entradas por riego más precipitación; también se consideraron, así como las salidas por evapotranspiración y el drenaje fue nulo ya que se repuso la humedad hasta capacidad de campo con el riego.

La aplicación de las láminas de riego para los tratamientos fueron calculadas a partir de los lisímetros de pesada colocados entre las unidades experimentales, se midió en un intervalo de tiempo la diferencia entre el peso inicial y final, lo que correspondió a la pérdida por evapotranspiración medida (ETm) del cultivo, esta pérdida se considerado como el 100% de la demanda hídrica del cultivo.

Los tratamientos de riego deficitario sostenido, como factor D, se aplicaron al 30%, 20% y 10% de la ETm. Mediante un aforo volumétrico se identificó el caudal de la fuente, la lámina a reponer se transformó a volumen para identificar el tiempo de riego mediante la relación matemática del gasto. El riego se aplicó a intervalos semanales y por el tamaño de la unidad experimental (UE), se asumieron al 100% los indicadores de eficiencia; de aplicación del riego, de aplicación del requerimiento y de uniformidad.

## Resultados y Discusión

El análisis estadístico de los datos resultó con diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) y altamente significativas ( $P < 0.01$ ) para las variables respuesta que se describen enseguida. En el caso del factor híbridos se presentó efecto significativo sobre la floración masculina, plantas jorras y diámetro de mazorca, así como, efecto altamente significativo sobre las variables a saber: altura de planta, peso de 200 granos, longitud de mazorca, hileras por mazorca, granos por hilera, granos por mazorca y rendimiento de grano.

En el caso del factor déficit de riego solamente se presentó efecto estadístico altamente significativo en la variable plantas jorras, sin embargo, se presentó efecto de la interacción de los factores (HxD) y fue significativo para la longitud y diámetro de la mazorca; además, el efecto de interacción fue altamente significativo para las plantas jorras y el rendimiento de grano. Los híbridos evaluados presentaron respuesta diferencial al riego deficitario como consecuencia del genotipo (Tadeo-Robledo et al., 2016). Así también, la disponibilidad de agua afecta directamente la producción de las plantas pues es el segundo elemento que determina la producción después de la luz (Azcón-Bieto y Talón, 2008).

Los resultados de las medias generales que involucran a los diez híbridos en los tres niveles de manejo de riego (cuadro 2 y 3) resultaron de forma que; la floraciones masculina y femenina se presentaron de forma respectiva a los 79 y 81 días, lo que representó un tiempo promedio corto de 2 días para la anthesis y puede representar una desventaja para la polinización eficaz (Castellanos et al., 2019). Las alturas de planta y de mazorca resultaron elevados con 221 y 130 cm respectivamente, estos valores son característicos de los híbridos estudiados cuando se producen bajo manejo de riego (Espinosa-Calderón et al., 2018; Alonso-Sánchez et al., 2023; Gomez-Montiel et al., 2023). Las plantas cuatas y jorras resultaron con promedios de 2.1 (78%) y 0.6 (22%), estos valores pueden ser evidencia del efecto del riego que mejora la expresión de los cultivos lo que propicia el número mayor de plantas cuatas. La media del peso de 200 granos resultó de 37 g y fue inferior a los valores que se presentan bajo temporal, como una respuesta a la disponibilidad de agua por el riego que se ha reportado en algunos materiales similares a los de este trabajo (Alonso-Sánchez et al., 2020; Martínez-Gutiérrez et al., 2022).

Las características promedio de la mazorca resultaron con una longitud de 15 cm, número de hileras de 16, los granos por hilera fueron 29.5, el diámetro de mazorca y olote fueron 4.1 y 3.0 cm respectivamente y se presentaron 466 granos en total. Así también, el rendimiento medio de grano fue de  $11.47 \text{ t ha}^{-1}$ . Los valores de las medias anteriores son mayores a los que se han reportado en trabajos con los mismos híbridos en sitios de los Valles Altos como los de López-López et al. (2017), Martínez-Gutiérrez et al. (2018) y Alonso-Sánchez et al. (2020) en los cuales la disponibilidad de humedad ha sido menor a la que se propició en este trabajo, pues a pesar de los niveles de estrés, los riegos se aplicaron a intervalos semanales lo que provoca un régimen de humedad uniforme en el suelo, no así en los sistemas bajo punta de riego, medio riego o riego convencional donde no se realiza un balance hidro y agroclimático.

El coeficiente de variación fue aceptable en algunas variables respuesta, pero en las que se determinaron por conteo (PC y PJ) resultó elevado pues representa la variación de los datos respecto a la media, en estas variables para otros trabajos, se recomienda realizar una transformación de los datos para mejorar el alcance del análisis de varianza. El valor p resultó significativo para la mayoría de las variables respuesta excepto para la floración femenina, plantas cuatas y diámetro de olote. El coeficiente de determinación fue aceptable a excepción del diámetro de olote. La fuente de variación de bloques resultó significativa en algunas variables (AM, PJ y LM) lo que se interpreta como una buena decisión el uso del diseño en bloques.

**Cuadro 1.** Cuadrados medios y significancia de 16 variables respuesta de un experimento con híbridos de maíz blanco bajo riego deficitario sostenido. Ciclo marzo-julio de 2023.

Fuente de variación	FM	FF	AP	AM	PC	PJ
Bloque	4.0	19.0	280.0	848.0*	5.0	4.0**
Factor H	6.0*	10.0	826.0**	473.0	3.0	1.0*
Factor D	1.0	5.0	5923.0	769.0	5.0	3.0**
HxD	3.0	9.0	464.0	398.0	3.0	1.0**
Media	79.0	81.0	221.0	130.0	2.1	0.6
C.V.	2.0	3.5	7.4	12.1	76.8	114.0
P	0.08	0.3	0.006	0.02	0.2	0.0
R	0.5	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01; FM= floración masculina; FF= floración femenina; AP= altura de planta; AM= altura de mazorca; MB= mazorca buenas; MM= mazorcas malas; PC= plantas cuatas; PJ= plantas jorras; CV= coeficiente de variación (%); P= valor P; R= coeficiente de determinación; H= factor híbridos; D= factor déficit y H x D= interacción de factores.

**Cuadro 2.** Cuadrados medios y significancia de 16 variables respuesta de un experimento con híbridos de maíz blanco bajo riego deficitario sostenido. Ciclo marzo-julio de 2023 (continuación del cuadro 2).

Fuente de variación	P200G	LM	HM	GH	DM	DO	GM	REN
Bloque	62.0	7.0*	2.0	23.0	0.1	0.0	14011.0	19.2
Factor H	111.0**	16.0**	4.7**	109.0**	0.2*	0.03	28043.0**	42.7**
Factor D	24.0	3.0	0.5	4.0	0.005	0.03	3838.0	6.06
HxD	65.0	3.0*	2.0	12.0	0.2*	0.02	5502.0	19.6**
Media	37	15.0	16.0	29.5	4.1	3.0	466.0	11.47
C.V.	17.0	8.4	8.0	12.0	7.3	8.0	15.0	24.8
P	0.02	0	0.05	0.0	0.02	1.0	0.001	0.0

R 0.5 0.705 0.5 0.6 0.5 0.2 0.6 0.6

\*  $P \leq 0.05$ ; \*\*  $P \leq 0.01$ ; P200G= peso de 200 granos; LM= longitud de mazorca; HM= hileras por mazorca; GH = granos por hilera; DM= diámetro de mazorca; DO= diámetro de olote; GM= granos por mazorca; REN= rendimiento; CV = coeficiente de variación (%); P= valor P; R= coeficiente de determinación; H=factor híbrido; D= factor déficit.

### Comparación de medias de las interacciones

Las variables que se identificaron con efecto de interacción de factores en el análisis de varianza se presentan en el cuadro 3. Las medias de la interacción entre el factor híbridos y riego deficitario HxD se analizan de forma independiente, aun con efecto significativo simple de alguno de los factores como lo describe Montgomery (2017).

El híbrido CUXI PUMA presentó el número mayor de mazorcas buenas bajo D3, en cambio, el H-66 presentó el número menor bajo D1 y D3 Posiblemente esta característica se relaciona con la tolerancia y/o resistencia de los híbridos al ataque de enfermedades fúngicas y bacterianas cuando se someten a diferenciales de humedad como reportaron Castellanos et al. (2019) para híbridos en el bajío del país.

La cantidad de humedad proporcionada mostró una relación con la presencia de plantas jorras en los híbridos H-45, H-47 y H-66, en los que, a menor estrés, se presentó mayor número de plantas jorras por unidad experimental .

La longitud de mazorca mostró un promedio de 15 cm, los híbridos H-47 bajo D1 y H-53 bajo D2, ambos con 17 cm; en cambio H-66 bajo D3 presentó la longitud menor de 10 cm.

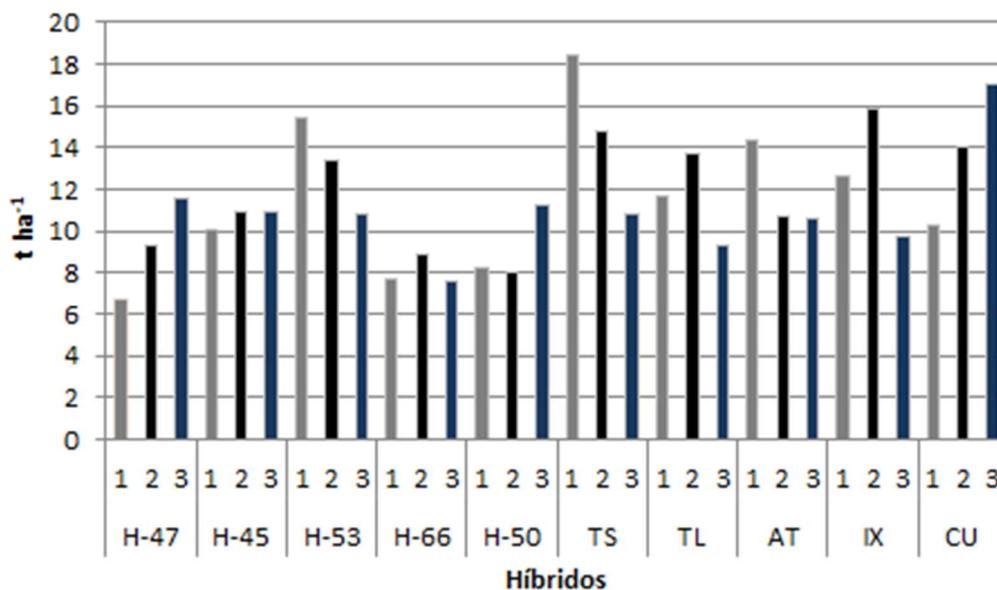
El diámetro de mazorca de forma general presentó un valor de 4 cm, observando diferencia en H-50 bajo D2 con un valor de 3 cm y CUXI PUMA bajo el mismo nivel de déficit con un valor de 5 cm. La estabilidad en el diámetro de mazorca es parte de las características isogénicas de estos híbridos que han reportado Tadeo et al. (2014), aunque no se han reportado hallazgos en la literatura sobre la relación de esta variable con la disponibilidad de humedad y su efecto en las variables de rendimiento.

En cuanto al rendimiento, que presentó efecto altamente significativo por efecto simple del factor híbrido, no fue independiente pues también presentó ese mismo efecto en la interacción con el factor déficit de riego. Los híbrido H-47, H-50 y CUXI PUMA presentaron rendimiento mayor cuando se combinaron con D1, esta característica da evidencia de su posible potencial productivo en condiciones de menor disponibilidad de humedad. En cambio, H-53, TSIRI PUMA y ATZIRI PUMA mostraron rendimiento mayor en conjunto con D1 lo que indica que rindieron más cuando presentaron déficit menor y requieren buen aporte de agua para expresar su potencial productivo. Además, H-45, H-66, TLAOLI PUMA e IXIM PUMA presentaron rendimiento máximo bajo D2, entonces es probable que estos híbridos presentan tolerancia moderada al déficit hídrico sostenido y pueden





presentó el rendimiento mayor bajo el 30% de déficit, lo que implica su tolerancia al estrés expresando buen rendimiento. En cambio, el IXIM PUMA presentó el rendimiento mayor bajo el 20% de estrés como una característica aceptable en condiciones de déficit moderado.



**Figura 1.** Rendimiento de H-47, H-45, H-53, H-66, H-50, TSIRI PUMA (TS), TLAOLI PUMA (TL), ATZIRI PUMA (AT), IXIM PUMA (IX) y CUXI PUMA (CU) bajo tres condiciones de riego deficitario sostenido con estrés al 10 (1), 20 (2) y 30% (3) de requerimiento de riego.

## Conclusiones

El riego deficitario sostenido sólo mostró efecto estadístico en la altura de mazorca por lo que de forma independiente no altera el rendimiento ni otras variables de importancia agronómica.

Los híbridos presentaron diferencias estadísticas significativas en las variables de importancia agronómica y componentes de rendimiento, pero algunas mostraron interacción con los niveles de déficit sostenido como en el rendimiento de grano donde destacaron TSIRI PUMA y CUXI PUMA, por lo que su efecto no fue independiente.

Los materiales híbridos de la UNAM, presentaron mayores rendimientos que los desarrollados por el INIFAP con valores superiores a los reportados en la literatura y el promedio nacional de rendimiento con riego. El híbrido TSIRI PUMA destacó en rendimiento con 18.40 t ha<sup>-1</sup> bajo el nivel de estrés menor (10%) y representa un

potencial productivo bajo manejo de riego en los Valles Altos como se ha reportado en otros estudios.

El riego deficitario no presentó efecto estadístico de forma independiente en la productividad, pero en conjunto con los híbridos presentó interacción significativa en rendimiento de grano. Los híbridos presentan una respuesta diferencial en su productividad a los niveles de déficit de humedad como evidencia de interacción de factores.

La hipótesis planteada sólo se confirmó para las variables: rendimiento, longitud y diámetro de mazorca.

## Referencias Bibliográficas

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Zaragoza-Esparza, J. y López-López, C. (2020). Productividad del agua y rendimiento de maíz bajo diferente disponibilidad de humedad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11 (5). <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2118>

Alonso-Sánchez, H., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, Zaragoza-Esparza, J. y López-López, C., (2022). Water and agronomic evaluation of maize hybrids in response to different environments and nitrogen doses. *Agrociencia*. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v56il.2688>

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. y 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,(15). <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1577>

Angeles, S. (2022). Determinación de la normal climática de 1987 a 2022 de la Estación Meteorológica Almaraz. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. TESIUNAM.

Arellano-Vázquez J., Virgen-Vargas J. y Avila Perches M. (2010). H-66 Híbrido de maíz para los valles altos de los estados de México y Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1 (2), 257-262. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342010000200011#:~:text=EI%20H%20D66%20es%20un,Tlaxcala%2C%20localizados%20en%20este%20rango](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000200011#:~:text=EI%20H%20D66%20es%20un,Tlaxcala%2C%20localizados%20en%20este%20rango)

Azcón- Bieto, J. y Talón, M. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. Universidad de Barcelona, 2, 25-85. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>

Carrillo, M. y Gómez, E. (2020). La tecnología en el uso sostenible del agua para riego en México. El caso del acuífero de Tecamachalco, Puebla, 2017. Panorama económico, 15 (30), 27-56. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-21712020000100027](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-21712020000100027)

Castellanos, J., Etchevers, J., Peña, M., García, S., Ortiz-Monasterio, I., Arango, A., Macías, J. y Venegas, C. (2019). ¿Cómo crece y se nutre una planta de maíz?. Fertilab, 1, ISBN:978-607-98517-0-5.

Chávez, C., Fuentes, C. y Ventura, E. (2010). Uso eficiente del agua de riego por gravedad utilizando yeso y poliacrilamida. Terra Latinoamericana, 28 (3), 231-238. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792010000300005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792010000300005&lng=es&tlng=es)

Espinosa-Calderón, A., Tadeo-Robledo, M., Zamudio-González, B., Virgen-Vargas, J., Turrent-Fernández, A., Rojas-Martínez, I., Gómez-Montiel, N., Sierra-Macías, M., López-López, C., Palafox-Caballero, A., Vázquez-Carrillo, G., Rodríguez-Montalvo, F., Canales-Islas, E., Zaragoza-Esparza, J., Martínez-Yañez B., Valdivia-Bernal, R., Cárdenas-Marcelo, A., Mora-García, K. y Martínez-Nuñez, B. (2018). H-47 AE, Híbrido de maíz para valles altos de México. Revista Fitotecnia Mexicana, 41 (1), 87-89. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.87-89>

Gomez-Montiel, N., Hernandez-Galeno, C., Anzures-Olvera, F., Tadeo-Aguilar, R., Ramírez-Díaz, J., Espinosa-Calderon, A., Tadeo-Robledo, M., Santos-Echeverria, R. y Antunez- Ocampo, O. (2023). Variedad mejorada de maíz de grano amarillo para pequeños ganaderos del trópico seco. Agro-Divulgación, 3 (3). <https://doi.org/10.54767/ad.v3i3.186>

González, F., Herrera, J., Hernández, O., López, T. y Cid, G. (2012). Base de datos sobre necesidades hídricas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21 (2), 42-47. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542012000200008](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000200008)

López-López, C., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., García-Zavala, J., Benítez-Riquelme, I., Vázquez-Carrillo, G. 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. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.31>

- Martínez-Gutierrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J., Vázquez-Carrillo, G., & Turrent-Fernández, A. (2018). Rendimiento de híbridos de maíz grano blanco en cinco localidades de Valles Altos de México. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 9 (7), 1447–1458. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1357>
- Martínez-Gutiérrez, A., Zamudio-González, B., Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Cardoso-Galvão, J. y Vázquez-Carrillo, M. (2022). Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 13 (2). <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>
- Mongomery, D. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. Pasta blanda-Print, 1.
- Ojeda-Bustamante, W., Sifuentes-Ibarra, E. y Unland-Weiss, H. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencias*, 40 (1), 13-25. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-31952006000100013](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952006000100013)
- Pérez, J. y Capra, A. (2015). Herramienta informática para calcular las láminas óptimas de agua a aplicar en el riego deficitario de cultivos agrícolas. *Siembra*, 2 (1). doi:<https://doi.org/10.29166/siembra.v2i1.1437>.
- Rodríguez, P., Richard, A., Rázuri, L., Swarowsky, A. y Rosales, J. (2014). Efecto del riego deficitario y diferentes frecuencias en la producción del cultivo de pimentón. *Interciencia*, 39 (8), 591-596. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931820009.pdf>
- Rodríguez-Correa, D., Bonet-Pérez, C., Mola-Fines, Caridad, B., Guerrero-Posada, P., Martínez-Der, C., Machado-Carballo, M. (2022). Estrategias de riego deficitario controlado para el cultivo del frijol. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12 (1). doi:<https://doi.org/10.7440/res64.2018.03>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Tadeo-Robledo, M., Espinosa-Calderón, A., Turrent-Fernández, A., Zamudio-González, B., Sierra-Macías, M., Gómez-Montiel, N., Valdivia-Bernal, R. y Virgen-Vargas, J. (2014). Rendimiento de híbridos androestériles y fértiles de maíz en dos localidades en Valles Altos de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5 (5), 883-891.
- Tadeo-Robledo M., Espinosa-Calderón A., García-Zavala J., Lobato-Ortiz R., Gómez-Montiel N., Sierra-Macías M., Valdivia-Bernal R., Zamudio-González B., Martínez-Yañez B., López-López C., Mora-García K., Canales-Islas E., Cárdenas-Marcelo

A., Zaragoza-Esparza J. y Alcántar-Lugo H. (2016). Tsiri puma, híbrido de maíz para valles altos con esquema de androesterilidad para producción de semillas. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39 (3), 331 - 333.  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802016000300331](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000300331)