

CARBONO AÉREO EN EL ESTRATO ARBUSTIVO DE RODALES BAJO MANEJO FORESTAL MADERABLE

AERIAL CARBON IN THE SHRUB STRATUM OF STANDS UNDER TIMBER FOREST MANAGEMENT

Pérez-Alavez, Y.^{*}; Rodríguez-Ortiz, G.; Campos-Angeles, G. V.; Lozano-Trejo, S.

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera al ITAO S/N, San Jesús Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, C. P. 71233.

** E-mail: yazminprz720@gmail.com*

Fecha de envío: 19, mayo, 2025

Fecha de publicación: 20, septiembre, 2025

Resumen:

El estrato arbustivo es muy importante ya que desempeña un papel crucial en los ecosistemas, ayudan con la estabilidad del suelo, la erosión, además incorporan al piso forestal una gran cantidad de carbono (C) y otros nutrientes contenidos en la biomasa estructural y de compartimentos. El objetivo de este trabajo fue analizar los montos de C aéreo arbustivo y su relación con tratamientos silvícolas (TS) y factores de sitio en rodales bajo manejo forestal maderable. El trabajo se llevó a cabo en San José del Pacífico, Miahuatlán, Oaxaca, en el 2024. Se establecieron $n = 60$ sitios de 400 m^2 bajo un diseño de muestreo estratificado con selección aleatoria; dentro de cada sitio se establecieron dos cuadrantes “encontrados” de 9 m^2 , donde se recolectaron todas las arbustivas presentes; se estimó el contenido de C en la biomasa aérea de las diferentes especies. Se realizaron pruebas de bondad de ajuste (χ^2 , $\alpha = 0.05$) y se diferenciaron TS mediante modelo lineal generalizado (GLM) y pruebas de medias (Duncan, 0.05). Los montos de C en arbustivas generan alta dependencia ($p \leq 0.01$) de factores de sitio como exposición, altitud (m), pendiente (%) y la profundidad de materia orgánica (cm); así como del tipo de TS aplicado. El 36 % del C arbustivo aéreo se concentra en el TS segundo aclareo, mientras que los montos mayoritarios se concentran en exposición oeste, altitud alta ($> 2518 \text{ m}$), pendientes bajas ($\leq 45 \%$) y profundidad de materia orgánica grande ($> 11 \text{ cm}$). Los diferentes sitios de muestreo se diferenciaron en sus contenidos de C en el estrato arbustivo aéreo ($p \leq 0.05$) entre TS.

Palabras clave: arbustos, compartimentos, factores del sitio.

Abstract:

The shrub strata is very important since it plays a crucial role in ecosystems, they help with soil stability, erosion, and they also incorporate a large carbon (C) amount and other nutrients contained in the structural and biomass compartment. The objective of this work was to analyze the aboveground C amounts in shrub and its relationship with silvicultural treatments (TS) and site factors in stands under timber forest management. The work was carried out in San José del Pacífico, Miahuatlán, Oaxaca, in 2024 n = 60 sites of 400 m² were established under a stratified sampling design with random selection; within each site, two “found” quadrants of 9 m² were established, where all the shrubs present were collected; the C content in the aboveground biomass of the different species was estimated. Goodness-of-fit tests were performed (χ^2 , $\alpha = 0.05$) and TS were differentiated using generalized linear model (GLM) and means tests (Duncan, 0.05). The C amounts in shrubs generate high dependence ($p \leq 0.01$) on site factors, such as exposure, altitude (m), slope (%) and depth of organic matter (cm); as well as the type of TS applied. 36 % of the aboveground shrub C is concentrated in the second thinning TS, while the majority amounts are concentrated in western exposure, high altitude (> 2518 m), low slopes (≤ 45 %) and depth of large organic matter (> 11 cm). The different sampling sites differed in their C contents in the aerial shrub layer ($p \leq 0.05$) among TS.

Keywords: shrubs, compartments, site factors.

INTRODUCCIÓN

Actualmente una de las principales consecuencias del cambio climático se debe a los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (Pacheco-Gilberto y Hernández, 2019; Ruiz-de Ocenda et al., 2024), en México, por las condiciones climáticas y orográficas con las que cuenta se encuentra expuesto a diferentes sucesos hidrometeorológicos extremos que pueden afectar gravemente a las zonas costeras, áreas inundables y laderas de montaña, esto ocasiona que disminuya la humedad en los suelos, la degradación de las mismas, los ecosistemas forestales tienen cambios de un 50 % en todas sus superficies (Barrera-Hernández et al., 2020; Kuosmanen & Dai, 2020; Zamora-Martínez, 2015).

Los ecosistemas forestales son una de las principales fuentes de almacenamiento de CO₂ atmosférico ya que absorben más del 35 %, además tienen almacenamiento de carbono en todas las etapas del bosque, los manejos forestales adecuados crean grandes cantidades de biomasa y por ende de carbono, la cantidad de las mismas depende de varios factores como climáticos, edáficos, edad del rodal, densidad arbórea, especies, altura de los árboles, topográficos y de los diferentes tratamientos silvícolas que se apliquen (Caballero-Cruz et al., 2022; Cortés-Pérez et al., 2021).

Las especies arbóreas y arbustivas son de suma importancia ya que cumplen con diferentes funciones importantes, ayudan en la erosión del suelo, retención de agua, cuentan con influencia en los procesos edáficos, frenan el impacto de las gotas de lluvia, y participan como nodrizas en el establecimiento de otras plantas, además de estas depende la cantidad de carbono que estas puedan almacenar, estas especies representan más del 20 % del total de las especies, por ello son de gran importancia en términos florísticos, ecológicos y estructurales (Acosta-Mireles et al., 2020). Algunas de las familias que cuentan con la mayor riqueza de arbustos en México, están: Fabaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Boraginaceae y Rubiaceae (Castillo-Campos et al., 2011; García et al., 2012; Villaseñor, 2016; Villaseñor y Ortiz, 2012) y con ecosistemas templado-húmedos y templado-secos (De León-Mata et al., 2013). Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue analizar los montos de C aéreo arbustivo y su relación con tratamientos silvícolas (TS) y factores de sitio en rodales bajo manejo forestal maderable del sur de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en la comunidad de San José del Pacífico, Oaxaca, México en la región de la Sierra Sur, en el predio denominado “El Encino”, con una superficie de 120 ha ubicada a una altitud de 2480 m, bosque mesófilo de montaña. Los rodales bajo manejo forestal maderable tienen pendientes entre 30 % y 80 %; los arbustos cuentan con alturas que van de 5 a 8 m, se encuentran conformado principalmente por las familias: Fabaceae, Asteraceae, Euphorbiaceae, Convolvulaceae, Boraginaceae y Rubiaceae.

Muestreo de sitios

Se empleó muestreo estratificado aleatorio, utilizando como estratos las superficies con TS y bajo conservación; los $n = 60$ sitios de 400 m^2 (UM) fueron distribuidos de manera aleatoria y proporcional al tamaño del estrato ($A1 = 11$, $A2 = 17$, $A3 = 11$, $CR = 11$, testigo = 10), dentro de cada sitio se establecieron dos cuadrantes “encontrados” de 9 m^2 , donde se recolectaron todas las arbustivas presentes; se estimó el contenido de C en la biomasa aérea de las diferentes especies.

Manejo y análisis de datos

Se realizaron pruebas de bondad de ajuste (χ^2 , $\alpha = 0.05$) y se diferenciaron TS mediante modelo lineal generalizado (GLM) y pruebas de medias (Duncan, 0.05) en el paquete estadístico SAS (SAS Institute, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los diferentes factores de sitio, exposición, altitud, pendiente y profundidad de materia orgánica (PMO), así como tratamientos silvícolas generan alta dependencia en los montos diferenciados ($p \leq 0.01$) de C arbustivo, tal es el caso del TS tercer aclareo en la exposición oeste que acumula 9 % del monto total de C total. Existe alta relación del TS con los factores de sitio como altitud, pendiente, ya que se generan los mayores montos de C arbustivo en el tratamiento A2 en altitudes altas (> 2518 m) (19 %), en sitios con baja pendiente (≤ 45) (29 %). Por otro lado, en PMO mayores a 8 cm en donde se encuentra la mayor cantidad de arbustivas con un 36 % (Cuadro 1), la alta dependencia se debe a la cantidad de biomasa existente y por ende de C, en este tipo de sitios (Charmakar et al., 2021).

El análisis de varianza mostró que el C almacenado se diferenció ($p \leq 0.05$) entre TS, excepto en la altitud y la pendiente, que no fueron significativos debido a la baja variabilidad en todos los sitios (CV bajo) y esto se ve reflejado en bajos valores de los cuadrados medios del error (Cuadro 2). El contenido de C que se obtuvo en este estudio fue del 45 % en el estrato arbustivo, correspondiente al bosque mesófilo de montaña; este resultado coincide al encontrado por Razo-Zárate et al. (2015) en un bosque de *Abies religiosa*, esto se puede atribuir a que las condiciones climáticas son similares. Por otro lado, Aguirre-Mendoza et al. (2018) encontraron datos inferiores, esto se puede deber al tipo de bosque andino.



Cuadro 1. Pruebas de independencia entre variables de sitio y tratamientos silvícolas, sobre montos de carbono arbustivo.

Table 1. Tests of independence between site variables and silvicultural treatments, on amounts of shrub carbon.

Variable	Tratamiento silvícola					Totales
	A1	A2	A3	CR	Testigo	
Exposición	$\chi = 10087.2^{**}$					
E	210.2 (0.01)	787.4(0.04)	208.9(0.01)			1206.6(0.07)
N		615.6(0.03)	133.8(0.07)			749.4 (0.04)
NE	1358.6(0.08)		386.1(0.02)	795.7(0.05)	887.3 (0.05)	3427.7(0.19)
NO		838.9 (0.05)		315.2(0.02)		1154 (0.07)
O	185.9 (0.01)	1407.4(0.08)	1506.6(0.09)	1451.3(0.08)	1125.2(0.06)	5676.3(0.32)
S	442.5 (0.03)	1396.7(0.08)	513 (0.03)		178.5 (0.01)	2530.7(0.14)
SE	405 (0.02)	604.1 (0.03)				1009.1(0.06)
SO		664.5 (0.04)	611.4 (0.03)		607 (0.03)	1882.9(0.11)
Altitud	$\chi = 3674.8^{**}$					
Alta	1750.7 (0.1)	3342.9(0.19)	837.5 (0.05)	941.4 (0.05)	1944.6(0.11)	8817.1 (0.5)
Media	851.5 (0.05)	1764.5(0.1)	2353.3(0.13)	1620. (0.09)	674.9 (0.04)	7264.9(0.41)
Baja		1207.2(0.07)	169.1 (0.01)		178.5 (0.01)	1554.8(0.09)
Pendiente	$\chi = 5515^{**}$					
Alta	412.8 (0.02)		1228.8(0.07)	645.7 (0.04)		2287.2(0.13)
Media	863.6 (0.05)	1139.9(0.06)	914.3 (0.05)	549.5 (0.03)	1766.5 (0.1)	5233.8(0.30)
Baja	1325.9(0.08)	5174.7(0.29)	1216.8(0.07)	1367.1(0.08)	1031.4(0.06)	10115(0.57)
PMO	$\chi = 3860.3^{**}$					
Grande	1603.4(0.09)	3189.2(0.18)	1412.2(0.08)	990 (0.06)	763.3 (0.04)	7958.1(0.45)
Mediana	998.9 (0.06)	3125.4(0.18)	1126.1(0.06)	622.8 (0.04)	1707.6 (0.1)	7580.7(0.43)
Pequeña			821.6 (0.05)	949.4 (0.05)	327.05(0.02)	2098 (0.12)
Total	2602.3(0.15)	6314.6(0.36)	3359.8(0.19)	2562.2(0.15)	2797.9(0.16)	17636.7 (1)

A1 = primer aclareo, A2 = segundo aclareo, A3 = tercer aclareo, CR = corta de regeneración. Frecuencia absoluta (frecuencia relativa) ($t\ ha^{-1}$). Altitud (m), alta > 2518, media (2434 - 2518] , baja \leq 2434; pendiente alta > 62, media (45 - 62] , baja \leq 45; PMO = profundidad de materia orgánica, grande, >11, mediana (8 - 11] , pequeña \leq 8.

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza del carbono contenido en la biomasa arbustiva aérea y otros factores de sitio.

Table 2. Summary of the analysis of variance of the carbon content in the aboveground shrub biomass and other site factors.

Variable	Cuadrados medios	Coefficiente de variación (%)	\sqrt{CME}
Biomasa	4930293.6**	45.8	299.4
Carbono	998384.4**	45.8	134.7
Altitud [†]	4.9×10^{-9ns}	0	9.4×10^{-6}
Pendiente [†]	0.0008 ^{ns}	0.2	0.003
Profundidad de materia organica	225.7**	18.5	2.0

**Valor significativo ($p \leq 0.05$), ^{ns} = no significativo ($p > 0.05$).[†]Datos transformados a arco tangente.

El C contenido en la biomasa arbustiva se encuentra en el TS segundo aclareo con un monto total de 371.4 t ha^{-1} , debido a que en estos sitios se tiene la mayor PMO (11.7 cm), se localizan a altitud promedio de 2500 m y en sitios de menor pendiente; en contraparte, los TS primer aclareo y cortas de liberación almacenan las menores cantidades de C del estrato arbustivo ($< 233 \text{ t ha}^{-1}$) ya que se localizan en sitios de mayor pendiente y menor PMO (Tabla 3). Acosta-Mireles et al. (2020) en una plantación de forestal encontraron valores muy bajos de C en arbustivas (1.5 t ha^{-1}), debido a que las parcelas cuentan con manejo maderable que reduce las arbustivas por la extracción, a diferencia de este estudio que lleva entre 2 y 3 años en recuperación. Hernández-García et al. (2016) y Bonilla et al. (2013) en biomasa arbustiva encontraron datos inferiores a los reportados en este estudio, esto probablemente se debe a diferencias profundidades de PMO, indicando que a mayores profundidades mayor retención de agua y mayores cantidades de nutrientes, estos facilitan el crecimiento y establecimiento de nuevas especies (Gelviz-Gelvez & Pavón-Hernández, 2013; Celaya-Michel y Castellanos-Villegas, 2011).

Por otro lado, Acosta-Mireles et al. (2020), Burbano-Orjuela (2018), Fonseca-González et al. (2019) y Hernández-Núñez et al. (2021) mencionan que las condiciones climáticas y las plantas arbustivas presentes afectan la cantidad de C, entre mayor sea la densidad de árboles o plantas arbustivas mayor será la fertilidad en el suelo, buena mineralización y estas sirven de amortiguamiento para el suelo y por ende la cantidad de C será mayor.



Cuadro 3. Comportamiento del carbono contenido en la biomasa aérea arbustiva y de otras variables de sitio entre tratamientos silvícolas.

Table 3. Behavior of carbon content in aboveground shrub biomass and other site variables between silvicultural treatments.

Variable	A1	A2	A3	CR	Testigo
Biomasa (t ha ⁻¹)	525.7±72.8 ^b	825.4±90.9 ^a	678.7±93.6 ^{ab}	517.6±73.0 ^b	621.8±77.8 ^{ab}
Carbono (t ha ⁻¹)	236.5±32.7 ^b	371.4±40.9 ^a	305.4±42.1 ^{ab}	232.9±32.8 ^b	279.7±35.0 ^{ab}
Altitud (m)	2540.4±6.6 ^a	2496.5±18.9 ^a	2494.8±16.1 ^a	2516.1±13.8 ^a	2508.0±20.3 ^a
Pendiente (%)	51.3± 2.6 ^a	40.7±1.7 ^b	55.0±3.5 ^a	51.8±3.39 ^b	48.6±2.2 ^a
PMO (cm)	11.4±0.3 ^{ab}	11.7±0.3 ^a	9.9±0.8 ^b	10.1±0.7 ^{ab}	10.9± 0.6 ^{ab}

A_{1,2,3} = aclareo primero, segundo, tercero, CR = corta de regeneración. PMO = profundidad de materia orgánica. Valores con la misma letra en hileras no presentan diferencias estadísticas significativas (Duncan, 0.05). Media ± error estándar.

CONCLUSIÓN

Los montos de C generan alta dependencia ($p \leq 0.01$) de factores del sitio (pendiente, altitud, exposición y profundidad de materia orgánica) y de los tratamientos silvícolas (TS) aplicados en bosques del predio denominado el Encino de San José del Pacífico, al sur de Oaxaca, México. Sin embargo, después de un periodo de dos años sin aprovechamiento maderable, los montos de C aéreo arbustivo entre las áreas bajo TS y el testigo son los mismos (283.3 t ha⁻¹).

Agradecimientos

Esta investigación está financiada por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), a través de la beca número 677125 del Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC), con el tema de investigación “Potencial de secuestro de carbono en rodales con aprovechamiento maderable del Sur de Oaxaca”.

LITERATURA CITADA

Acosta-Mireles, M., Carrillo-Anzures, F., Buendía-Rodríguez, E., Benavides-Solorio, J. D., Flores-Ayala, E., & González-Molina, L. (2020). Carbono en suelo, hierbas y arbustos en una plantación forestal en Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(6), 1377-1387. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2427>

- Aguirre-Mendoza, Z., Quizhpe, C. W., Pinza, D.(2018). Estimación del carbono acumulado en una parcela permanente de bosque andino en el parque universitario Francisco Vivar Castro, Loja, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(3), 939-952. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.253.25307>.
- Barrera-Hernández, L. F., Murillo-Parra, L. D., Ocaña-Zúñiga, J., Cabrera-Méndez, M., Echeverría-Castro, S. B., & Sotelo-Castillo, M. A. (2020). Causas, consecuencias y qué hacer frente al cambio climático: análisis de grupos focales con estudiantes y profesores universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(87), 1103-1122.
- Bonilla P., E., D. A. Rodríguez T., A. Borja de la R., C. Cíntora G. y J. Santillán P. 2013. Dinámica de combustibles en rodales de pino-encino de Chignahuapan, Puebla. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4 (19), 21-33.
- Burbano-Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 82-96. <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Caballero-Cruz, P., Treviño-Garza, E.J., Mata-Balderas, J.M., Alanís-Rodríguez, E., Yerena- Yamallel, J.I., Cuéllar-Rodríguez, L.G.(2022).Análisis de la estructura y diversidad arbórea de bosques templados en la ladera oriental del volcán Iztaccíhuatl, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 13(71),76-102.
- Castillo-Campos, G., Bautista-Bello, A. P., Medina-Abreo, M. E., García-Franco J. G. y Martínez, M. L. (2013). *Hoffmannia arqueonervosa* (Rubiaceae), una especie nueva del centro de Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(3), 751-755. DOI: <https://dx.doi.org/10.7550/rmb.34433>
- Celaya-Michel, H., & Castellanos-Villegas, A. E. (2011). Mineralización de nitrógeno en el suelo de zonas áridas y semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343-356.
- Cortés-Pérez, M., De León-González, F., Paz-Pellat, F., Leyva-Pablo, T., Santiago-García, W., Ponce-Mendoza, A., y Fuentes-Ponce, M. (2021). Almacenamiento de carbono aéreo en un bosque templado de Oaxaca: manejo de alta y baja intensidad. *Madera y Bosques*, 27(4), e2742440. Doi: 10.21829/myb.2021.27.42440.
- Charmakar, S., Oli-Nath, B., Joshi-Raj, N., Maraseni-Narayan, T., and Atreya, K. (2021). Forest carbon storage and species richness in FSC Certified and non-certified community forests in Nepal. *Small-scale Forestry*, 20,199-219. <https://doi.org/10.1007/s11842-020-09464-3>
- De León-Mata, G. D., García-Arévalo, A., Andrade-Herrera, S., y Ruiz-Marín, A. (2013). Distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 9(1), 30-40. <https://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/209>
- Fonseca-González, W., Villalobos-Chacón, R., Rojas-Vargas, M. (2019). Potencial de mitigación del cambio climático de los ecosistemas forestales caducifolios en Costa Rica: modelos predictivos de biomasa y carbono. *Revista Ciencias Ambientales*, 53(2), 111-131.

- García, A. R., Fuentes, R. A. y Pauchard, A. (2012). Effects of two nitrogen-fixing invasive plants species on soil chemical properties in south-central Chile. *Gayana Botánica*, 69(1), 189-192. <https://doi.org/10.4067/s0717-66432012000100020>
- Gelviz-Gelvez, S.M. & Pavón-Hernández, N.P. (2013). Diversidad de especies arbustivas en una zona semiárida del centro de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 19(3), 323-335. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.049>
- Hernández-García, J., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-del Valle, J. R., Campos-Ángeles, G.V., & Hernández-Hernández, A. (2016). Biomasa arbustiva, herbácea y en el piso forestal como factor de riesgo de incendios. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(36), 51-63.
- Hernández-Núñez, H.E., Andrade, H. J., Suárez-Salazar, J.C., Sánchez-A., J. R., Gutiérrez-S, D.R., Gutiérrez-García, G.A., Trujillo-Trujillo, E., & Casanoves, F. (2021). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales en los Llanos Orientales de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 69 (1), 352-368. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42959>
- Kuosmanen, T., Zhou, X., & Dai, S. (2020). How much climate policy has cost for OECD countries? *World Development*, 125, 104681. DOI: 10.1016/j.worlddev.2019.104681
- Pacheco-Gilberto, A.B., Hernández, R. (2019). Cambio climático algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: revisión sistemática de la literatura. *Revista Cuidarte*, 10 (3), e664. <https://doi.org/10.15649/cuidarte.v10i3.664>
- Razo-Zárate, R., Gordillo-Martínez, A. J., Rodríguez-Laguna, R., Maycotte- Morales, C. C., & Acevedo Sandoval, O. Arturo. (2015). Coeficientes de carbono para arbustos y herbáceas del bosque de oyamel del Parque Nacional El Chico. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(31), 58-67. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000500005&lng=es&tlng=es.
- Rivera, J.E., Chará, J., y Barahona, R. (2019). CH₄, CO₂ and N₂O emissions from grasslands and bovine excreta in two intensive tropical dairy production systems. *Agroforestry Systems*, 93(3), 915-928. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0187-9>
- Ruiz-de Ocenda, A. M. I., González-Pérez, M. D., & Pardo-Domínguez, I. (2024). Compensar la huella de carbono de una actividad comunitaria con otra actividad comunitaria. *Comunidad*, 26(2), 71-74. <https://dx.doi.org/10.55783/comunidad.260205>
- SAS Institute. (2022). The SAS System for Windows User's Guide Release 9.4. SAS Institute. Cary, North Carolina, USA.
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902. DOI: <https://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2016.3.1638>.
- Villaseñor, J. L. y E. Ortiz. (2012). La familia Asteraceae en la flora del Bajío y de regiones adyacentes. *Acta Botánica Mexicana*, 100, 259-291. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.37>.