Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Respuesta del girasol (*Helianthus annuus* L.) (Asteraceae) a la eficiencia en el uso del agua sembrado en clima árido bajo tres densidades de población

Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) (Asteraceae) to efficiency in the use of water sown in arid climate under three population densities

Méndez-Navarro, J.[a], Carrillo-González, A.[a], Díaz-López, E.[b]

[a] Estudiante de Ingeniería en Agricultura Sustentable y Protegida. Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación de la 1 Sur, 1101 San Pablo Tepetzingo Tehuacán, Puebla. C.P.: 75859.
[b] Cuerpo Académico "Ecofisiología Aplicada a Cultivos en Zonas Áridas". Universidad Tecnológica de Tehuacán. Prolongación de la 1 Sur, 1101 San Pablo Tepetzingo Tehuacán, Puebla. C.P.: 75859.
ernesto.lopez@uttehuacan.edu.mx; jimena.mendez@uttehuacan.edu.mx; angel.carrillo@uttehuacan.edu.mx

Innovación tecnológica: Uso del cultivo de girasol para zonas áridas donde otros cultivos no prosperarían.

Área de aplicación industrial: producir semilla para la extracción de aceite de calidad, en el sureste de México.

Enviado: 21 abril 2020
Aceptado: 21 septiembre 2020

Abstract

The sunflower has its center of origin in Mexico, even though it has been considered as European, specifically from Russia. It is supposed that this crop belongs to temperate climates, where it is destined for the industry to extract oil. This plant is currently used as forage, ornamental and bioremediator. Furthermore, it has a wide phenotypic plasticity to be adapted to dry areas, where rainfall does not exceed 600 mm, such as the Tehuacán-Cuicatlán valley. Therefore, the main objective of this research was to determine water use efficiency in the use of water, in the sunflower crop planted under three densities in arid climate during the winter-spring season. The treatments consisted of three densities (6.2, 12.5 and 25 plants m-2) and five replicates (15 experimental units) which were planted on January 5, 2019. The experiment consisted of randomized complete block design. The soil cwas classified as epileptic lithosol, seed beds were of 0.20 m high, 1.5 m wide and 11 m long. The response variables were: agronomic and biological yield, leaf area, water use efficiency and evapotranspiration. The results indicate that the highest agronomic, biological yield, leaf area and water use efficiency is reached with 12.5 plants m-2. The evapotranspiration of the

crop showed that sunflower adapts to the arid conditions of Zapotitlan Salinas, Puebla, with acceptable yield. From this study, it can be concluded that sunflower is an industrial crop that can be recommended in arid areas of Mexico, as an alternative for this type of ecosystem, to generate foreign exchange for the habitants of the zone.

Key words: sunflower, population density, arid zones, yield, evapotranspiration.

Resumen

El girasol teniendo su centro de origen en México, ha sido considerado como europeo, específicamente de Rusia, motivo por el cual se supone de climas templados, donde se destina a la agroindustria para la extracción de aceite. Esta planta, actualmente se utiliza como forraje, ornamental y biorremediadora. Además éste tiene una amplia plasticidad fenotípica, para adaptarse a zonas secas, donde las precipitaciones no son superiores a los 600 mm como el valle de Tehuacán-Cuicatlán. Por ello el objetivo principal de esta investigación fue: Determinar la eficiencia en el uso del agua, en el cultivo de girasol sembrado bajo tres densidades de población en clima árido, durante el ciclo invierno-primavera. Los tratamientos consistieron de tres densidades 6.2, 12.5 y 25 plantas m^{-2} y cinco repeticiones (3x5)=15 unidades experimentales, sembradas el 5 de Enero de 2019 y fueron evaluadas bajo un diseño de bloques completos al azar. El suelo consistió en un litosol epiléptico, motivo por el cual se elaboraron camas de siembra de 0.20 m de alto, 1.5 m de ancho y 11 m de largo. Las variables respuesta fueron: rendimiento agronómico y biológico, área foliar, eficiencia en el uso del agua y evapotranspiración. Los resultados indican que el mayor rendimiento agronómico, biológico, área foliar y eficiencia en el uso del agua, se alcanza con 12.5 plantas m^{-2}. La evapotrasnpiración del cultivo, demostró que el girasol, se adapta a las condiciones áridas de Zapotitlán Salinas, Puebla, teniendo un rendimiento aceptable. De este estudio se puede concluir, que el girasol es un cultivo agroindustrial que puede recomendarse en zonas áridas de México, como una alternativa para este tipo de ecosistemas, para generar divisas para los pobladores de la región.

Palabras clave: girasol, densidad de población, zonas áridas, rendimiento, evapotranspiración.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad económica básica que se encarga de la producción primaria, y es indispensable para alimentar a una población que está en constante crecimiento, y en la actualidad se enfrenta a diversas limitantes como son los efectos del cambio climático, uso de suelo y la inminente reducción de agua disponible tanto en volumen como en calidad, que limitan la productividad de los cultivos (Pérez *et al*., 2018). Así el uso eficiente del agua en campo por los cultivos, es el factor ambiental fundamental para la producción alimentaria (Salazar, 2014).

La eficiencia en el uso del agua (EUA), desde el punto de vista ecofisiológico es la relación existente entre la biomasa producida por el cultivo por milímetro de agua evapotranspirado. Otra manera de definir la eficiencia en el uso del agua a nivel biológico, es el cociente entre los carbohidratos formados en el proceso de autotrofia y la transpiración. Este índice fisiológico es de gran importancia debido a que aporta información, sobre los cultivos que más

biomasa acumulan en el órgano de interés antropocéntrico, cuando estos son sembrados en climas donde el recurso hídrico es limitado o escaso.

Respecto al girasol, esta es una planta anual que pertenece a la familia Asteraceae (Del Vito y Petenatti, 2009) y originaria de América del Norte (Torreta *et al*., 2010), específicamente de la parte centro y norte de México (Díaz *et al*., 2018) aunque también se encuentra en Canadá, Ecuador, Colombia y Perú, donde aún es posible encontrarlo en forma silvestre. Inicialmente el girasol se cultivó en Europa como flor ornamental y en 1812 como oleaginosa.

Respecto a la densidad de población, ésta es una de las prácticas agrícolas más recomendables para lograr un incremento en la productividad de los cultivos, debido a que, con un número apropiado de individuos por unidad de superficie, se logra un mejor aprovechamiento del suelo y el recurso hídrico, que se ve reflejado en la producción de capítulos y grano en girasol (Ortegón y Díaz, 1999).

Con relación a los climas áridos, estos se caracterizan por tener precipitaciones inferiores a 400 mm anuales (Mazuela, 2013), lo que en gran medida se convierte en la principal limitante para la producción agrícola y ganadera, como en Zapotitlán Salinas, Puebla.

El girasol como cultivo, ha demostrado tener una gran plasticidad fenotípica para adaptarse a diferentes climas incluidos los áridos, por ello se ha convertido en una opción viable para este tipo de biomas, donde otras especies no prosperarían, debido a la falta de agua. Por ello el objetivo general de la presente investigación fue: Determinar la eficiencia en el uso del agua, en el cultivo de girasol sembrado bajo tres densidades de población en clima árido. La hipótesis fue: La mayor eficiencia en el uso del agua, se obtendrá en altas densidades de población, bajo las condiciones de clima árido de Zapotitlán Salinas, Puebla.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento y clima

El experimento se llevó a cabo bajo condiciones de campo en Zapotitlán Salinas, Puebla México, considerada como la zona desértica más sureña de México, debido a que las zonas secas y desérticas se ubican al norte del eje neovolcánico. El sitio experimental se ubica en los 18° 07´ 18´´ latitud norte, 97° 19´ 24´´ longitud oeste y 1,547 metros de altitud. El clima de la zona es Bs_0(w´) eg, que corresponde a un clima árido, con temperatura mayor a 18 °C y menor a 27 °C, con régimen de lluvias de junio a septiembre menor a 400 mm, presencia de sequía intraestival (canícula), oscilación de la temperatura entre el mes más cálido y más frio mayor a 7 °C y menor a 14 °C, el mes más cálido ocurre antes del solsticio de verano (García, 2005).

Germoplasma, tipo de suelo, camas de siembra y manejo del cultivo

El material genético que se utilizó, consistió de aquenios de girasol cv. Victoria de polinización libre, provenientes de una selección masal de tres ciclos de cultivo, destinado a la producción de aceite, los cuales fueron sembrados en un suelo litosol epiléptico, resultado de afloramientos marinos con 10 cm de profundidad, 0.5% de materia orgánica, pH 8.1 y conductividad eléctrica 2.3 dS m^{-1}. Debido a la poca profundidad del suelo, fue necesario elaborar camas de siembra para un buen desarrollo del sistema radical. Estas consistieron de 0.20 m de altura, 1.50 m de ancho y 11 m de largo. La siembra fue manual colocando dos

semillas por golpe, para posteriormente realizar un aclareo y dejar la densidad de población establecida, para cada tratamiento, lo anterior fue debido a que en la zona no hay reportes de siembra del cultivo de girasol y *Per se* estadísticas sobre el rendimiento esperado.

La separación entre surcos para las tres densidades fue 0.80 m. Para el control de insectos chupadores (mosca blanca y pulgón), que fueron las principales plagas se realizaron aplicaciones foliares de imidacloprid 20 cc 100 L^{-1} de agua. Como medida preventiva para el ataque de hongos, se aplicó oxicloruro de cobre a razón dosis de 1 g L^{-1} de agua, el cual fue asperjado al dosel vegetal. El deshierbe fue de forma manual.

Fertilización

La dosis de fertilización que se aplicó al cultivo fue 100-100-30 (NPK) y se aplicó en dos etapas: al momento de la siembra fue la fórmula 50-50-15 (NPK) y el resto se aplicó en la antésis, que corresponden a 238 kg ha^{-1} de N, 238 kg ha^{-1} de (P_2O_5) y 50 kg ha^{-1} de (K_2O). Los fertilizantes que se utilizaron como fuentes de nutrimentos fueron: el sulfato de amonio (21% N), para bajar el pH del suelo, el superfosfato de calcio simple (21% P_2O_5) y el cloruro de potasio (K_2O 60%).

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos consistieron en tres densidades de siembra: 6.2; 12.5 y 25.0 plantas m^{-2}, que fueron resultado de los arreglos topológicos (0.20 x 0.80); (0.10 x 0.80) y (0.50 x 0.80). Las densidades de siembra se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar (DBCA) y cuatro repeticiones (3 x 4)= 12 unidades experimentales. El modelo matemático fue: $Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$, donde Y_{ij}, es la variable respuesta de la i-ésima densidad de población en el j-ésimo bloque; μ, es la media general verdadera; T_i, es el efecto de la i-ésima densidad de población; β_j, es el efecto del j-ésimo bloque y ε_{ij}, es el error experimental de la i-ésima densidad de población en el j-ésimo bloque. La unidad experimental consistió del surco central de la parcela (Cochran y Cox, 2005; Infante y Zárate, 1990).

Lamina de riego

La lamina de riego se ajustó de acuerdo a los datos de la evapotranspiración, los cuales fueron determinados por la ecuación ETc= (EV)(Ke)(Kc) donde: ETc, es la evapotranspiración en (mm); EV, la evaporación del tanque tipo "A"; Ke, es el coeficiente del evaporímetro con valor (0.6) y Kc, es el coeficiente del cultivo (0.8) (Aguilar *et al*., 2005). Estas fueron semanales (cuatro) de 3 mm para la etapa fenológica V_n, (ocho) de 5 mm para la etapa R4 a R_8.

Variables respuesta

Para el rendimiento agronómico, éste se obtuvo pesando el total de aquenios por capitulo con ayuda de una balanza analítica con una resolución +/- 0.002 g, el resultado se expresó en g $planta^{-1}$. El rendimiento biológico se obtuvo, pesando las estructuras: tallo, hojas y brácteas del involucro también se expresó en g $planta^{-1}$. El área foliar, se midió a los 20, 40, 60 y 80 días después de la siembra, y para ello se realizaron muestreos destructivos, y para determinarla se utilizó la ecuación AF= $0.1328*L^{2.5569}$, donde AF, es el área foliar (cm); L, largo de la nervadura principal (Dos Santos *et al*., 2017).

La eficiencia en el uso del agua, se obtuvo por medio de la ecuación EUA= $\frac{B}{ETc}$, donde: EUA, es la eficiencia en el uso del agua (g mm^{-1}), esta se determinó para el rendimiento

agronómico y biológico; así B, es la biomasa seca de aquenios y biomasa total y ETc, es la evapotranspiración (Morales *et al*., 2006). Para tener un mejor manejo del experimento, se realizó el diagrama ombrotermico de la zona, a partir de las variables meteorológicas: Temperatura máxima, mínima y promedio durante el ciclo de cultivo, los datos fueron obtenidos de la Comisión Nacional del Agua, para la región de Zapotitlán Salinas, Puebla México. Unidades calor, estas se determinaron mediante el método residual por medio de la ecuación:

$$UC = \left[\frac{Tmáx+Tmín}{2}\right] - TB$$

Donde: UC, son las unidades calor (°C día); Tmáx y Tmín, son las temperaturas máxima y mínima respectivamente y TB, es la temperatura base del cultivo, para girasol 12 °C, de igual modo los datos de temperaturas, se obtuvieron de la Comisión Nacional de Agua, para Zapotitlán Salinas, Puebla (Díaz *et al*., 2010).

Para el análisis de las variables respuesta se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para un diseño de bloques completos al azar. Cuando las variables respuesta resultaron significativas, se les aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey, a un nivel de significancia del 0.05 de probabilidad de error, con ayuda del programa estadístico SAS versión 7.0 para el procedimiento GLM (Barroso *et al*., 2002; SAS, 1998).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diagrama ombrotérmico

En la Figura 1, se presenta la dinámica de las temperaturas máxima, promedio y mínima durante el ciclo enero-marzo 2019 en el cultivo de girasol. Se observa que la tendencia fue ascendente en todas las temperaturas, presentando los valores mínimos en la primera decena del mes de enero, con 26.7 °C para la máxima, 17.2 °C para el promedio y 8.0 °C como mínima. Las temperaturas máximas 32.7 °C se presentaron al final del ciclo del cultivo durante el mes de marzo, por su parte, la temperatura promedio mensual fue de 21.9 °C y la mínima de 12.6 °C. Es importante resaltar que, bajo estas condiciones ambientales, el cultivo se desarrolló sin problema en las tres densidades bajo estudio, hasta alcanzar la madurez fisiológica.

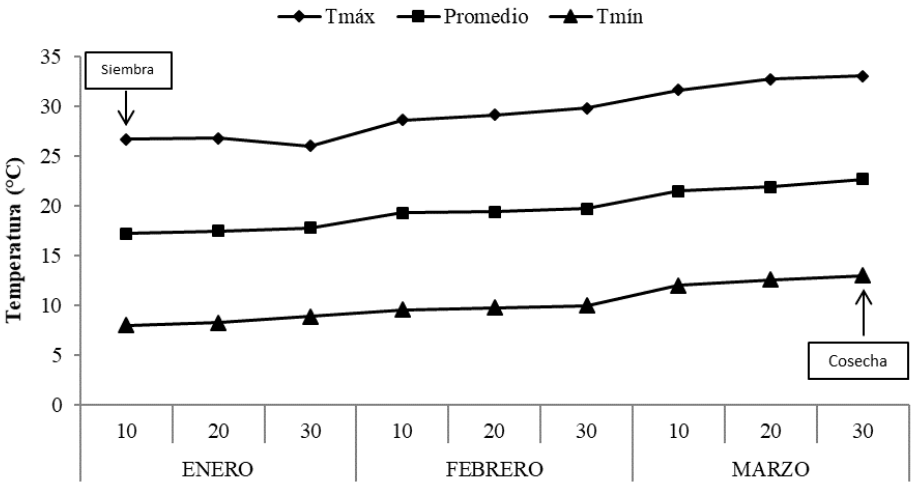


Figura 1. Diagrama ombrotermico, para temperaturas máxima (Tmáx), promedio y mínima (Tmín), en el cultivo de girasol (*Helianthus annuus* L.), bajo tres densidades de siembra. Zapotitlán Salinas, Puebla. Ciclo enero-marzo, 2019.

Rendimiento agronómico y biológico

El análisis de varianza, así como la prueba de comparación múltiple en girasol, se presenta en la tabla 1. El ANOVA, muestra que existieron diferencias altamente significativas para ambas variables. Respecto al coeficiente de variación, este demostró que los promedios para rendimiento agronómico fueron confiables en 20.20%, mientras que en el rendimiento biológico fueron muy confiables en 10.60%.

La prueba de comparación de medias en el rendimiento agronómico, muestra que las densidades D_2 y D_3, a pesar de presentar diferencias numéricas, desde el punto de vista estadístico fueron iguales con 160.30 y 189.50 g planta^{-1}. El menor rendimiento fue en la densidad D_1 con 105.20 g planta^{-1}. El rendimiento agronómico, tuvo la misma tendencia que el rendimiento biológico, así la mayor acumulación de biomasa fue en las densidades D_2 y D_3 con 279.60 y 296.40 g planta^{-1}, respectivamente, mientras que en D_1, la acumulación fue de 200.30 g planta^{-1}, superada por D_2 y D_1, respectivamente. La respuesta anterior se debió, a que, a mayor densidad de población, el dosel vegetal intercepta una mayor cantidad de radiación solar, incrementando la tasa de fotosíntesis incrementando la biomasa seca (Mena *et al*., 2018; Olalde *et al*., 2000).

Otros autores como Escalante *et al*., (2015), difieren con lo reportado en esta investigación, quienes mencionan que en densidades de población menores existe diferencia en la producción de materia seca, concentrándose esta en el tallo que en el capítulo, pero conforme aumenta la densidad se incrementa el rendimiento, el cual es explicado por que a mayor densidad la asignación de biomasa, se incrementa en la producción de semilla, que en los órganos vegetativos de la planta, tales como hojas, tallos e involucro.

Tabla 1. Rendimiento agronómico y biológico en girasol cv. Victoria (*Helianthus annuus* L.), bajo tres densidades de siembra. Zapotitlán Salinas, Puebla México. Ciclo enero-marzo 2019.

DENSIDAD	RA	RB
	g planta^{-1}	
D_1	105.20 b	200.30 b*
D_2	160.30 a	279.60 a
D_3	189.50 a	296.40 a
DSH	20.20**	10.60**
CV%	12.50	16.19

*Medias dentro de columna con la misma literal, estadísticamente son iguales según Tukey a una P≤0.05. D_1 = 6.2 plantas m^{-2}; D_2 =12.5 plantas m^{-2}; D_3 =25 plantas m^{-2}, densidad de siembra; DSH, diferencia significativa honesta; CV, coeficiente de variación; RA, rendimiento agronómico; RB, rendimiento biológico; **; *; n.s, significativo al 0.01; 0.05 y no significativo.

Eficiencia en el uso del agua

En la Figura 2, se presenta el comportamiento en el uso del agua para rendimiento agronómico y biológico. Se puede apreciar que en ambos casos existieron diferencias altamente significativas, así los datos fueron muy confiables como lo indicó el coeficiente de variación, el cual osciló entre 10.36 y 12.33%. La mayor eficiencia en el uso del agua respecto al rendimiento agronómico fue en D_2, con 3.01 g mm^{-1}, superando estadísticamente a D_1 y D_3, quienes resultaron

estadísticamente iguales con 2.36 y 2.60 g mm^{-1} respectivamente. De igual forma para la biomasa en D_2 arrojó un valor de 5.25 mm^{-1}, superando a D_1 y D_3 quienes solo acumularon 4.50 y 4.07 g mm^{-1}. Lo anterior se puede explicar por la competencia intraespecífica que ocurre en el cultivo, ya que a mayor número de plantas por unidad de superficie, estas compiten por agua, luz y nutrimentos, lo que provoca una disminución en la acumulación de biomasa, disminuyendo así la EUA, como lo demuestra el estudio de Vega *et al*., (2001), bajo un clima seco.

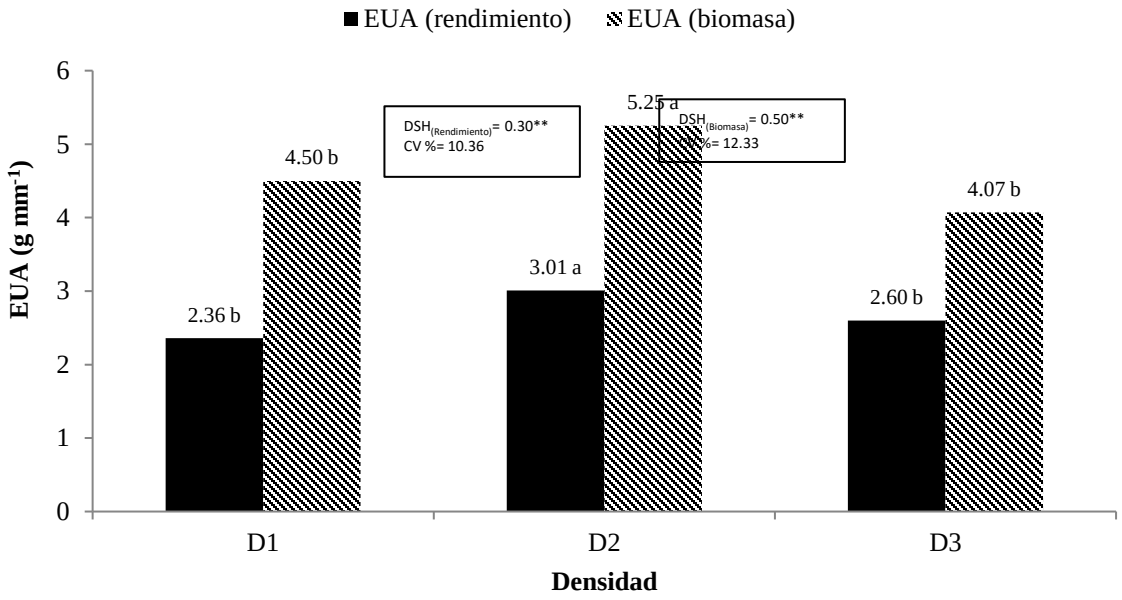


Figura 2. Eficiencia en el uso del agua en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria, bajo tres densidades de siembra, para rendimiento agronómico y biológico. Zapotitlán Salinas, Puebla. Ciclo enero-marzo, 2019. EUA, eficiencia en el uso del agua. D_1=6.2 plantas m^{-2}; D_2=12.5 plantas m^{-2} y D_3=25 plantas m^{-2}.

Área foliar

El área foliar para las tres densidades (Figura 3), tuvo un comportamiento sigmoideo, donde el mayor despliegue de la misma ocurrió a los 60 dds, con 1760.01 cm^2 para D_1, así el máximo valor se presentó en D_2 y D_3 con 3550.35 y 2230.23 cm^2 respectivamente, para posteriormente disminuir por efecto de la senescencia de las hojas viejas, dejando solo a las hojas jóvenes, quienes son las responsables de realizar fotosíntesis efecto que ocurre en la mayoría de los cultivos por la caída de hojas, causadas por el ácido abscísico (Taíz y Zeiger, 2014).

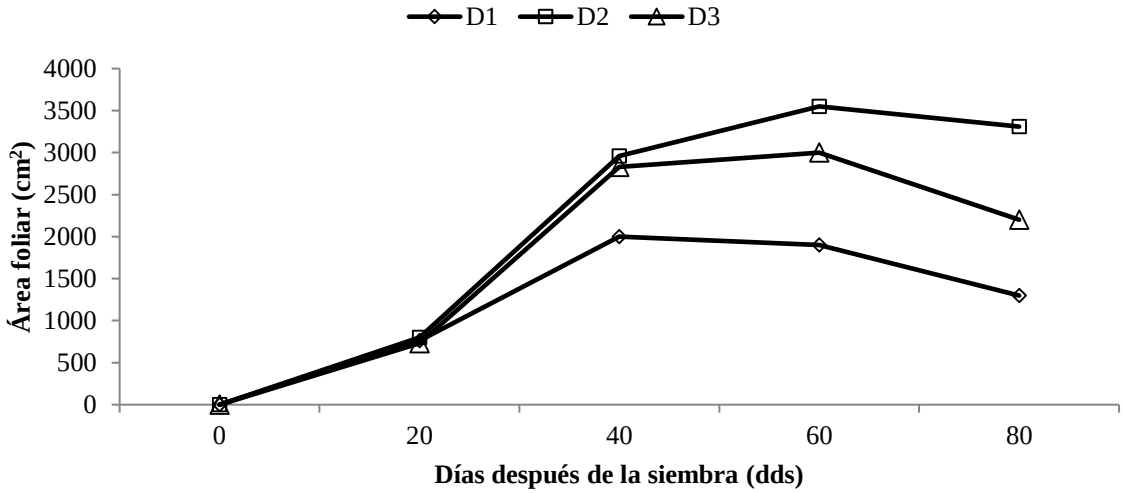


Figura 3. Dinámica del área foliar en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria, bajo tres densidades. Zapotitlán Salinas, Puebla. Ciclo enero-marzo, 2019. D1=6.2 plantas m^{-2}; D2=12.5 plantas m^{-2} y D3=25 plantas m^{-2}.

Evapotranspiración

La evapotranspiración para girasol en las tres densidades, se presenta en la Figura 4. Se observa que los modelos para las tres densidades se ajustaron a modelos cuadráticos. Las densidades D2 y D3, tuvieron modelos cuadráticos decrecientes, cuyo punto de inflexión, se presentó a los 60 dds. Respecto a D1, el modelo de ajuste también fue cuadrático pero ascendente cuyo punto de inflexión fue a los 40 dds. Este comportamiento se explica, debido que a medida que el área foliar aumento, la lámina foliar posee una mayor superficie de transpiración, aumentando de este modo la ETc.

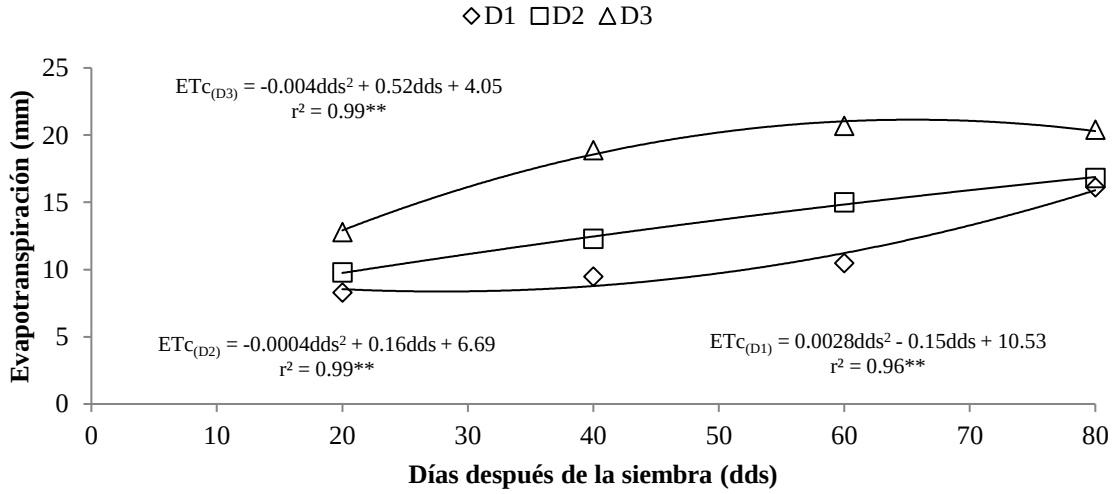


Figura 4. Dinámica de la evapotranspiración en girasol (*Helianthus annuus* L.) cv. Victoria, bajo tres densidades de siembra. Zapotitlán Salinas, Puebla. Ciclo enero-marzo, 2019. ETc, evapotranspiración. dds, días después de la siembra. D_1=6.2 plantas m^{-2}; D_2=12.5 plantas m^{-2} y D_3=25 plantas m^{-2}. **; *; n.s, significativo al 0.01; 0.05 y no significativo.

Unidades calor

Las unidades calor se ajustaron a un modelo lineal (Figura 5), con coeficiente de determinación altamente significativo, quien explica que el 98% de las unidades calor acumuladas, se deben al paso de los días después de la siembra. La pendiente del modelo indicó que por cada día que pasa, el cultivo acumula 9.37 °C. Así durante los primeros 30 días el cultivo acumuló 206.85 °C día, a los 60 dds se acumularon 491.75 °C día hasta los 90 dds acumulando 842.8 °C día, siendo este valor la integral térmica completa del cultivo. Los datos reportados en este estudio difieren con lo obtenido por Escalante *et al*., (2015), quienes trabajaron con cinco variedades de girasol bajo las condiciones de clima templado en Montecillo, México y reportan una acumulación de unidades calor de 734 °C día, en los cultivares Sunbred, Contiflor, Victoria y Peredovick, 12.9% menos acumulación de calor. Esto se atribuye a la diferencia de temperaturas climáticas de las zonas donde se llevaron a cabo ambos estudios, así como a la plasticidad fenotípica de los cultivares involucrados.

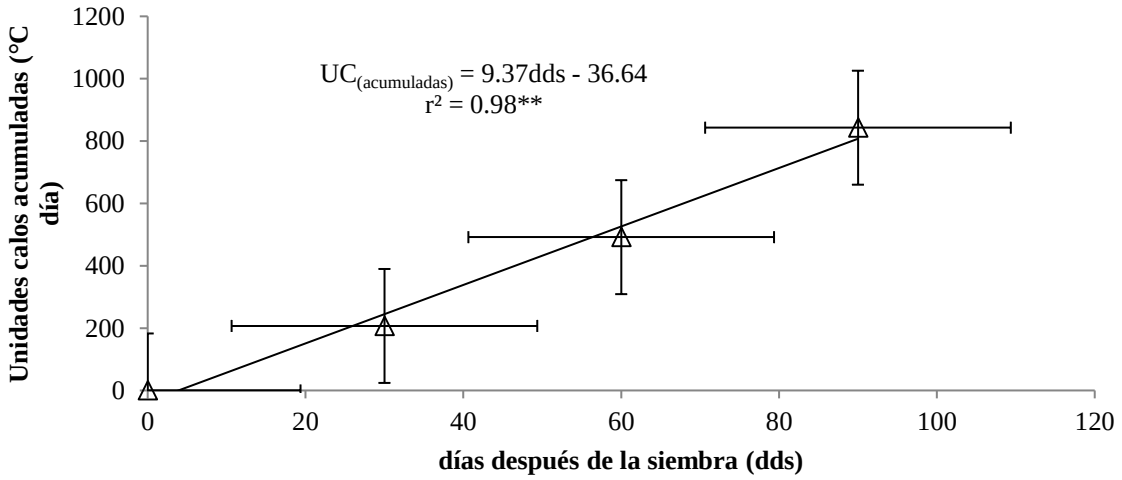


Figura 5. Unidades calor acumuladas para girasol (*Helianthus annuus* L.), bajo tres densidades de población. Zapotitlán salinas, Puebla. Ciclo enero-marzo, 2020. dds, días después de la siembra; UC, unidades calor. **; *; n.s, significativo al 0.01; 0.05 y no significativo.

IV. CONCLUSIONES

Considerando los resultados obtenidos de la presente investigación, se concluye lo siguiente:

El mayor rendimiento agronómico y biológico, se obtuvo en las densidades D_2 y D_1, así como también se obtuvieron una mayor eficiencia del agua y área foliar. Se obtuvo un mayor rendimiento agronómico y biológico en la D_3. Desde el punto de vista agronómico se gasta una mayor cantidad de semilla, motivo por el cual se recomienda utilizar la D_2. La acumulación de calor en el área de estudio (unidades calor), permitió al cultivo alcanzar la madurez fisiológica sin problemas. A pesar de presentar altas temperaturas, el cultivo de girasol, se puede recomendar como una opción en Zapotitlán Salinas, Puebla, para la producción de semilla ya que se obtienen rendimientos aceptables.

V. REFERENCIAS

1. Aguilar, G. L., Escalante, E. A. S., Fucikovsky, Z. L., Tijerina, Ch. L. Mark, E. E. 2005. Área foliar, tasa de asimilación neta, rendimiento y densidad de población en girasol. Terra Latinoamericana. 23(3): 303-310.
2. Barroso, U. I. M., Cañizares, P. M. y Lera, M. L. 2002. Influencia de la estructura de los datos en la selección de los métodos de análisis estadísticos. Revista Especial de Salud Pública. 76(2): 95-103.
3. Cochran, G. y Cox, M. G. 2005. Diseños experimentales. Ed. Trillas. 4ª. 661 p.
4. Del Vitto, A. L. y Petenatti, M. E. 2009. Asteráceas de importancia económica y ambiental. primera parte. sinopsis morfológica y taxonómica, importancia ecológica y plantas de interés. Multequina. 18: 87-115.
5. Díaz, L. E., García, S. A. L., Morales, R. A., Báez, R. I., Pérez, V. E., Olivar, H. A., Vargas, R. E. J., Hernández, H. P., De la Cruz, T. E., García, A. J.M and Loeza, C. J. M. 2018. Effect of gamma radiation of ^{60}Co on sunflower plants (*Helianthus annuus* L.) (Asteraceae), from irradiated achenes. Scientia Agropecuaria. 9(3): 313-317.
6. Díaz, L. E., Escalante, E. J. A., Rodríguez, G. M. T. y Gaytán, A. A. 2010. Producción de frijol ejotero en función del tipo de espaldera. Revista Chapingo Serie Horticultura. 16(3): 215-221.
7. Dos Santos, J. B., Marenco, C. C. R., Vieira, D. C. A., Raj, H., Soares, D. G. y De Lira, V. M. 2017. Crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) en función de la salinidad del agua de riego con fertilización nitrogenada. Agrociencia. 51(6). 649-660.
8. Escalante, E. Y. I., Escalante, E. J. A. y Escalante, E. L. E. 2015. Producción de girasol (*Helianthus annuus* L.) a diferentes densidades de población, Cultivado en Chilpancingo, Guerrero, México. Revista de Sistemas Experimentales. 2(5): 174-177.
9. Escalante, E. J. A. S., Rodríguez, G, M. T., Escalante, E. Y. I. 2015. Fenología, Biomasa y rendimiento de cultivares de girasol en valles altos. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 2: 307-311.
10. Infante, S. y Zárate, P. S. 1990. Métodos estadísticos: un enfoque multidisciplinario. Ed. Trillas. 2ª. 643 p.
11. García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. Instituto de Geografía, UNAM.
12. Mazuela, A. P. C. 2013. Agricultura en zonas áridas y semiáridas. IDESIA. 31(2): 3-4.
13. Mena, L. J. L., Díaz, P. A. L. y Aguilar, D. R. 2018. Efecto de la densidad de población en el desarrollo y distribución de la biomasa del girasol, variedad Caburé – 15. Revista de Ciencias Agrarias. 41(1): 23-35.
14. Morales, R. E. J., Escalante, E. J. A., Tijerina, Ch. L., Volke, H. V. y Sosa,

M. E. 2006. Biomasa, rendimiento, eficiencia en el uso del agua y de la radiación solar del agrosistema girasol-frijol. Terra Latinoamericana. 24(1): 55-64.

15. Olalde, V.M., Escalante, E. J.A.; Sánchez, G. P., Tijerina, Ch. L. Agustín, A., Lagunas, M. y Carreño, E. 2000. Crecimiento y distribución de biomasa en girasol en función del nitrógeno y densidad de población en clima cálido. Terra Latinoamericana. 18(4): 313-323.
16. Ortegón, S. A. y Díaz, A. 1999. Respuesta de cultivares de girasol a la densidad de población en dos ambientes. Agronomía mesoamericana. 10(2): 17-21.
17. Pérez, V.A., Leyva, T. D. A. y Gómez, M. F. C. 2018. Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 9(1): 175-189.
18. Salazar, M. R., Rojano, A. A. y López, C. I. L. 2014. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura controlada. Tecnología y Ciencia del Agua. 5(2): 177-183.
19. SAS. 1998. SAS, user´s guide: Stadistics. Version 7.0. SAS Institute, Cary, N.C., USA.
20. Taiz, L. and Zeiger, E. 2014. Plant Physiology and development. Sinauer. MA. U.S.A. 1338 p.
21. Torreta, P. J., Medan, D., Roig, A. A. y Montaldo, H. N. 2010. Visitantes florales diurnos del girasol (*Helianthus annuus*, Asterales: Asteraceae) en la Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 69(1-2): 17-32.
22. Vega, M. R., Escalante, E. J. A., Sánchez, G. P., Ramírez, A. C. y Cuenca, E. A. 2001. Asignación de biomasa y rendimiento de girasol con relación al nitrógeno y densidad de población. Terra latinoamericana. 19: 75-81.