

EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DEL ARBUSTO SÁMOTA (*Coursetia glandulosa* A. Gray) A PARTIR DE SEMILLAS, BAJO DIFERENTES CONDICIONES EN TERRENO ÁRIDO DEGRADADO DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT OF THE SÁMOTA BUSH (*Coursetia glandulosa* A. Gray) FROM SEEDS, UNDER DIFFERENT CONDITIONS IN DEGRADED ARID LAND OF HERMOSILLO, SONORA, MEXICO

**Celaya Michel, H., D.M. Mc Caughey Espinoza, J.R. Ruelas Islas, M.A. Barrera Silva
y M.E. Rentería Martínez**

EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DEL ARBUSTO SÁMOTA (*Coursetia glandulosa* A.
Gray) A PARTIR DE SEMILLAS, BAJO DIFERENTES CONDICIONES EN TERRENO ÁRIDO
DEGRADADO DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT OF THE SÁMOTA BUSH (*Coursetia glandulosa* A.
Gray) FROM SEEDS, UNDER DIFFERENT CONDITIONS IN DEGRADED ARID LAND OF
HERMOSILLO, SONORA, MEXICO



Evaluación del establecimiento del arbusto sámta (*Coursetia glandulosa* A. Gray) a partir de semillas, bajo diferentes condiciones en terreno árido degradado de Hermosillo, Sonora, México

Evaluation of the establishment of the sámta bush (*Coursetia glandulosa* A. Gray) from seeds, under different conditions in degraded arid land of Hermosillo, Sonora, Mexico

Hernán Celaya Michel, Diana Miriam Mc Caughey Espinoza, Jesús del Rosario Ruelas Islas, Miguel Angel Barrera Silva, María Eugenia Rentería Martínez

EVALUACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO DEL ARBUSTO SÁMTA (*Coursetia glandulosa* A. Gray) A PARTIR DE SEMILLAS, BAJO DIFERENTES CONDICIONES EN TERRENO ÁRIDO DEGRADADO DE HERMOSILLO, SONORA, MÉXICO

EVALUATION OF THE ESTABLISHMENT OF THE SÁMTA BUSH (*Coursetia glandulosa* A. Gray) FROM SEEDS, UNDER DIFFERENT CONDITIONS IN DEGRADED ARID LAND OF HERMOSILLO, SONORA, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 59: 141-148. Enero 2025

DOI:

10.18387/polibotanica.59.8

Hernán Celaya-Michel Autor de correspondencia: hernan.celaya@unison.mx
<https://orcid.org/0000-0003-3814-3894>

Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora,
Km 21 Carr. Bahía de Kino, CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México

Diana Miriam Mc Caughey-Espinoza <https://orcid.org/0000-0003-2988-8245>
Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora Boulevard Luis Donaldo Colosio y Reforma, CP. 83000. Hermosillo Sonora, México

Jesús del Rosario Ruelas-Islas <https://orcid.org/0000-0002-8833-6929>
Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Universidad Autónoma de Sinaloa, C.P. 81110. Ahome Sinaloa, México.

Miguel Angel Barrera-Silva <https://orcid.org/0000-0002-9537-2768>
María Eugenia Rentería-Martínez <https://orcid.org/0000-0003-0212-1626>
Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora,
Km 21 Carr. Bahía de Kino, CP. 83000. Hermosillo, Sonora, México

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue evaluar la germinación de las semillas del arbusto forrajero nativo *Coursetia glandulosa* sembradas en diferentes condiciones de terreno degradado y como control en suelo agrícola con riego por goteo en Hermosillo, Sonora, México, además de evaluar la sobrevivencia, y crecimiento de plántulas después del primer año post germinación. Se sembraron 100 semillas en cada parche de suelo degradado con 4 tratamientos: suelo desnudo, suelo desnudo + ramas de poda, bajo árbol y con malla plástica protectora. Los tratamientos en campo estuvieron a expensas de las precipitaciones. Las semillas del tratamiento control, en ecosistema agrícola, tuvieron riego por goteo. Los resultados a un año post germinación, muestran que la mayor germinación fue en el tratamiento control con riego y de los parches de suelo desnudo con protección de malla (44% y 40% de germinación respectivamente, $\chi^2 = 76.34$, $p = 0.0032$). La supervivencia al año fue mayor en el ecosistema agrícola con 86.36 % ($\chi^2 = 41.02$, $p = 0.0001$) seguida de 50% en el suelo desnudo protegido con malla y 20 % en el suelo desnudo cubierto con ramas, no se tuvo sobrevivencia al año de las plantas que nacieron bajo árbol y en suelo desnudo. El crecimiento de las plantas tanto en altura como en el ancho del dosel foliar fue mayor en el tratamiento control bajo riego, superando al año a los 150 cm y 145 cm respectivamente ($p < 0.0001$). Mientras que en el ecosistema degradado tanto con malla como con ramas los crecimientos fueron inferiores a los 42 cm de alto y 10 cm de ancho. El establecimiento de *C. glandulosa* en terrenos degradados áridos del noroeste de México, está muy por debajo de su potencial, limitado por la disponibilidad de agua en el suelo y la herbivoría.

Palabras clave: desertificación; ganadería; manejo de ranchos; sucesión ecológica.

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the germination of seeds of the native forage shrub *Coursetia glandulosa* planted in different conditions of degraded soil and as a control in agricultural soil with drip irrigation in Hermosillo, Sonora, Mexico, in addition to evaluating the survival and growth of seedlings after the first year post

germination. 100 seeds were planted in each patch of degraded soil with 4 treatments: bare soil, bare soil + pruning branches, under a tree and with a protective plastic mesh. The treatments in the field were dependent on rainfall. The seeds of the control treatment, in an agricultural ecosystem, were drip irrigated. The results one year after germination show that the highest germination was in the control treatment with irrigation and in the bare soil patches with mesh protection (44% and 40% germination respectively, $\chi^2 = 76.34$, $p = 0.0032$). Survival at one year was higher in the agricultural ecosystem with 86.36 % ($\chi^2 = 41.02$, $p = 0.0001$) followed by 50% in the bare soil protected with mesh and 20 % in the bare soil covered with branches. There was no survival at one year of the plants that were born under a tree and on bare soil. Plant growth in both height and width of the leaf canopy was higher in the control treatment under irrigation, exceeding 150 cm and 145 cm respectively at one year ($p < 0.0001$). While in the degraded ecosystem with both mesh and branches, growth was less than 42 cm high and 10 cm wide. The establishment of *C. glandulosa* in arid degraded lands of northwestern Mexico is well below its potential, limited by the availability of water in the soil and herbivory.

Key words: desertification; livestock; ranch management; ecological succession.

INTRODUCCIÓN

Los terrenos degradados se están incrementando en el mundo, desde hace varias décadas y esto representa un reto muy fuerte para la humanidad, por el papel de los ecosistemas en brindar servicios a la humanidad (D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W., 2013). Cuando la degradación de los suelos avanza se le denomina desertificación y se hace más difícil revertirla (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Las zonas áridas son particularmente vulnerables a la desecación al presentar precipitación escasa y variable, lo que conlleva a la degradación de terrenos y a la desertificación, asociada a disturbios tanto naturales como causados por el ser humano, incluido el sobrepastoreo de ganado (Abella, S. R., O'Brien, K. L., & Weesner, M. W., 2015).

La ganadería de bovinos en México tiene varios siglos de existir, a partir de la introducción de animales domésticos por los colonizadores europeos (Camou, 1998). Uno de los principales problemas que se han reconocido después de varios siglos en la ganadería, es el sobre pastoreo, el cual puede asociarse a sequías y llevar a corto o mediano plazo a la degradación de terrenos (Holechek J.L., Pieper R.D., & Herbel C.H., 1995). La recuperación de los ecosistemas ganaderos áridos mediante una sucesión ecológica es variable y multifactorial, limitada por las sequías y la herbivoría (Allen, E. B., Roundy, B. A., McArthur, E. D., & Haley J. S., 1995). Es muy importante la recuperación de los terrenos con degradación y desertificación, sea evaluada en las diferentes regiones (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

C. glandulosa tiene varios nombres comunes como sámeta, samo prieto, chino, cousamo, cousano, y chipile (Celaya-Michel, H., Hinojo-Hinojo, C., Celaya-Rosas, M., Valdez-Zamudio, D., & Rueda-Puente, E. O., 2020). Pertenece a la familia Fabaceae. Es un arbusto de uno a cinco metros de alto, no presenta espinas, tiene ramas flexibles, las hojas son de 2 a 5 cm de largo, y las flores son de 11 a 13 milímetros de largo, blancas o amarillo claro, frutos: vaina larga, delgada, constreñida entre las semillas, de 2-11 cm de largo, 5-7 mm de ancho, glandular estipitada con márgenes sinuosos (Turner, R. M., Bowers, J. E., & Burgess, T. L., 2005).

La distribución de la especie *C. glandulosa* abarca desde Arizona, en Estados Unidos, a Sonora, Sinaloa, Jalisco, Guerrero, y Oaxaca, entre otros estados de México (Felger, R. S., Johnson, M. B., & Wilson, M. F., 2001). En el desierto sonorense, la especie crece en zonas de escorrentía y en pendientes rocosas. La especie presenta una producción abundante de semillas y su germinación ocurre con la presencia de lluvias en la época de verano, en terrenos conservados, teniendo programas de pastoreo o bien agostaderos inactivos (Turner, R. M., Bowers, J. E., & Burgess, T. L., 2005).

Existen reportes donde mencionan que la etnia de los seris (konkaak / comca'ac). Esta etnia aprovecha su madera, para la elaboración de herramientas, entre ellas arcos, y también usos medicinales para el tratamiento de resfriados, fiebres, y tuberculosis (Turner, R. M., Bowers, J. E., & Burgess, T. L., 2005). Además, ha sido descrita como una planta forrajera para el ganado

doméstico y fauna, con un contenido de proteína cruda en sus hojas alrededor del 15% (Velázquez J., 1997).

Dada la importancia de *C. glandulosa* para los productores ganaderos en el noroeste de México, por sus atributos forrajeros, ha habido intentos por recuperar sus poblaciones mediante el trasplante de individuos generados en vivero (Martín-Rivera, M., y otros, 2001) (Martín, R. M. H., Ibarra, F. F. A., & Moreno, M. S., 2017) (Celaya-Michel, H., y otros, 2019). Sin embargo, no se encontró información con respecto al porcentaje de germinación y sobrevivencia en terrenos degradados.

Por lo anteriormente mencionado es necesario tener información de especies nativas con potencial de uso para restauración de ecosistemas de zonas áridas y semiáridas, para contrarrestar la problemática ambiental actual, a la vez de contar con un recurso forrajero (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la germinación, sobrevivencia y crecimiento en el primer año de *C. glandulosa*, a partir de semillas sembradas directamente sin tratamiento pregerminativo en diferentes condiciones de terreno degradado, con y sin protección contra la herbivoría y agrícola con riegos en Hermosillo Sonora, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubicó en el campus de la Universidad de Sonora (Hermosillo, Sonora), en el área de experimentación del Departamento de Agricultura y Ganadería (DAG), la cual consta de 244 hectáreas de terreno agrícola y ganadero a 21 km de la ciudad de Hermosillo, Sonora México, en las coordenadas 29°01'13' LN y 111°08'05" LO, y altitud de 191 msnm, en la Universidad de Sonora. El sitio tiene el tipo de suelo dominante es arenoso franco (WRB, 2015). El clima regional es seco y cálido, con una temperatura promedio anual de 23.1 °C, las temperaturas máximas del mes de junio son de 49 °C, y mínimas en febrero de -3.5 °C (CONAGUA, 2014). Las mayores precipitaciones se presentan en verano (julio y agosto; (INEGI, 2014), como parte del monzón de Norteamérica. La precipitación promedio anual es 378 mm (CESAVE-SIAFESON, 2022).

El área de estudio seleccionada se encuentra con suelo degradado, erosionado y compactado (determinado con la metodología de la línea de Canfield, en un 70% de suelo; (Canfield, 1941). Lo anterior, debido a desmontes, sobre pastoreo de bovinos y sequías. Los herbívoros pequeños como: liebre (*Lepus californicus*) y juancito o ardillón de cola redonda (*Xerospermophilus tereticaudus*) están presentes en el área de estudio.

La colecta de semilla *Coursetia glandulosa* se llevó a cabo con el permiso de colecta científica ante la SEMARNAT. El peso promedio por semilla fue de 0.528 gramos. Las semillas son descritas como reniformes (forma de riñón), con un tamaño que varía entre 6 a 8 mm de largo y presentan un color pardo-amarillento. Las semillas de *C. glandulosa* presentan una latencia moderada, de impermeabilidad de su testa, requiriendo condiciones adecuadas de humedad y temperatura para iniciar el proceso de germinación (Felger, R. S., Johnson, M. B., & Wilson, M. F., 2001) (Turner, R. M., Bowers, J. E., & Burgess, T. L., 2005).

Se evaluaron las variables germinación (emergencia de la plántula), sobrevivencia (a los 365 días), y crecimiento (altura máxima a 365 días, utilizando un flexómetro). Se sembraron 100 semillas (se consideró cada semilla una repetición) de *C. glandulosa* por parche de las diferentes características de terrenos "degradado" y "agrícola", en una superficie de 1 metro cuadrado por parche. El suelo se preparó manualmente con la herramienta llamada "el pico" y las semillas se sembraron a una profundidad de 3 mm, cubriéndolas con suelo del lugar (Bonner, F. T. & Karrfalt, R. P., 2008). Las siembras se realizaron en mayo, antes de la temporada de lluvias de verano de 2021, colocando las semillas al voleo en el metro cuadrado.

El concepto ecológico "parche", fue utilizado para delimitar visualmente la estructura del paisaje con condiciones homogéneas de suelo, plantas y microclima (Whitford, 2002). La selección de parches degradados en este trabajo fue considerando áreas de suelo desnudo, donde no hubiera habido crecimiento de plantas anuales, perennes y carecieran de mantillo. En ecosistemas degradado se utilizaron: parches de suelo desnudo, suelo desnudo agregando ramas completas de poda (para generar un microclima), bajo árbol (*Parkinsonia microphylla* Torr.), y con malla

plástica formada de cuadrados de 1 cm² (para limitar el ingreso de herbívoros pequeños como liebres, conejos, ratones, ratas, lagartijas, etc.).

Para contrastar las limitantes de agua del terreno degradado, se sembraron semillas de *C. glandulosa* en suelo de uso agrícola con riego por goteo, dentro de una parcela que consiste en un rectángulo de 3.35 hectáreas del DAG, el cual está protegido por malla de alambre formada por cuadrados de 5.7 cm² de cada lado y de dos metros de alto, con lo cual se limita el ingreso a la mayor parte de animales domésticos y fauna. Durante el año de estudio, la lámina de riego aplicada fue de 20 mm por semana, y el riego semanal se suspendió cuando se presentaron acumulados de precipitación semanal de 20 mm o más.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: germinación (%), sobrevivencia (%) y crecimiento (altura de la planta y ancho del dosel en centímetros) durante un año. Los análisis estadísticos se realizaron con el programa JMP versión 5 (SAS, 2000). Con los datos de germinación y sobrevivencia se elaboraron tablas de contingencia con la prueba de ji cuadrada (χ^2) (Infante, G. S. & Zarate de Lara, G. P., 2000) Infante y Zarate de Lara, 2000). El crecimiento en altura de las plantas los 365 días, se contrastó mediante análisis de varianza, previo análisis de normalidad con la prueba de Shapiro–Wilk. La prueba a posteriori utilizada fue Tukey-Kramer. En todos los casos se estableció una significancia estadística menor o igual al 5% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

Los resultados de germinación muestran que las semillas de *C. glandulosa* en suelo agrícola con riego germinaron más que las semillas colocadas en el resto de los parches de suelo degradado (44 % de germinación, $\chi^2 = 76.341$, $p = 0.0001$; Cuadro 1). En suelo degradado con malla se tuvo una germinación de 40 %, mientras que en los tratamientos ramas, bajo árbol y suelo desnudo solo el 20, 6 y 5 %, respectivamente.

Las plantas de *C. glandulosa* en suelo agrícola tuvieron una sobrevivencia alta del 86 % al año ($\chi^2 = 41.02$, $p = 0.0001$), mientras que las plantas en suelo degradado con malla y ramas fue de 50 y 20 %. Las plantas bajo árbol y en suelo desnudo no logaron llegar con vida a los 365 días.

Cuadro 1. Germinación y sobrevivencia anual de semillas de *C. glandulosa*, en parches de ecosistema degradado y en suelo agrícola. Germinación $\chi^2 = 76.341$, $p = 0.0001$. Sobrevivencia $\chi^2 = 41.02$, $p = 0.0001$.

Table 1. Germination and annual survival of *C. glandulosa* seeds in degraded ecosystem patches and in agricultural soil. Germination $\chi^2 = 76.341$, $p = 0.0001$. Survival $\chi^2 = 41.02$, $p = 0.0001$.

Ecosistema	Características	Germinación (%)	Sobrevivencia (%)
Degradado	Desnudo	5.00	0.00
Degradado	Ramas	20.00	20.00
Degradado	Bajo árbol	6.00	0.00
Degradado	Malla	40.00	50.00
Agrícola	Riego	44.00	86.36

Las plantas en el suelo agrícola tuvieron riegos periódicos, lo cual explica su alta sobrevivencia (86%) tal como es de esperarse; lo relevante del estudio es que en el suelo del ecosistema degradado la protección con malla (50%) y ramas (20%) favoreció una sobrevivencia a diferencia del tratamiento bajo árbol y suelo desnudo sin sobrevivencia.

Durante el periodo de estudio de mayo de 2021 a diciembre de 2022, las precipitaciones pluviales (Cuadro 2) fueron nulas de enero a mayo de 2022, es decir no hubo lluvias de invierno, retando la sobrevivencia de las plantas bajo estudio. Para futuros trabajos valdría la pena explorar cuanto de los tratamientos malla plástica o con ramas contribuyen a la sobrevivencia como protección contra herbivoría o por un posible efecto de microclima.

Cuadro 2. Precipitación (mm) mensual en el área de estudio de la costa de Hermosillo, de 2021 a 2022. Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora (CESAVE-SIAFESON, 2022).

Table 2. Monthly precipitation (mm) in the study area of the Hermosillo coast, from 2021 to 2022. Network of Automatic Meteorological Stations of Sonora (CESAVE-SIAFESON, 2022).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
2021	41.1	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	114.4	65.8	32.3	0.0	5.1	48.4	317.1
2022	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.0	78.4	192.4	64.6	6.0	0.0	0.0	352.4

La altura de las plantas al año de *C. glandulosa* fue mayor en suelo agrícola con riego por goteo (150 cm; $p < 0.0001$; Cuadro 3) a los 365 días que las plantas con malla y ramas (41 cm, 34 cm). Los resultados de ancho del dosel también fueron mayores para las plantas en suelo agrícola (145 cm; $p < 0.0001$; Cuadro 3).

Cuadro 3. Media y desviación estándar (DE) de altura y ancho del dosel de plantas de *C. glandulosa* al año de edad, en parches de ecosistema degradado y agrícola.

Table 3. Mean and standard deviation (SD) of canopy height and width of *C. glandulosa* plants at one year of age, in patches of degraded and agricultural ecosystems.

Ecosistema	Características	Altura (cm)	DE		Ancho (cm)	DE	
Degradado	Ramas	34.57	3.66	B	8.82	8.82	B
Degradado	Malla	41.75	5.76	B	9.10	1.37	B
Agrícola	Riego	150.61	16.01	A	145.49	19.13	A

Medias de tratamientos con letra diferente (A o B) entre ecosistemas indican diferencia significativa ($P < 0.0001$).

DISCUSIÓN

Otras especies de árboles nativos del Desierto Sonorense como *Guaiaecum coulteri*, *Olneya tesota*, *Parkinsonia florida*, *Parkinsonia microphylla*, y *Prosopis velutina* se han germinado en suelo agrícola de 1 al 29% sólo con las lluvias, y de 15 a 85% cuando se aplicó riego (Ochoa-Meza, A., y otros, 2022), en nuestros datos fue una germinación de 5 a 40% para tratamientos en suelo degradado, y 44% en suelo agrícola con riego (Cuadro 1).

La sobrevivencia de plantas nuevas en el Desierto Sonorense, se ha reportado como baja, por altas tasas de mortalidad de las plántulas durante el primer año (Bowers, J. E., Turner, R. M., & Burgess, T. L., 2004). Un estudio previo en el Desierto Sonorense de trasplante de plantas de *C. glandulosa* reporta una sobrevivencia de 8 % en suelo desnudo y 35 % en zonas de acumulación de agua (Martín *et al.*, 2017); en otro trabajo, después de 4 épocas de verano, la sobrevivencia fue de 25 % (Martín, R. M. H., Ibarra, F. F. A., & Moreno, M. S., 2017). Mientras que, en la costa de Hermosillo, *C. glandulosa* registró una sobrevivencia del 90 % con riego por goteo durante el primer año; y en los 17 años posteriores paso de 9 plantas a 20, mostrando colonización en el sitio (Celaya-Michel, H., y otros, 2019). La diferencia de nuestro estudio fue que se evaluó la sobrevivencia de semillas germinadas en el sitio degradado con resultados de 0 a 50 % y 86 % en suelo agrícola con riego, en vez de trasplante de plantas generadas en vivero que menciona la literatura.

El crecimiento de plantas en los desiertos es lento, limitado por las precipitaciones, herbivoría y disponibilidad de nutrientes del suelo (Whitford, 2002). Martín y colaboradores (Martín, R. M. H., Ibarra, F. F. A., & Moreno, M. S., 2017) trasplantaron *C. glandulosa* de vivero y a los dos años la altura encontrada fue de 155 cm en zonas de acumulación de agua, y 68 cm en terrenos

planos. En un estudio la altura de plantas adultas a los 17 años post trasplante de *C. glandulosa* fue de 4.88 metros (Celaya-Michel, H., y otros, 2019).

En nuestros datos el crecimiento al año fue de 34 a 41 cm para las plantas de los tratamientos en terreno degradado a comparación con 150 cm en suelo agrícola y con riego por goteo (Cuadro 3). Lo anterior puede indicar el potencial de crecimiento que tiene la especie, con mayor disponibilidad de agua.

CONCLUSIONES

Las condiciones de humedad de los terrenos áridos degradados del noroeste de México limitan la germinación de *C. glandulosa*. La protección de herbivoría, con malla y ramas de poda, favorece la sobrevivencia al año de nuevas plantas de esta especie. El crecimiento de *C. glandulosa* en condiciones naturales en terreno degradado es lento y alejado del potencial de crecimiento a cuando se adiciona riego. Es necesario continuar investigando alternativas de establecimiento de árboles y arbustos nativos para recuperar terrenos degradados, que permitan recuperar servicios ecosistémicos para la humanidad.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería, por el apoyo para la realización del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Abella, S. R., O'Brien, K. L., & Weesner, M. W. (2015). Revegetating Disturbance in National Parks: Reestablishing Native Plants in Saguaro National Park, Sonoran Desert. *Natural Areas Journal*, 18-25.
- Allen, E. B., Roundy, B. A., McArthur, E. D., & Haley J. S. (1995). Restoration ecology: limits and possibilities in arid and semiarid lands. En B. A. Roundy, E. D. McArthur, J. S. Haley, & c. Mann David K., *Proceedings of the Wildland Shrub and Arid Land Restoration Symposium* (págs. 7-15). Las Vegas, NV.: USDA Forest Service Intermountain Research Station.
- Bonner, F. T., & Karrfalt, R. P. (2008). *The woody plant seed manual* (Vol. Handbook No. 727). Washington, DC.: US Department of Agriculture, Forest Service.
- Bowers, J. E., Turner, R. M., & Burgess, T. L. (2004). Temporal and spatial patterns in emergence and early survival of perennial plants in the Sonoran Desert. *Bowers, J. E., Turner, R. M., & Burgess, T. L. (2004). Temporal and spatial patterPlant Ecology*, Bowers, J. E., Turner, R. M., & Burgess, T. L. (2004). Temporal and spatial patterns in 107–119.
- Camou, H. E. (1998). *De rancheros, poquiteros, orejanos y criollos: los productores ganaderos de Sonora y el mercado internacional*. Zamora, Michoacán, México.: El Colegio de Michoacán AC.
- Canfield, R. H. (1941). Application of the line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, 388-394.
- Celaya-Michel, H., Hinojo-Hinojo, C., Celaya-Rosas, M., Valdez-Zamudio, D., & Rueda-Puente, E. O. (2020). *Plantas nativas más comunes de las zonas áridas de Sonora*. Celaya-Michel, H., Hinojo-Hinojo, C., Celaya-Rosas, M., Valdez-Zamudio, D., y Rueda-Puente, E. O. (2020). Plantas nativas más comunes de las Herмосillo Sonora. Universidad de Sonora. Colección de Textos académicos. Herмосillo Sonora. 255 p.
- Celaya-Michel, H., Mc Caughey-Espinoza, D. M., Rodríguez, J. C., Bautista-Olivas, A. L., Castellanos-Villegas, A. E., Hinojo-Hinojo, C., & Barrera-Silva, M. (2019). Post-transplantat performance of 17 native wood fodder species from Sonora, Mexico. *Agrociencia*, 371-380.

Recibido:
25/julio/2024

Aceptado:
17/diciembre/2024

- CESAVE-SIAFESON. (2022). *Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora*. Obtenido de <https://www.siafeson.com/remas/>
- CONAGUA. (2014). *Estadísticas del Agua en México, edición 2014*. México, D. F.: SEMARNAT-CONAGUA.
- D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K. F., Ravi, S., & Runyan, C. W. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in water resources*, 326-344.
- Felger, R. S., Johnson, M. B., & Wilson, M. F. (2001). *The trees of Sonora, Mexico*. New York: Oxford University Press.
- Holechek J.L., Pieper R.D., & Herbel C.H. (1995). *Range Management, Principles and Practices*. Englewood Cliffs, NJ, USA.: Prentice Hall.
- INEGI. (2014). *Anuario estadístico y geográfico de Sonora 2014*. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Infante, G. S., & Zarate de Lara, G. P. (2000). *Infante, G. S. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario* (Vol. Sexta reimpresión). México: Editorial Trillas.
- Martín, R. M. H., Ibarra, F. F. A., & Moreno, M. S., (2017). Transplanting brush species for the rehabilitation of Sonoran Desert degraded rangelands in Mexico. *Grassland science in Europe*, 363.
- Martín-Rivera, M., Ibarra-Flores, F., Guthery, F. S., Kublesky, W. P., Camou-Luders, G., Fimbres-Preciado J., & Johnson-Gordon, D. (2001). Habitat improvement for wildlife in north-central Sonora, Mexico. En M. I.-F.-L.-P.-G. Martín-Rivera, *Shrubland ecosystem genetics and biodiversity: proceedings* (págs. Shrubland ecosystem genetics and biodiversity: proceedings; 2000 June 13-15; Provo, UT. Proc. RMRS-P-21. Og356-360). Provo, UT.: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. .
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: opportunities and challenges for business and industry*. Washington, D. C.: World Resources Institute.
- Ochoa-Meza, A., Montiel-González, C., Ruelas-Islas, J. D. R., Barrera-Silva, M. A., Valdez-Domínguez, R. D., & Celaya-Michel, H. (2022). Germination and growth of the Sonoran Desert native trees under different agricultural conditions. *Agroproductividad*.
- SAS. (2000). *SAS statistical software* (Vol. Version 5). Cary, NC, USA: SAS Institute.
- Turner, R. M., Bowers, J. E., & Burgess, T. L. (2005). *Sonoran Desert plants: an ecological atlas*. Tucson, AZ.: University of Arizona Press.
- Velázquez J., C. (1997). *Importancia y Valor Nutricional de las Especies Forrajeras de Sonora*. Hermosillo, México.: UniSon.
- Whitford, W. G. (2002). *Ecology of Desert Ecosystems*. San Diego, CA, USA: Elsevier Science Ltd. London, UK.
- WRB, I. (2015). *World reference base for soil resources 2014, update 2015*. Rome, Italy: FAO.