

Producción de sorgo forrajero con riego por goteo subsuperficial.

Forage sorghum production with subsurface drip irrigation.

Arturo Reyes- González^{1*}, Brenda del Rocio Nava-Joachin², Yescas-Coronado, Pablo³, David Guadalupe Reta-Sanchez¹ y Miguel Rivera-González³

¹ Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro, Matamoros, Coahuila. C. P. 27440.

² Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Ejido Anna 27170 Torreón, Coahuila.

³ Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmosfera. Gómez Palacio, Durango.

*autor para correspondencia: reyes.arturo@inifap.gob.mx

RESUMEN

En la Comarca Lagunera existe un inventario de 490 mil cabezas de ganado bovino, por lo que, la producción de forraje es de suma importancia. Sin embargo, los forrajes son irrigados con riego por gravedad y bombeo siendo el agua el recurso limitante en la región por lo que debe aplicar con mayor eficiencia. El presente estudio se realizó en el campo experimental la Laguna (INIFAP), en el ciclo de verano 2019. El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas y cuatro repeticiones. La parcela grande fueron tres tratamientos de riego y la chica dos variedades de sorgo. Las variables a evaluar fueron: índice de área foliar, altura de planta, forraje verde, forraje seco y eficiencia en el uso del agua. El análisis estadístico se realizó con el programa estadístico SAS. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). En cuanto a los resultados, los tratamientos que presentaron mayores rendimientos de forraje verde y seco fueron 80 y 100%*Kc de ET, con 94.56, 33.66 t ha⁻¹ y 89.69, 33.26 t ha⁻¹, respectivamente. El tratamiento del 100% multiplicado por un Kc fue el que presentó mayor eficiencia en el uso del agua (6.0 kg FS m⁻³).

PALABRAS CLAVE: coeficiente de cultivo, evapotranspiración, rendimiento.

ABSTRACT

In the Comarca Lagunera there are 49 thousands heads of dairy livestock in production; so it is needed to maintain the forage production. However, for irrigation forage crops use most of surface and ground water, which is the most limited resource in the region forcing to have a greater irrigation application efficiency. The present research study was carried out in the Laguna experimental field of the national research Institute (INIFAP) during the summer growing season. The experiment was established with a randomized block design under as split plot arrangement with four replications. The main plot consisted in three irrigation treatments and the small plot two sorghum cultivars. The evaluated variables were: leaf area index, plant height, fresh forage yield, dry matter production and water use efficiency. The statistical analysis was performed by using the SAS software, and the mean comparison test was done by Tukey test with a $P \leq 0.05$. The results shown that the irrigation treatments 80 and 100%*Kc of ET obtained the greater values of fresh and dry forage yield with 94.56, 33.66 t ha⁻¹ and 89.69, 33.26 t ha⁻¹, respectively. The irrigation treatment of 100% times a Kc showed the greater water use efficiency with a value of 6.0 kg of dry matter per cubic meter of water used.

KEY WORDS: crop coefficient, evapotranspiration, yield.



INTRODUCCIÓN

La producción de forrajes en el sistema de producción de leche en el Norte-Centro de México se basa en cultivos como alfalfa, maíz, sorgo y cereales de grano pequeño (Núñez *et al.*, 2015). Los principales problemas que ponen en riesgo el sostenimiento de estos sistemas de producción son la falta de agua y el efecto negativo de las altas temperaturas sobre el crecimiento de los cultivos forrajeros; los cuales son la principal fuente de alimento del ganado bovino (Reta *et al.*, 2017).

La Comarca Lagunera al ser la principal cuenca lechera, demanda gran cantidad de forraje. Estos forrajes son establecidos bajo riego por inundación siendo este sistema el de menor eficiencia en el uso del agua, debido principalmente a los grandes volúmenes de agua que son aplicados. Esto ha ocasionado que el agua, sea un recurso escaso y caro, por lo que es prioritario utilizar métodos más eficientes en la aplicación y conservación del agua de riego, como el sistema de riego por goteo subsuperficial, además de estimarse con mayor precisión los requerimientos hídricos de los cultivos mediante el uso de coeficientes de cultivo (Godoy *et al.*, 2005).

El sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) es una alternativa para incrementar la eficiencia o productividad del agua en la agricultura, en virtud de que minimiza la evaporación superficial e incrementa la eficiencia de aportación hídrica en la raíz (Lucero *et al.*, 2017). Con el RGS el ahorro de agua puede ser desde 27 (Montemayor *et al.*, 2012)

hasta un 51 % con respecto al riego tradicional por inundación (Godoy *et al.*, 2005).

En la Comarca Lagunera al igual que otras partes del país se ha utilizado el sistema de riego por goteo para irrigar los cultivos forrajeros, incluyendo al cultivo de sorgo (González *et al.*, 2005), sin embargo, estas investigaciones se basan solo en el porcentaje de evapotranspiración de referencia (ET_o) (100, 80, y 60 %) la cual es afectada principalmente por las condiciones climáticas, sin tomar en cuenta las etapas de desarrollo del cultivo o coeficiente del cultivo (K_c) (Reyes *et al.*, 2019a).

El sorgo ocupa el quinto lugar entre los cereales cultivados y es utilizado tanto por su grano, como por su uso forrajero (SADER, 2019). Se cultiva bajo condiciones de riego o temporal y tiene la capacidad de rebrotar después de la cosecha (Núñez *et al.*, 2015). Tiene mayor tolerancia a salinidad en el suelo y a temperaturas altas durante la etapa de crecimiento (Anaya *et al.*, 2017). El forraje de sorgo puede consumirse en pastoreo, henificado o ensilado (Anaya *et al.*, 2018). En México, en 2017 se cosecharon 47,800 ha de sorgo bajo riego y 145,420 ha de temporal; los rendimientos promedio fueron de 35.8 y 12.6 ton ha⁻¹, respectivamente, mientras que en la Comarca Lagunera para el 2019 se cosecharon 15,263 ha (SADER, 2019).

Debido a lo anterior los objetivos de este trabajo fueron: medir el índice de área foliar y altura, programar los riegos utilizando el coeficiente de cultivo y evaluar la producción de sorgo forrajero con riego por goteo subsuperficial con diferentes niveles de evapotranspiración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de Matamoros Coahuila. El campo está



ubicado a 25° 32' N y 103° 14' O, con altitud de 1100 msnm (Figura 1). El clima de la región se clasifica como muy seco semicalido (Bwh), con temperatura media anual de 22.6 °C, precipitación promedio de 215.5 mm y evaporación media de anual de 2000 mm (Villa *et al.*, 2005).

La siembra se realizó el 18 de junio de 2019 con las variedades super sorgo y sorgo silo miel. La densidad de población fue de 105 mil plantas ha⁻¹. La dosis de fertilización fue de 200-100-00 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O; las fuentes de fertilizante fueron sulfato de amonio, ácido fosfórico (52% de P₂O₅) y MAP. Los nutrientes se aplicaron de manera fraccionada semanalmente, a través del sistema de riego por goteo y en el riego por

inundación se aplicaron a la siembra y en el primer riego de auxilio. La cosecha se realizó a los 107 DDS.

El sistema de riego utilizado fue por goteo subsuperficial (RGS). La cinta utilizada fue la RO DRIP 8 mil (Rivulis Irrigation Inc., San Diego, CA, EUA) con espesor de pared de 0.200 mm y diámetro interior de 16 mm, con emisores a 0.2 m y un caudal de 0.5 L h⁻¹ por emisor. La cinta fue enterrada a 0.3 m de profundidad, con distancia entre ellas de 0.76 m. El riego se aplicó cada tercer día y en el sistema de inundación con intervalos de 15 días.

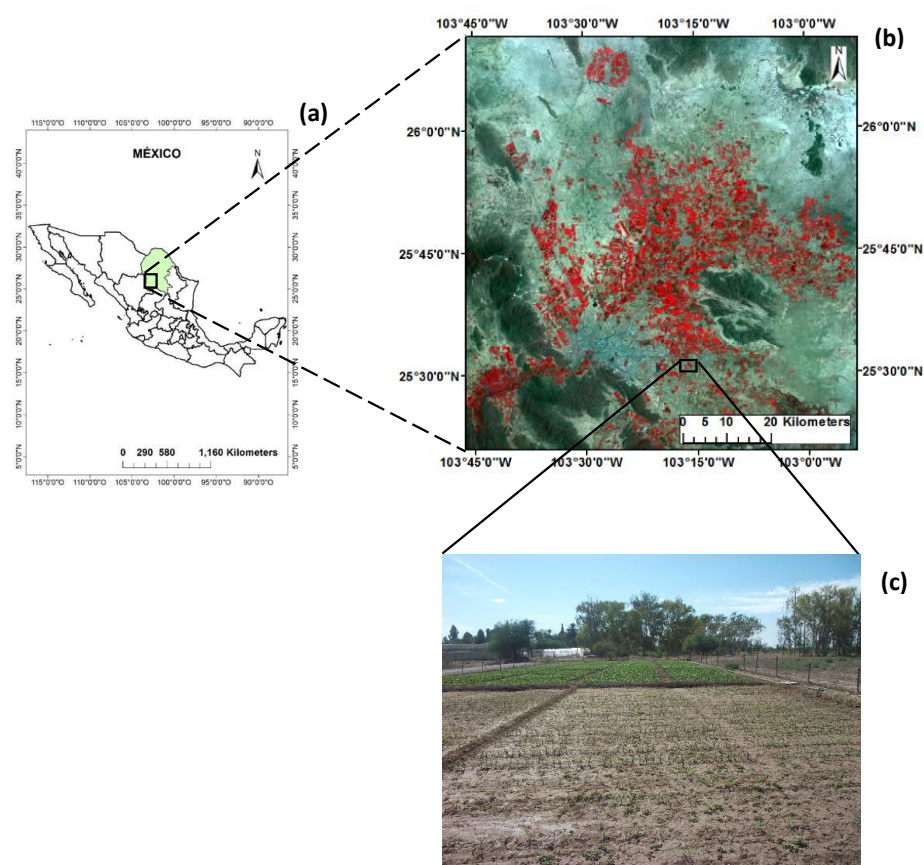


Figura 1. Localización del sitio experimental a) mapa de México, b) mapa de la Comarca Lagunera y c) Campo Experimental La Laguna, parcela experimental.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones bajo un arreglo de parcelas

divididas, donde la parcela grande fueron los tratamientos de riego y en la parcela chica los cultivos. Los tratamientos a evaluar fueron: a) tres tratamientos de riego por goteo subsuperficial (RGS), donde se aplicó el 100, 80

y 60% de la evapotranspiración (ET) y un testigo que fue el riego por inundación. El tratamiento del 100% de ET se multiplicó por un Kc, el cual fue tomado utilizando la ecuación generada por Reyes et al., 2019a para sorgo forrajero. La ET de referencia (ET_o) se tomó de un atmómetro.

Índice de área foliar

Esta variable se midió utilizando el ceptómetro PAR / LAI modelo Lp-80 de AccuPAR (Decagon Devices, Inc. Pullman, WA, EE. UU.). La barra del ceptómetro se colocó en un ángulo de 45 ° a través del surco del cultivo para medir la interceptación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) a lo largo de la barra, la cual se midió en cada parcela y tratamiento. Tres lecturas se tomaron por encima y por debajo del dosel del cultivo. Las lecturas se tomaron entre las 12:00 y 14:00 horas en días despejados para minimizar la radicación difusa del cielo por las nubes. Las mediciones se realizaron semanalmente a partir de los 15 días después de la siembra (DDS).

Altura de planta

La altura de la planta se midió con una cinta métrica en dos plantas escogidas al azar por cada parcela y tratamiento durante todo el ciclo del cultivo. Las mediciones se realizaron desde la superficie del suelo hasta la penúltima hoja del cultivo y estas se tomaron semanalmente a partir de los 15 DDS. Los datos de altura se reportaron en metros.

Rendimientos de forraje verde y seco

La producción de forraje verde se estimó pesando tres metros lineales en los dos surcos centrales de cada parcela (4.56 m²), después se tomó una muestra de 500 gr aproximadamente y se secó en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65 °C durante 72 horas, para posteriormente determinar la producción de forraje seco, la cual se determinó con el porcentaje de materia seca y la producción de forraje verde.

Uso eficiente del agua

La eficiencia en el uso del agua se obtuvo dividiendo el peso de forraje seco cosechado (kg ha⁻¹) entre el volumen total de agua aplicado (m³) en cada uno de los tratamientos.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron para un diseño experimental de bloques al azar, en arreglo de parcelas divididas utilizando el programa estadístico SAS. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Índice de Área Foliar

El IAF de dos variedades de sorgo bajo diferentes niveles de ET durante el ciclo verano 2019 se muestra en la figura 2. Las tendencias de los valores del IAF fueron similares hasta los 36 DDS en los tratamientos con cintilla en donde se obtuvieron los valores máximos a los 57 DDS, siendo el mejor el tratamiento T1 (100%*Kc), para ambas variedades. En el tratamiento de riego por inundación, este alcanzó el máximo valor 14 días después (71 DDS) que el riego con cintilla. De acuerdo a lo anterior se puede señalar que en los tratamientos con cintilla se obtuvieron sorgos precoces ya que estos cumplen con su fenología antes que los regados por inundación. Esto demuestra que con el riego con cintilla se podrá tener cosechas más tempranas y tener ahorro del recurso agua en comparación con el riego por inundación.

Reyes-González *et al.*, (2019b) mencionan que IAF tiene un comportamiento típico, este inicia con un crecimiento lento, seguido por un crecimiento rápido (etapa vegetativa), hasta alcanzar un valor máximo y posteriormente disminuye por la senescencia del cultivo. Curvas similares de IAF en el cultivo de maíz fueron reportados por Montemayor *et al.*, 2012.

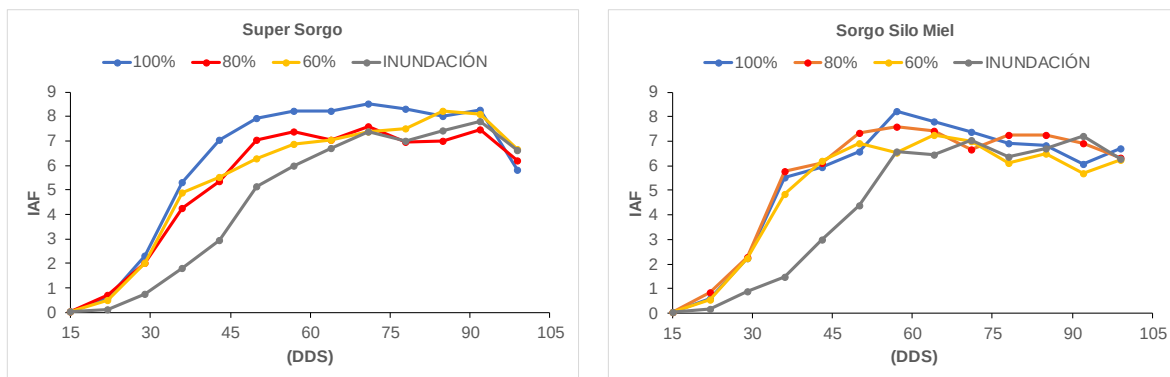


Figura 2. Índice de área foliar de dos variedades de sorgo bajo tres niveles de riego e inundación durante el ciclo de verano 2019.

Altura de planta

En la Figura 3 se muestra la dinámica de crecimiento de altura de planta de dos variedades de sorgo evaluados durante el verano 2019. Esta grafica muestra que los cultivares desde los 15 DDS hasta los 45 DDS presentaron una tendencia similar en los tratamientos T1 (100%*Kc), T2 (80%) y T3 (60%) posteriormente empiezan a sobresalir los T1 y T2, mientras que el T3 se retrasa en su crecimiento, lo mismo pasa con el riego por inundación a los 55 DDS. A los 100 DDS previo a la cosecha para ambos híbridos, la altura de planta fue mayor en el T1, T2 e inundación con valores de 3.74, 3.58 y 3.15 m, respectivamente; por el contrario, el T3 fue el que presentó mayor estrés hídrico y el que presentó una menor altura (3 m) para los dos sorgos. La variedad super sorgo obtuvo mayores alturas que la variedad silo miel durante el ciclo del cultivo.

desde 3 m hasta más 4 m según la fecha de siembra, manejo agronómico y condiciones climáticas. En trabajos anteriores Arias *et al.*, 2018, Núñez *et al.*, 2015, Reyes, *et al.*, 2019a, Rivera *et al.*, 2014, reportaron alturas similares de sorgo a los 91 DDS. Sin embargo, García *et al.*, (2016), presenta altura de planta con valores de 4.30 y 5.18 m. las cuales son superiores a las alturas encontradas en el presente trabajo. Por otro lado, Pérez *et al.*, (2008) menciona, que diferentes procesos fisiológicos incluido la altura puede ser afectado por la disminución del riego, tal y como sucedió con los tratamientos de riego aquí estudiados.

En cuanto a los resultados de esta investigación y con referencia al súper sorgo se encuentran dentro del rango de altura de esa variedad según Arroyo (2015), ya que puede alcanzar alturas

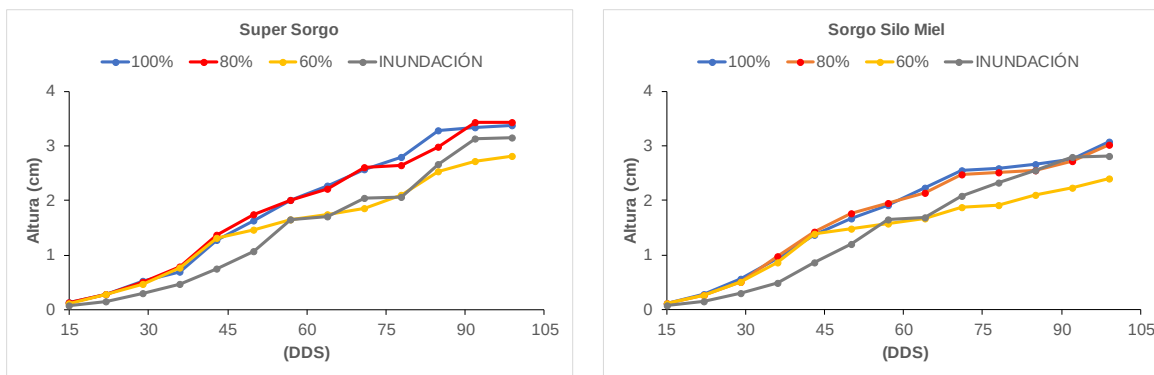


Figura 3. Evolución de altura del super sorgo y sorgo silo miel en Matamoros, Coahuila.

Rendimiento de Forraje Verde

En la producción de forraje verde el mayor rendimiento se presentó en el T2 y T1 con 94.56 y 89.68 t ha⁻¹ respectivamente, siendo estos estadísticamente iguales. El tratamiento que presentó menor rendimiento fue T3, el cual fue estadísticamente igual al T4 con producciones de 72.30 y 76.33 t ha⁻¹, respectivamente (Figura 4).

En cuanto a las variedades evaluadas la mayor producción se presentó en el súper sorgo con 89.85 t ha⁻¹ ya que esta variedad presentaba tallos de mayor diámetro y la menor con la variedad sorgo silo miel con 69.50 t ha⁻¹, siendo estadísticamente diferentes los rendimientos de forraje verde (Figura 5).

Los resultados obtenidos de producción de forraje verde en el presente trabajo son similares a los reportados por Alvarado *et al.*, (2011), Faz *et al.*, (2009), Rivera *et al.*, (2014), quienes reportaron producciones de 72, 78 y 81 t ha⁻¹ respectivamente de forraje verde en la Comarca Lagunera. Sin embargo, los resultados obtenidos fueron superior a los reportados por Anaya *et al.*, (2017), Anaya *et al.*, (2018), González *et al.*, (2014), Hernández *et al.*, (2010), Nava *et al.*, (2017) quienes reportaron rendimientos de forraje verde menores, no obstante, cabe mencionar que estos trabajos fueron irrigados con el sistema de riego tradicional (inundación).

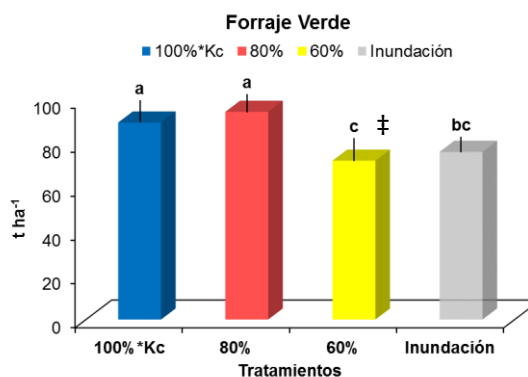


Figura 4. Rendimiento de forraje verde (t ha⁻¹) bajo diferentes niveles de evapotranspiración durante el ciclo de verano 2019 INIFAP. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey (P ≤ 0.05).

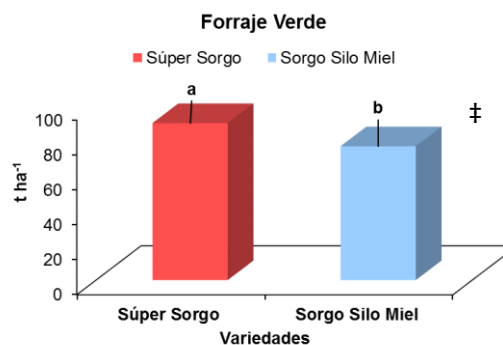


Figura 5. Rendimiento de forraje verde (t ha⁻¹) en las variedades evaluadas durante el ciclo de verano 2019 INIFAP. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey (P ≤ 0.05).

Rendimiento Forraje Seco

Con respecto a la producción de forraje seco se presentó diferencia significativa entre tratamientos de riego (Figura 6). Los tratamientos que sobresalieron fueron el T2 y T1 con producciones de 33.66 y 33.26 t ha⁻¹, respectivamente, seguido por el T4 con 28.32 t ha⁻¹ siendo estos estadísticamente iguales. Sin embargo, el tratamiento con menor producción de forraje seco se mostró en el T3 con 24.95 t ha⁻¹, el cual fue diferente estadísticamente a los demás tratamientos.

Con respecto a las variedades evaluadas la mayor producción se presentó en el super sorgo con 30.68 t ha⁻¹ y la menor en el sorgo silo miel con 29.63 t ha⁻¹, sin embargo, los rendimientos fueron estadísticamente iguales (Figura 7).

En lo que respecta a los rendimientos encontrados en este trabajo, podemos señalar que estos rendimientos se encuentran dentro del rango de producción de materia seca de sorgo forrajero a nivel nacional. Martínez *et al.*, (2005) mencionan que la producción de forraje seco de sorgo forrajero varía de 13 a 40 t ha⁻¹. Sin embargo, en la presente investigación se encontraron rendimientos inferiores a los reportados por Anaya *et al.*, 2017, Anaya *et al.*, 2018, Bolaños *et al.*, 2012, Nava 2017, Pérez *et al.*, 2010, Reyes *et al.*, 2019a, Vargas *et al.*, 2005. Aunque, Ríos *et al.*, (2010), y Ríos *et al.*, (2015) reportaron rendimientos superiores de 37.65 hasta 48.65 t ha⁻¹ no obstante, que estos rendimientos se obtuvieron en el ciclo de primavera.

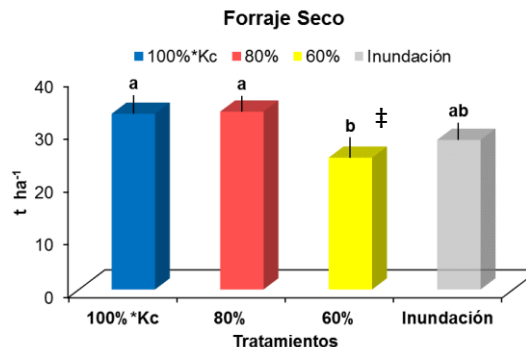


Figura 6. Rendimiento de forraje seco (t ha⁻¹) bajo diferentes niveles de evapotranspiración durante el ciclo de verano 2019 INIFAP. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey (P ≤ 0.05).

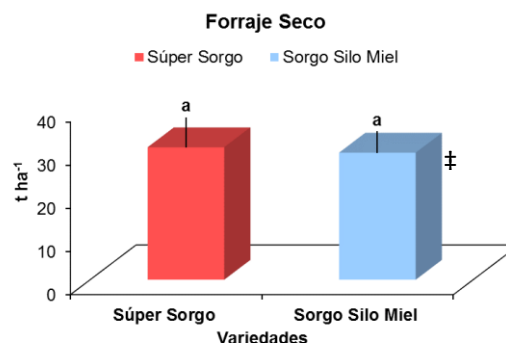


Figura 7. Rendimiento de forraje seco (t ha⁻¹) en las variedades evaluadas durante el ciclo de verano 2019 INIFAP. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey (P ≤ 0.05).

Lámina total aplicada

La Figura 8 muestra la lámina total aplicada para los diferentes tratamientos de riego, donde existe diferencia significativa entre los tratamientos. El T4 fue al que se le aplicó mayor cantidad de agua con una lámina de 71 cm, seguido del T2 con 58.8 cm, T1 con 56.1 cm y T3 con una lámina de riego de 46.6 cm.

La lámina total aplicada de los tratamientos coincide con lo mencionado por la FAO, 2012, donde señala que el cultivo de sorgo requiere de 45 cm a 75 cm de agua aplicada para su producción. En los resultados obtenidos la mayor lámina fue la que se le aplicó al sistema de riego por Inundación con 71 cm, la cual es similar a la reportada por Alvarado *et al.*, 2011 y Rodríguez *et al.*, 2017.

Klocke *et al.*, (1996) señalan que el agua aplicada más allá de la ET, no necesariamente se traducirá en mayor rendimiento, algo similar resultó con el T4 que fue el tratamiento con mayor lámina (Figura 8) y menor rendimiento de forraje seco comparado con el T1 (Figura 6), al cual se le aplicó una lámina menor (56.1 cm), mencionando que en este último tratamiento se tomó en cuenta la ETo, tomada de un atmómetro y Kc desarrollado para sorgo en la Comarca Lagunera, para la programación de los riegos.

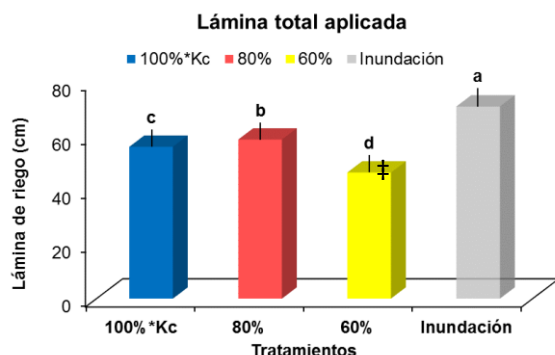


Figura 8. Lámina total aplicada bajo diferentes niveles de evapotranspiración durante el ciclo de verano 2019 INIFAP. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey ($P \leq 0.05$).

Eficiencia en el uso del agua

La mayor eficiencia en el uso del agua se presentó en el T1. Este tratamiento mostro una eficiencia de 6 kg fs m⁻³, seguido del T2 con 5.65 kg fs m⁻³ y el T3 con 5.35 kg fs m⁻³ siendo estos los tratamientos irrigados con cintilla y estadísticamente iguales. El T4 fue el que presentó la menor eficiencia en el uso del agua con un valor de 3.98 kg fs m⁻³, siendo diferente estadísticamente a los tratamientos de riego con cintilla (Figura 9).

Con respecto a las variedades evaluadas no existió diferencia significativa entre ellas, ya que el valor del super sorgo fue de 5.35 kg fs m⁻³, mientras que el valor del sorgo silo miel fue de 5.15 kg fs m⁻³ (Figura 10).

La eficiencia de los sorgos irrigados mediante RGS, fueron similares a los que reporta Becerra *et al.*, 2007, quienes reportaron eficiencias en el

uso de agua de 5.2 a 6.2 kg fs m⁻³, mientras que en el riego por inundación los resultados fueron superiores a los reportados por Rivera *et al.*, 2014 y Reta *et al.*, 2017, quienes reportaron eficiencias de 2.2 y 2.06 kg fs m⁻³, respectivamente, sin embargo Osuna *et al.*, 2017 reportaron mayor eficiencia en el uso de agua con un valor de 4.02 kg fs m⁻³ en el riego por inundación.

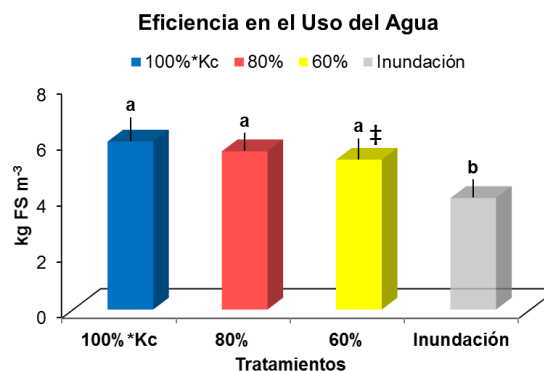


Figura 9. Eficiencia en el uso de agua (kg FS m⁻³) en sorgo forrajero con diferentes tratamientos de riego durante el ciclo de verano INIFAP 2019. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey ($P \leq 0.05$).

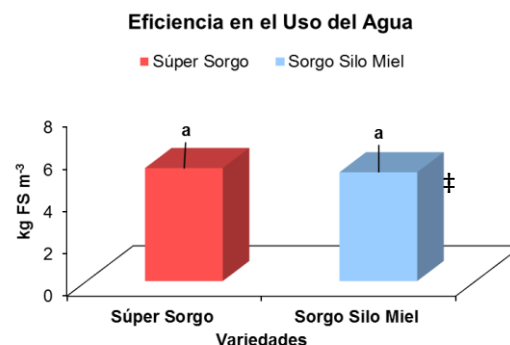


Figura 10. Eficiencia en el uso de agua (kg FS m⁻³), en las variedades evaluadas durante el ciclo de verano 2019 INIFAP. ‡Medias con la misma literal son estadísticamente iguales Tukey ($P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Los valores de índice de área foliar y altura de planta fueron afectados por los diferentes niveles de evapotranspiración en sorgo forrajero en el ciclo de verano 2019.

En cuanto a los rendimientos de forraje verde y seco, los tratamientos de 100 y 80% de ET fueron los que presentaron los mayores rendimientos.

El tratamiento T1, al cual se aplicó el 100 % de ET y fue afectado por un Kc generado localmente fue el que presentó mayor eficiencia en el uso del agua (6.0 kg FS m^{-3}), lo que demuestra que aplicando los requerimientos hídricos de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo se obtienen las mayores eficiencias en el uso de agua.

LITERATURA CITADA

- Alvarado P., J.V. B. A. Hernández, Morales, E. Ávila, S. Payan y M. Camarillo. (2011). Genotipos de sorgo dulce potenciales para producción de bioetanol en el Valle de Mexicali. Universidad. Autónoma de Aguascalientes. Investigación y Ciencia. Vol. 52 pag. 15-20.
- Anaya, S., A. G. Núñez, J. G. Martínez, L. Isidro y D. Torres. (2017). Comportamiento del potencial de producción de leche bovino en dos variedades de sorgo de diferente propósito. *Agrofaz*. Vol.17. Núm.1. Pag. 1033-1038.
- Anaya, S., A. A. Reyes, D. Torres, L. Isidro y J.G. Martínez. (2018). Producción de forraje y calidad en sorgo y mijo en condiciones agroclimática de la región Lagunera en ciclo primavera verano. Memoria de Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Pag.237-243
- Arias, C., H. Villareal, J. Pérez y M. P. Díaz. (2018). Contenido de azúcares en tallo y crecimiento del sorgo dulce asociado con tres leguminosas forrajeras. *Agrofaz*. Vol.17. Núm. 1.
- Arroyo, G., J. G. (2015). Súper Sorgo una alternativa para agronegocio en México. SAGARPA. Tecomán. Colima.
- Becerra, J. (2007). Arreglos espaciados de bloques compactos: una alternativa para mejorar la eficiencia del agua de riego y la rentabilidad de los cultivos. Reporte Anual de Investigación e Innovación Tecnológica. INIFAP.
- Bolaños, A., E. J. Claude, y A. Guillaume, (2012). Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo con y sin nervadura café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. Vol.3. Núm.2. Pag.441-449.
- FAO. (2012). Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua. Riego Y Drenaje
- Faz C., R. G. Núñez, U. Figueroa. (2009). Suspensión de ultimo riego de auxilio, sobre la madurez de los cultivos de maíz y sorgo forrajero Memoria de la XXI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Pag 77-83.
- García, B., A. F. Ramírez y A. Santosco. (2016). Super Sorgo: El sorgo dulce como una alternativa rentable para algunas regiones del trópico mexicano. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). Tecomán, Colima, México. Pag. 21-29.
- Godoy, A., C. I. Reyes y C. Torres. (2005). Riego por goteo subsuperficial en nogal pacanero (*Carya illinoensis* K.) con diferente número de laterales de riego. *Revista Agrícola Técnica*. México. Vol.31 pag. 203-212.
- González, J. P., Rubio, E. Calera, A. A. Cuesta, G., A. Moratalla, M. Gilabert. (2005). Seguimiento de la Evapotranspiración mediante los Coeficientes de Cultivo desde Teledetección. Aplicación a Maíz y Trigo. XI Congreso Nacional de Teledetección. Puerto de la Cruz. Tenerife. Pag. 81-84.

- González, L. M. y Ma. González. (2015). Secuencias temporales de imágenes y datos meteorológicos para caracterizar variabilidad en parcelas de trigo y maíz. Congreso XVI Sevilla, 13.
- Hernández, E., L. A. T. Moreno, J. Loaiza y E. Reyes. (2010). Sinaloense, 202, nueva variedad de sorgo para el estado de Sinaloa. Revista Mexicana Ciencias Agrícola. Vol.1 Núm.5. pag 733-737.
- Klocke, L. N 1996.Evapotranspiration (ET) or Crop Water Use Neb Guide G90-992-A. Institute of Agriculture and Natural Resources. University of Nebraska-Lincoln. USA
- Lucero, V., G. Troyo, D., E. Murillo, A., B. Nieto, G., A. Ruíz, E., F. Beltrán, M., F. Zamora, S., S. (2017). Diseño de un sistema de riego subterráneo para abatir la evaporación en suelo desnudo comparado con dos métodos convencionales. Agrociencia. Vol.51 Núm.5. pag.487-505.
- Montemayor, T., J. A., J. L. Lara, M., J. L. Woo, J. Munguía, M. Rivera, y R. Trucíos, (2012). Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. Agrociencia. Vol.46. Núm.3. Pag. 267-278.
- Nava, B., C.C. Rosales, S., R. Jiménez, O., R. Carrete, C., F.O. Domínguez, M., P.A. Murillo, O., M. (2017). Rendimiento y valor nutricional de tres variedades de sorgo dulce cultivadas en cuatro ambientes de Durango. Revista Mexicana Ciencias Pecuarias Vol.8 Núm. 2 pag.147-155
- Núñez, H., G. A. Anaya, R. Faz, H. S. Serrano. (2015). Variedades de sorgo forrajero con alto potencial de producción de leche. Agrofaz. Vol. 15. Num. 1 pag. 39-45.
- Osuna, C., E. y M. Martínez. (2017). Rendimiento y calidad de forraje de maíz y sorgo de temporal a cuatro y seis hileras en Aguascalientes, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.8. Núm.6. Pag. 1259-127
- Pérez, G., A. A. Pineda, D., L. Latournerie, W. Pam, y C. Godoy. (2008). Niveles de evapotranspiración potencial en la producción de chile habanero. TERRA Latinoamérica. Vol.26 Núm.1. Pag.53-59.
- Pérez, A., S. O. Iglesias, J. Wencomo, H. B. Reyes, F. Oquendo, y G. Milián, (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). Pastos y Forrajes. Vol.33. Núm.1), 1.
- Reta, S., D. G. Serrato, C., J.S. Quiroga, G., H.M. Gaytán, M., A. Figueroa, V., U. (2017). Secuencias de cultivo alternativas para incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. Revista Mexicana Ciencias Pecuarias, Vol. 8 Núm. 4. Pag. 397-406.
- Reyes, G., A. M. Rivera, G. Delgado, D.G. Reta, y J. I. Sánchez. (2019a). Programación del riego mediante el uso de un atmómetro. Agrofaz – Journal of Environmental and Agroecological Sciences. Vol.1 Núm.1. pag. 68-79
- Reyes-González, A., J. Kjaersgaard, T. Trooien, D. G. Reta-Sánchez, J. I. Sánchez, P. Preciado-Rangel y M. Fortis-Hernández. (2019b). Comparison of leaf area index, surface temperature and actual evapotranspiration estimated using the METRIC model and Insitu measurements. Sensor.19, 2-21. Doi:10.3390/s19081857
- Ríos, F., J. L. M. Torres, J. Ruiz, C. Navarrete, J. I. López, y J. L. Susano. (2010). Producción, productividad, rentabilidad y empleo en el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) regado por bombeo en la laguna, México de 1990 a 2006. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas. Vol.10. Pag. 33-41.

- Ríos, F., J. L. M. Torres, F. M. Castro, M. A. Torres, y T. J. Ruiz. (2015). Determinación de la huella hídrica azul en los cultivos forrajeros del DR-017, Comarca Lagunera, México. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias, vol. 47, núm. 1. pag. 93-107
- Rivera, E., G. J., A Esquivel, M. Muñoz, y H. M. Velásquez. (2014). Generación de tecnología para aumentar la eficiencia en el aprovechamiento del agua y nutrientes en sorgo forrajero con tres riegos de auxilio. Agrofaz, vol 14 No. 2.
- Rodríguez, P., Richard. P. Cánepa. M. Burgos, y G. Martinol, (2017). Necesidades hídricas y programación de riego en los cultivos de maíz, soya y sorgo en la localidad de Salto, Uruguay. Acta Iguazu. 6. 23-32.
- SADER. 2019. Delegación en la Región Lagunera, Subdelegación Ganadería 2019. El Siglo de Torreón. Suplemento especial. Enero 1. 2019. p. 28
- Vargas, RF. (2005). Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum sp*). Agronomía Mesoamericana Núm.16. Vol.2. Pag. 215-223.
- Villa, C. M. M., V. V. E. A. Catalan, y M. A. Inzunza. (2005). Análisis de la información climática para usos agrícolas. Agrofaz 5: 717-724.