

COMPARACIÓN DE DOS NIVELES HÍDRICOS EN UN HÍBRIDO DE MAÍZ DE PORTE BAJO EN RIEGO POR GOTEO

Gerson Abraham Gaxiola Aguiar^{1*}; Ernesto Sifuentes Ibarra²; Mariana De Jesús Marcial Pablo³; Vladimir Ruiz Pérez¹; Ronald Ernesto Ontiveros Capurata⁴; Quintín Armando Ayala Armenta¹

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. C.P. 81110. Juan José Ríos, Ahome, Sinaloa, México.

gersongaxi@gmail.com – 6681145452 (*Autor de correspondencia)

²INIFAP-Campo Experimental Valle del Fuerte. Carretera México-Nogales km 1609, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, México. C.P. 81110.

³Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA-INIFAP). Margen derecha canal Sacramento km 6.5, Zona industrial Gómez Palacio, Durango, C. P. 35140, MÉXICO.

⁴El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), con domicilio en Paseo Cuauhnáhuac, No. 8532, Col. Progreso, C.P. 62550, Jiutepec, Morelos, México

Resumen

La escasez de agua es un problema de afectación a nivel mundial que hace necesario implementar técnicas que permitan una gestión adecuada de este recurso. Las restricciones de agua para el sector agrícola serán un problema recurrente en los próximos años por lo que el uso y manejo de este recurso debe cambiar. El implemento diversas estrategias que buscan disminuir el uso de agua agrícola y una de ellas es el riego deficitario enfocado en el ahorro de agua sin afectar de manera sustancial el rendimiento de los cultivos.

El objetivo del presente trabajo fue conocer el efecto de dos niveles hídricos en un híbrido de maíz utilizando sistema de riego por goteo en el Distrito de Riego 075, las variables consideradas fueron humedad del suelo, biomasa total, lamina de riego y rendimiento. El estudio se realizó durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2022-2023 en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) donde se establecieron dos tratamientos con un diseño de bloques al azar. Los tratamientos consistieron en aplicar el 80% y 100% del requerimiento de riego para los T1 y Los resultados muestran un comportamiento de las variables medidas muy similar entre ambos tratamientos, el rendimiento más alto lo obtuvo el T2 con 12.68 ton/ha, el T1 registro solo 135 kg menos lo que indica una variación no significativa en el rendimiento. El T2 registro un promedio mayor (3.2) de mazorcas enfermas por metro lineal y una producción de biomasa mayor lo que pudiera haber inducido la presencia de enfermedades por follaje excesivo.

Palabras claves: rendimiento, disponibilidad hídrica.

Introducción

La escasez de agua es un problema de afectación a nivel mundial, las sequías recurrentes que se presentan en las cuencas, sumado a la amenaza del cambio climático donde se prevé una alta variabilidad de las precipitaciones hacen necesaria una gestión adecuada de este recurso (FAO, 2019).

Las restricciones de agua para el sector agrícola serán un problema recurrente en los próximos años, debido a esto, los volúmenes disponibles priorizarán el uso urbano. Actualmente el mayor porcentaje de agua disponible es consumida para uso agrícola, las restricciones de agua de riego cada vez serán más severas por lo que el uso y manejo del mismo debe cambiar de estrategias y reestructurar su enfoque hacia una producción por unidad de agua consumida y así lograr una agricultura sustentable (Trout y Bausch, 2017).

Durante los últimos años el rescate de volúmenes de agua se ha utilizado como estrategia para contrarrestar el déficit de agua buscando equilibrar la extracción y recarga del recurso (Gheysari et al. 2017). Otra estrategia implementada ha sido la incorporación del concepto de riego deficitario el cual consiste en estresar el cultivo en etapas o periodos menos sensibles (Feres y Soriano, 2007) buscando un ahorro significativo sin afectar de manera sustancial el rendimiento de los cultivos.

El uso del agua de manera eficiente podría interpretarse como la obtención de rendimientos potenciales utilizando la misma o menor agua que en ciclos anteriores. Lo anterior debe considerar que la demanda de alimentos aumenta cada año y las técnicas de ahorro de agua aun cuando se ha tenido un resultado favorable en cuanto a uso del agua también han afectado de manera negativa el rendimiento. Esto refiere un reto para la producción de cultivos básicos como el maíz que a nivel mundial requieren estudios y técnicas de ahorro de agua que no afecten su producción.

Trout y DeJonge (2017) reportan los resultados del manejo del riego deficitario en las planicies altas de E.E. U.U. durante cuatro años con funciones de respuesta al agua de riego, con tendencia crecientes y decrecientes para maíz de grano dulce. Según Geerts y Raes, (2009) la productividad máxima de uso de agua obtenida en este cultivo es de 2 kg m⁻³ (kg de grano por m⁻³ de agua consumida por el cultivo, ETc). Bajo las condiciones anteriores se produjeron 12.5 t ha⁻¹ con un consumo de 630 mm de agua. Esto muestra una reducción no significativa del rendimiento con decremento de hasta el 25% de la ETc. Otras investigación han demostrado que el rendimiento del grano de maíz y la productividad del agua aumentan significativamente con el riego frecuente a tasas bajas en comparación con el riego poco frecuente a tasas altas (Hokam et al., 2011).

El cultivo de Maíz para México y el mundo es considerado un cereal de importancia social, cultural y económica, la producción de maíz blanco tiene como destino principal el consumo humano, mientras que el maíz amarillo se destina a la industria o fabricación de alimentos pecuarios (ASERCA, 2018). En México se produjeron en el año 2021 27.5

millones de toneladas de una superficie de 7.3 millones de hectáreas donde el 20.5 % se cultivan bajo condiciones de riego. El noroeste de México es considerado la región más productora del país donde cada año aparecen nuevos materiales de los cuales se requiere conocer su comportamiento al riego y así definir el manejo que permita obtener el rendimiento potencial de estos genotipos bajo diferentes escenarios de disponibilidad hídrica.

La aplicación adecuada de la relación déficit hídrico-rendimiento considerando las eficiencias de aplicación y uniformidad, permite estimar el efecto del estrés hídrico por fases fenológicas en el rendimiento de maíz (Steduto et al., 2014) pudiendo aplicarse a escenarios de disponibilidad hídrica normal y restringida variando el número y oportunidad de riegos en los distritos de riego de las zonas áridas y semiáridas de México.

El objetivo del presente trabajo fue conocer el efecto de dos niveles hídricos en un híbrido de maíz de porte utilizando sistema de riego por goteo en el Distrito de Riego 075, considerando las variables humedad del suelo, biomasa total, riegos y rendimiento.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló durante el ciclo otoño invierno 2022-2023 en el Campo Experimental del Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestal, Agrícola y Pecuario (INIFAP), ubicado en el norte de Sinaloa (25° 45' 49" N, 108° 51' 41" O) a una altitud de 32 m. El suelo es textura arcillosa con una humedad volumétrica aprovechable de 0.155 cm³ cm⁻³. Se encuentra localizado en la parte central del distrito de riego 075 Río Fuerte.

En el lote ubicado en el CEVAF, se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con tres repeticiones, donde se establecerán dos tratamientos (T), determinados por 2 disponibilidades hídricas, T 80% y T100%.

La preparación del terreno se realizará de manera convencional (barbecho, rastreo y marca de surcos). Se dio un riego presiembra por gravedad. La siembra se realizó húmedo el 08/12/2022 en una superficie de 0.128 ha bajo riego por goteo. Utilizando la variedad VX-8410 de porte bajo, con una densidad de 9.5 m y una separación entre surco de 0.8 m con longitud de 50 m. El cálculo de láminas y volúmenes de riego se realizara con la plataforma IRRIMODEL del INIFAP (Sifuentes, 2015).

VARIABLES MEDIDAS

Humedad del suelo

Para medir la humedad volumétrica del suelo, se utilizó un medidor portátil de humedad de suelo TDR de la marca FieldScout con lo cual se midió semanalmente en dos estratos de perfil (0-30 cm y 30-60 cm).

Biomasa

Se llevo a cabo a partir de los 50 días después de la siembra, de forma destructiva en un metro lineal de plantas, se extrae las plantas completas y se determinara peso fresco de cada órgano. El peso seco se determinó utilizando una muestra de 200 g de cada órgano de la muestra en fresco la cual se secó en un horno de aire forzado a 65° C hasta un peso constante, la medición se realizó cada 15 días hasta llegar a la etapa de maduración.

Riegos

La programación de los riegos de auxilio se llevaron a cabo con el programa IrriModel para determinar el momento oportuno, requerimiento de riego (Ln) y el tiempo de riego, aplicando totalmente las recomendaciones. Este software opera bajo internet y pronostica en tiempo real, en función del desarrollo fenológico del cultivo, acumulación de grados día crecimiento (GDC) y humedad del suelo. Los riegos de semanalmente se aplicaban, en un tratamiento el 100% de requerimiento hídrico, mientras que el segundo tratamiento solo el 80% de su requerimiento hídrico.

Rendimiento

La evaluación de esta variable se realizó en cada repetición, de forma manual utilizando cinco metros de planta de los dos surcos centrales en la parcela experimental. En esta evaluación se registró el peso del grano, numero de plantas, numero de mazorcas, plantas no productivas (jorras), plantas acamadas, mazorcas enfermas y humedad del grano.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 y 2 muestran el calendario de los riegos de auxilio generados con el software IrriModel 2.0 para los tratamientos En el calendario se pueden ver las recomendaciones generadas por el programa, como son: fecha del riego, días después de siembra (DDS), volumen aplicado así como láminas de riego Lamina neta (Ln) y Lamina bruta (Lb), teniendo una Ln de 21.20 cm y una Lb de 22.47 cm para el tratamiento del 80, mientras que para el tratamiento del 100% se aplicó una lámina neta 26.51 cm y se aplicó una lámina bruta de 28.09 cm, obteniendo una eficiencia de riego arriba del 94% para ambos tratamientos.

Cuadro 1. Plan de riegos de auxilio del tratamiento 80% de disponibilidad hídrica generados en el programa IrriModel 2.0

TRATAMIENTO 80%				
FECHA	DDS	VOLUMEN(m ³)	Lamina neta (cm)	Lamina bruta (cm)
03/02/2023	57	29.376	2.048	2.26

17/02/2023	71	18.652	1.364	1.436
24/02/2023	78	12.24	0.844	0.94
06/03/2023	88	18.376	1.344	1.412
10/03/2023	92	8.86	0.648	0.68
21/03/2023	103	30.524	2.232	2.348
06/04/2023	119	46.824	3.42	3.6
17/04/2023	130	37.828	2.764	2.908
26/04/2023	139	32.172	2.352	2.476
02/05/2023	145	22.196	1.62	1.708
08/05/2023	151	19.584	1.432	1.508
13/05/2023	156	15.608	1.14	1.2

Para la parte del establecimiento del cultivo se aplicó un riego por gravedad presiembra, con una lamina neta 7.765 cm y una lamian bruta de 12.46 cm para cada tratamiento, por lo que la lámina total bruta aplicada para el tratamiento T80 fue de 34.96 cm, mientras que para el tratamiento T100 alcanzo los 40.55 cm.

Cuadro 2. Plan de riegos auxilio del tratamiento 100% de disponibilidad hídrica generados en el programa IrriModel 2.0

TRATAMIENTO 100%				
FECHA	DDS	VOLUMEN(m³)	Lamina neta (cm)	Lamina bruta (cm)
03/02/2023	57	36.72	2.56	2.825
17/02/2023	71	23.315	1.705	1.795
24/02/2023	78	15.3	1.055	1.175
06/03/2023	88	22.97	1.68	1.765
10/03/2023	92	11.075	0.81	0.85
21/03/2023	103	38.155	2.79	2.935
06/04/2023	119	58.53	4.275	4.5
17/04/2023	130	47.285	3.455	3.635
26/04/2023	139	40.215	2.94	3.095
02/05/2023	145	27.745	2.025	2.135
08/05/2023	151	24.48	1.79	1.885
13/05/2023	156	19.51	1.425	1.5

Con respecto al balance de la humedad del suelo en los estratos de 0 a 30 (**figura 1**) tuvieron un comportamiento muy similar, pero a partir de la semana 8 la humedad registrada en el T80 empezó a disminuir debido a la demanda requerida hídrica requerida del cultivo.

HUMEDAD 0-30

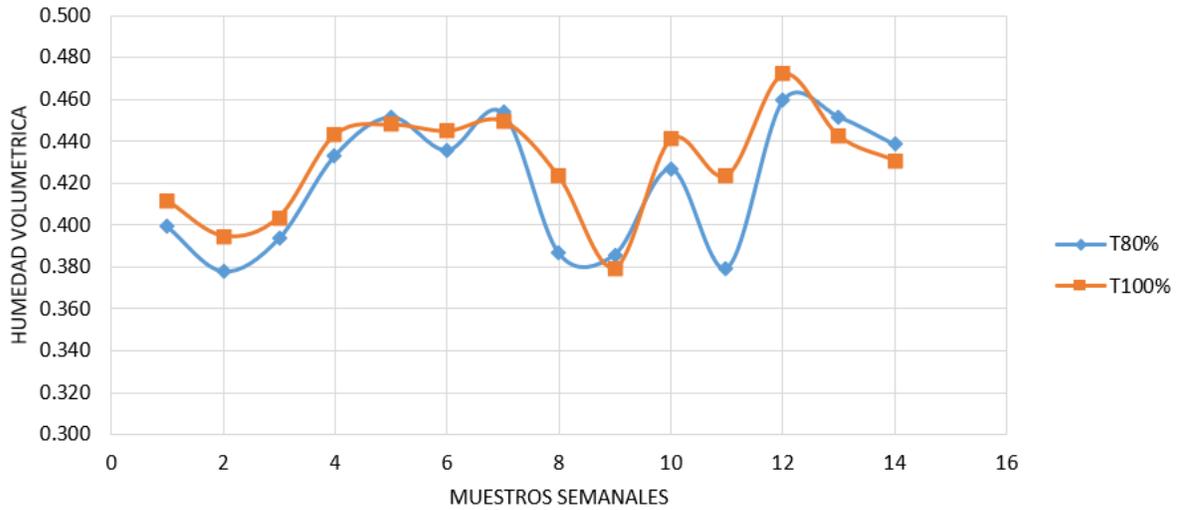


Figura 1. Comparación de humedad volumétrica entre los tratamientos T80% y T100% a una profundidad de 0 a 30 cm.

La humedad a una profundidad de 30 a 60 cm (**figura 2**) el tratamiento del 100% mostró valores ligeramente mayores humedad durante las primeras semanas, llegando hasta la semana 10 donde el cultivo empezó la demanda hídrica y fue donde el T80 % mostro valores de humedad con diferencia significativa.

HUMEDAD 30-60

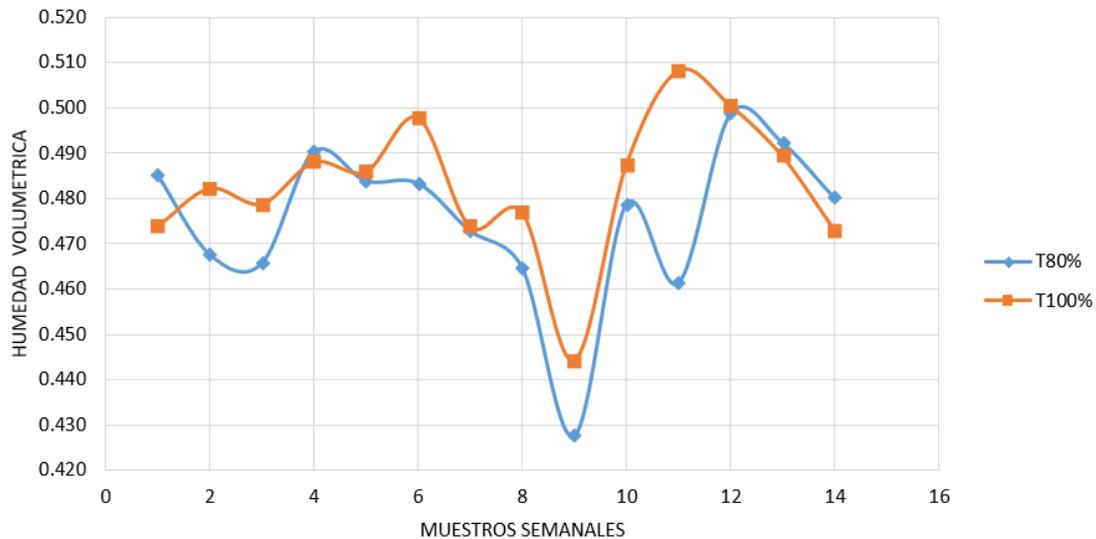


Figura2. Comparación de humedad volumétrica entre los tratamientos T80% y T100% a una profundidad de 30 a 60 cm.

En producción de biomasa, se aprecia el desarrollo del cultivo bajo condiciones óptimas (riego por goteo) permite un desarrollo adecuado del cultivo lo que ayuda a una buena acumulación de biomasa, por lo cual se obtuvieron valores hasta de 120 toneladas ha^{-1} en el tratamiento que no sufrió estrés hídrico (T100%).

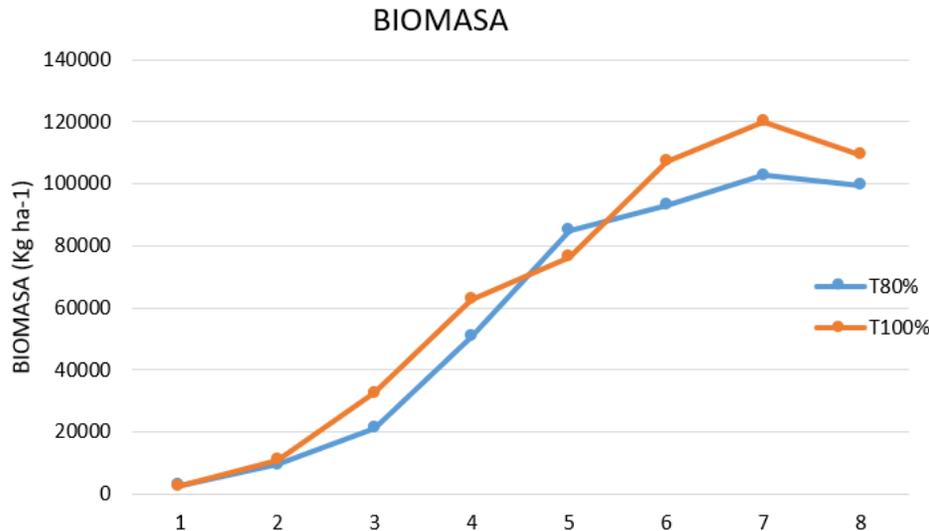


Figura 3. Comportamiento de biomasa entre los tratamientos T80% y T100%.

Durante los primeros 5 muestreos mostraron valores muy similares, pero a partir del muestreo 6 se empezó a notar una diferencia significativa con valores menores en el tratamiento de menor disponibilidad hídrica (T80) debido que el cultivo necesita más demanda hídrica.

En la Figura 4 se observa que el tratamiento T80% se obtuvo un rendimiento de 12552.5 $Kg\ ha^{-1}$, comparando con el tratamiento T100% que se tuvo un rendimiento de 12687.5 $Kg\ ha^{-1}$ por lo que no hay una diferencia significativa en el rendimiento, tomando en cuenta que en el tratamiento T100% en la evaluación se obtuvo un promedio de hasta 3.2 mazorcas enfermas por metro lineal.



Figura 4. Comportamiento del rendimiento entre los tratamientos T80% y T100%.

Conclusiones

Con la adopción del sistema de riego por goteo permite potencializar la eficiencia del agua y así utilizar estrategias con déficit hídrico, que nos ayudara en el ahorro del agua, por lo que también el desconocer características de materiales genéticos nuevos que salen al mercado, tales como híbridos de porte bajo que al no tener diferencia en rendimiento entre las dos disponibilidades hídricas (80% y 100%) se tiene que ajustar el requerimiento hídrico ya que tienden a producir mucho follaje y que este a su vez cubre mayor superficie del suelo haciendo que se pierda menor humedad, por lo que también el tener mayor humedad retenida en la superficie del suelo aumenta el índice de mazorcas enfermas.

Referencias Bibliográficas

- Gheysari M., S. H. Sadeghi, H. W. Loescher, S. Amiri, M. J. Zareian, M. M. Majidi, P. Asgarinia and J. O. Payero (2017) Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. *Agricultural Water Management* 182:126-138, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.12.014>
- FAO. (22 de MARZO de 2019). ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACION Y LA AGRICULTURA. Obtenido de El acceso al agua potable para toda la población es esencial para el desarrollo sostenible.
- Fereres E. and M. A. Soriano (2007) Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58:147-159, <https://doi-org/10.1093/jxb/erl165>

Geerts S. and D. Raes (2009) Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96:1275-1284, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.04.009>

Trout T. J. and W. Bausch (2017) USDA-ARS Colorado maize water productivity data set. *Irrigation Science* 35:241-249, <https://doi.org/10.1007/s00271-017-0537-9>

Trout T. J. and K. C. DeJonge (2017) Water productivity of maize in the US high plains. *Irrigation Science* 35:251-266, <https://doi.org/10.1007/s00271-017-0540-1>

ASERCA. (23 de AGOSTO de 2018). Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios. Obtenido de <https://www.gob.mx/aserca/articulos/maiz-grano-cultivo-representativo-de-mexico>