

PERSPECTIVAS DEL CULTIVO DE LA SAYA (*Amoreuxia* spp.) EN EL NOROESTE DE MÉXICO COMO NUEVO PRODUCTO AGRONÓMICO

Hernán Celaya-Michel^{1*}, Jesús del Rosario Ruelas-Islas², César Hinojo-Hinojo³, Maryela Celaya-Rosas⁴, Miguel A. Barrera-Silva¹

¹Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería. Hermosillo, Sonora, México. Carretera a Bahía Kino Km. 21, 83000.

²Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte, Ahome, Sinaloa, México, 81110.

³The University of Arizona, Department of Ecology and Evolutionary Biology, Tucson, AZ, USA, 85721.

⁴Universidad de Sonora, Licenciatura en Biología. Hermosillo, Sonora, México. Luis D. Colosio, 83000.

*Autor de correspondencia: hernan.celaya@unison.mx

RESUMEN

En el pasado los pobladores del noroeste de México se beneficiaron de la planta saya (varias especies del género *Amoreuxia*), aprovechándola tanto con fines alimenticios como medicinales, luego los colonizadores europeos la aprovecharon como alimento ante hambrunas. Actualmente algunas de estas especies presentan disminución en sus poblaciones, por lo cual han sido consideradas en categorías de riesgo de la NOM 059 de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales en el año 2010. Esfuerzos recientes han aportado conocimiento sobre formas de multiplicación de la planta bajo condiciones agrícolas. En este trabajo se evaluó el cultivo de saya (*A. palmatifida*) durante dos años consecutivos, para comparar la productividad del primer año de plantas obtenidas de germinación directa de semillas en condiciones agrícolas, con la productividad del segundo año a partir del rebrote las raíces tuberosas. Se encontró una mayor productividad de las plantas en el segundo año de evaluación ($p < 0.0001$), tanto en crecimiento de la planta, producción de semillas y peso de las raíces tuberosas. El futuro impacto social de algunas especies del género *Amoreuxia* puede ser muy positivo aplicando las técnicas de multiplicación de esta especie, descritas en este trabajo, para recuperar esta planta en los terrenos de agostadero del noroeste de México e incluso para generar nuevos cultivos.

Palabras clave: biodiversidad, desierto sonorense, planta comestible.

INTRODUCCIÓN

La humanidad enfrenta retos importantes hoy en día como el cambio climático global, la degradación de terrenos, la pérdida de biodiversidad, el crecimiento poblacional, el incremento en las necesidades de alimentos y recursos naturales para la población (Blaikie y Brookfield, 2015). El cambiar hacia un manejo sustentable las actividades productivas, la conservación y recuperación de ecosistemas degradados y su biodiversidad, son una alternativa, para mitigar esta problemática y obtener servicios de los ecosistemas (Geijzen-dorffer *et al.*, 2017), que permitan obtener tanto alimentos y agua, así como reguladores de procesos vitales para la sociedad.

Los ecosistemas han ofrecido a la humanidad servicios de varias categorías, como soporte, provisión, regulación y culturales (Millennium Ecosystem Assessment MEA, 2005), donde la biodiversidad de plantas destaca como proveedor de alimento, recursos maderables, plantas con propiedades medicinales, reservorio de recursos genéticos, además de especies de plantas de las que han surgido nuevos cultivos que ayudaron a garantizar el abasto de alimentos en condiciones agrícolas para maximizar la productividad del cultivo (Ceccon y Perez, 2016).

Citation: Celaya-Michel H, Ruelas-Islas JR, Hinojo-Hinojo C, Celaya-Rosas M, Barrera-Silva MA. 2023. Perspectivas del cultivo de la saya (*Amoreuxia* spp.) en el noroeste de México como nuevo producto agronómico. Agricultura, Sociedad y Desarrollo <https://doi.org/10.22231/asyd.v20i2.1515>

ASyD 20(2): 206-213

Editor in Chief:
Dr. Benito Ramírez Valverde

Received: November 16, 2021.
Approved: February 16, 2022.

Estimated publication date:
April 19, 2023.

This work is licensed
under a Creative Commons
Attribution-Non-Commercial
4.0 International license.



A la familia Bixaceae pertenece el género *Amoreuxia*, con varias especies en diferentes regiones de México, como *A. palmatifida*, *A. gonzalezii*, *A. wrightii*, y *A. malvifolia*, las cuales reciben nombres comunes saya, zaya, saiya, saiy, o temaqui (León de la Luz y Coria, 1992; Hodgson, 2001; Celaya-Michel *et al.*, 2020), estos varían de región en región, en algunos casos son usados indistintamente para las especies del género (Van Devender y Reina-Guerrero, 2013). Estas especies crecen en 20 estados de México (Cedano y Villaseñor, 2004). Su distribución es variada y difiere para cada especie, reportándose desde la península de Baja California, Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Jalisco, Oaxaca, Campeche, Veracruz, Chiapas y Yucatán, en la República Mexicana, Arizona y Texas en EUA, además de países de Centro y Sudamérica (Pío-León y Ortega-Rubio, 2014).

Las especies del género *Amoreuxia* se caracterizan por ser perennes, con raíces tuberosas alargadas, con tallos verdes que se renuevan cada año durante las lluvias de verano (Felger *et al.*, 2013). Sus hojas verdes y con forma de palma, sus flores con pétalos anaranjados, su fruto es una cápsula ovoide, con semillas color negro con diferente forma según la especie (Hodgson, 2001). El porte de la planta es bajo con 50 centímetros o menos de altura y el diámetro de la planta, que para condiciones de crecimiento en agostadero es variable influenciado por las precipitaciones estacionales de cada época de verano (Celaya-Michel *et al.*, 2020).

La saya (*Amoreuxia* spp.) es comestible de todas sus partes, incluyendo sus raíces tuberosas, hojas, flores frutos, tallos y semillas (Hodgson, 1989). La saya sirvió de alimento, y además lo hizo también como planta medicinal de etnias de Norteamérica (Palmer, 1878; Hodgson, 1989). Con fines alimenticios principalmente fue consumida su raíz tuberosa, tanto de manera fresca o también cocinada junto a carne de venado, o de tortuga marina, se ha reportado en Sonora, México y en Arizona EUA (Palmer, 1878). También se menciona el secado de rodajas de la raíz tuberosa de saya, como alimento para llevar a caminatas por el desierto, y el procesado de sus semillas para elaborar té, como una bebida de las etnias (Gentry, 1963). Algunos usos medicinales reportados son para el estreñimiento, picaduras de la araña viuda negra, y para diabetes (Poppendieck, 2003; Van Devender y Reina-Guerrero, 2013).

La saya también sirvió de alimento a los colonizadores españoles de los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua y Sinaloa (Havard, 1895; Gentry, 1963). Y recientemente se documenta el consumo de la saya en la región norte de Sinaloa, México, por recolección de sus raíces y comercialización en mercados tradicionales, como alimento y con fines medicinales (Castro *et al.*, 2012), a pesar de su consumo pasado y presente no existe información publicada del contenido nutricional para alimentación humana de las partes de la planta de saya.

Las diversas especies de saya en los ecosistemas de varios estados de México, han formado parte de su biodiversidad (Van Devender y Reina-Guerrero, 2013), varias especies de animales como iguanas, tortugas, jabalíes, venados y ganado doméstico, se menciona que consumen saya con facilidad (Yetman y Van Devender, 2002), hay que recordar que la planta carece de espinas y su porte es bajo, dejando su biomasa accesible a nivel de suelo,

esto facilita su consumo por la fauna y animales domésticos. La fragmentación de ecosistemas, el sobrepastoreo y desmontes (Búrquez *et al.*, 2002), han contribuido a la disminución de poblaciones naturales de varias especies del género *Amoreuxia*.

La saya fue descrita por varios autores como una planta con potencial de uso como nuevo cultivo basado en sus propiedades alimenticias para humanos (Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2002; Tull, 2013), a pesar de haber transcurrido varias décadas desde los primeros reportes recomendando su estudio como un posible nuevo cultivo, no se ha logrado contar con esos estudios detallados a la fecha, una limitante que la literatura reportó es la dificultad para germinar sus semillas para su multiplicación (Hodgson, 2001).

La ganadería poco a poco ha pasado de ser una actividad extensiva para convertirse en una actividad intensiva en el noroeste de México, con más inversión económica, con un incremento de ganado por hectárea, con el uso de recursos tecnológicos enfocados a una mayor extracción de biomasa de las plantas del rancho (Búrquez *et al.*, 2002). Estos cambios aún no están completamente estudiados, relativo a su efecto en la biodiversidad natural de las plantas, como la saya. Hoy en día la saya *A. palmatifida* está dentro de la norma oficial mexicana 059, bajo estatus de “sujeta a protección especial”, debido a la disminución de sus poblaciones naturales, al igual que *A. wrightii* “en peligro de extinción” (SEMARNAT, 2010; Van Devender *et al.*, 2010), a diferencia que, en los Estados Unidos de América, solo *A. gonzalezii*, se encuentra bajo protección (Tull, 2013).

En 2015 se publicó una revisión de usos y nombres comunes de Cochlospermaceae de México, donde se incluye la saya (Maldonado e Ibarra, 2015). Para *Amoreuxia wrightii*, otra especie también denominada saya, que igualmente se encuentra en estatus de peligro de extinción, de acuerdo con la NOM-059 (SEMARNAT, 2010), se publicó una caracterización de poblaciones naturales, sus preferencias edáficas y de vegetación asociada (Soto-Mata *et al.*, 2018).

Se ha documentado un nuevo registro de *A. gonzalezii* en la península de Baja California (Pío-León y Ortega-Rubio, 2014). Además, *A. palmatifida* aparece como especie anecdótica en artículos de estudios diversos, donde se menciona, debido a su estatus de protección, aunque no haya sido la parte central del trabajo en cuestión (Vega-Mares, *et al.*, 2014; Ramírez-García *et al.*, 2015; Wurl *et al.*, 2017).

Existe poca información reciente sobre *A. palmatifida*; al respecto, destacan resultados positivos obtenidos mediante el lijado de las semillas usada como una técnica para mejorar su germinación (Celaya-Michel *et al.*, 2017). Esto abre una oportunidad para la obtención de propágulos que complementen posibles programas de recuperación de la especie en ecosistemas naturales, además de su posible estudio como cultivo agronómico.

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar el comportamiento productivo de la saya en condiciones agrícolas y con riego por goteo durante dos años, comparando el primer año que se obtuvieron las plántulas a partir de semillas y el segundo año cuando rebrotaron las raíces tuberosas del año anterior.

METODOLOGÍA

El estudio se realizó en el campo experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora (29°00'55" latitud Norte y 110°07'59" longitud Oeste),

en un clima muy seco, a muy cálido y cálido, con temperatura media anual de 25.2 °C, y su precipitación media anual es de 378 mm (INEGI, 2014) (Figura 1). Previo a realizar este trabajo, se tramitó y obtuvo permiso para realizar la colecta de semillas de saya (*Amoreuxia palmatifida*) ante la SEMARNAT.

Se sembraron semillas de saya directamente en suelo agrícola con riego por goteo y malla ciclónica perimetral, durante dos años. Se evaluó el desempeño de la planta el primer año y se comparó con el segundo año. La semilla se escarificó mediante lijado manual (Celaya-Michel *et al.*, 2017), se sembró durante junio de 2020, a una profundidad del doble de su tamaño y a una distancia entre semillas de 50 cm, en surcos de 20 metros de largo, con un total de 20 surcos establecidos. Se evaluó el crecimiento y productividad de la saya en el año de establecimiento y el siguiente año se evaluó cuando rebrotaron las raíces tuberosas para medir su productividad en el segundo año de cultivo.

Las variables evaluadas fueron la altura de la planta, ancho del dosel foliar, peso de las raíces tuberosas y peso de las semillas producidas por planta por ciclo. Para lo anterior se tomaron al azar 15 plantas para evaluar sus parámetros el primer año y 15 plantas para la evaluación del segundo año. Se midió la altura de las plantas y ancho del dosel con cintra métrica al final de cada ciclo de producción que ambos años inició en junio y terminó en octubre. De las plantas muestreadas bajo estudio, se extrajeron las raíces tuberosas principales al final del ciclo para obtener su peso. Se recolectaron las cápsulas de semillas maduras, cuando se separó la capa exterior gruesa y verde de la cápsula con semillas, y se dejó expuesta la capa interior blanca y delgada (Kearney y Peebles, 1942). El peso de las raíces tuberosas principales se realizó con una balanza marca Rhino® de 3 kg de capacidad, y las semillas producidas por planta se pesaron en una Balanza Analítica marca Ohaus® de 110 g de capacidad.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo con los programas JMP versión 10 (SAS Institute, 2000). La información de las variables de crecimiento y producción de semillas se



Figura 1. Ubicación del sitio de estudio, a 21 km de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México.

contrastó mediante análisis de varianzas, una vez que los datos cumplieron con el supuesto de normalidad. La separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey. En todos los casos se estableció una significancia estadística menor o igual a 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas por año de estudio en las variables evaluadas en el cultivo. Se aprecia que las plantas de saya de segundo año de crecimiento, en comparación con las del primer año, resultaron con características superiores en todas las variables evaluadas (Cuadro 1). Las plantas del segundo año, producto del rebrote de sus raíces tuberosas presentaron más altura, y un dosel más ancho. Sin embargo, las diferencias más grandes resultaron en el peso de las raíces tuberosas y en la producción de semillas.

Los resultados productivos del cultivo de saya del primer año coinciden con estudios previos en condiciones agrícolas, donde se demostró que la planta crece mejor bajo este sistema, en comparación con el cultivo de esta especie en macetas, en vivero y con malla sombra (Celaya-Michel *et al.*, 2017). Por otro lado, no se encontraron referencias de productividad de saya del segundo año de cultivo en suelo agrícola y con riego por goteo. Convirtiendo los valores del presente estudio a valores por hectárea, se encontró una producción de 178 y 625 kg de semilla por hectárea para el primero y segundo año de producción respectivamente. Datos previos mencionan una producción de 114.7 kg de semilla por hectárea en plantas del primer año, lo cual es una producción ligeramente inferior a los resultados encontrados en este estudio (Celaya-Michel *et al.*, 2018).

Respecto a la producción de raíces tuberosas por hectárea fue de 2,993 kg el primer año y 7,953 kg el segundo año. No obstante, la literatura únicamente reporta 2,573 kg para el primer año (Celaya-Michel *et al.*, 2018). La comparación con otros cultivos de raíces tuberosas tendrá que hacerse en el futuro cercano, además de incluir diferentes niveles

Cuadro 1. Resultados promedio del primer y segundo año de producción de saya bajo condiciones agrícolas con riego por goteo, para las variables de estudio.

Variable		Media	DE		Valor p
Altura de la planta (centímetros)	1 ^{er} Año	35.52	6.41	B	0.0001
	2 ^{do} Año	47.28	7.70	A	
Ancho del Dosel (centímetros)	1 ^{er} Año	37.42	9.64	B	0.0003
	2 ^{do} Año	49.67	5.78	A	
Peso de la raíz (gramos)	1 ^{er} Año	149.68	28.33	B	0.0001
	2 ^{do} Año	397.66	86.03	A	
Semillas producidas (gramos)	1 ^{er} Año	8.94	2.49	B	0.0001
	2 ^{do} Año	31.26	11.51	A	

DE: desviación estándar. Letras diferentes indican diferencia significativa para cada variable comparada por análisis de varianza y prueba a posteriori de Tukey con $p \leq 0.05$.

de fertilización, en busca de intentar obtener el potencial máximo de producción de la especie.

Se ha encontrado que toda la planta es comestible y se ha utilizado para la elaboración de bebida tipo té con sus semillas secas (Gentry, 1963; Hodgson, 1989), cabe mencionar que se sugiere el estudio de las propiedades nutricionales de la saya para fomentar un mayor consumo en la sociedad.

El impacto social potencial futuro de especies del género *Amoreuxia* podría ser amplio y prometedor, el continuar investigando para intentar convertirlo en un nuevo cultivo con fines alimenticios (Hodgson, 2001; Yetman y Van Devender, 2002; Tull, 2013), y generar programas para recuperar sus poblaciones en terrenos de uso ganadero. Para ambos escenarios es necesario investigar más aspectos de manejo agronómico de la saya y repetir estas investigaciones con las demás especies del género. La saya podría recuperarse en ranchos ganaderos y campos agrícolas abandonados, mediante programas de multiplicación de propágulos, para ser incorporados a terrenos degradados y reducir su riesgo de desertificación (Celaya-Michel *et al.*, 2018).

Es necesario continuar investigando aspectos agronómicos, nutricionales e incluso medicinales de especies del género *Amoreuxia* (Poppendieck, 2003; Van Devender y Reina-Guerrero, 2013) para poder avanzar en su recuperación con terrenos degradados, así como su incorporación como nuevo cultivo y para conocer más sobre sus propiedades medicinales atribuidas por las etnias que las consumían.

Es importante mencionar que, si se lograra la recuperación de suelos degradados mediante la implementación de programas de cultivo de saya, existiría la posibilidad de considerar retirarla de la lista de especies bajo protección (Celaya-Michel *et al.*, 2018). La saya podría ser parte de futuras investigaciones con enfoque agroecológico, por su interacción con insectos, como las abejas u hormigas, con la fauna como jabalíes, tortugas, y para el ganado doméstico, una de las ventajas de la saya es su acumulación de recursos en las raíces tuberosas que le permite tolerar los periodos de sequía que se presentan durante la época de crecimiento a diferencia de especies anuales que son más dependientes de años lluviosos para producir biomasa forrajera (Yetman y Van Devender, 2002).

La saya tiene potencial de uso ornamental en la parte árida y semiárida de México, dada la belleza de su flor y sus condiciones de tolerancia a las condiciones áridas y semiáridas (Van Devender y Reina-Guerrero, 2013), además de proveer un corredor para polinizadores en la época de verano.

CONCLUSIONES

La productividad de saya (*Amoreuxia palmatifida*) en cultivo bajo condiciones agrícolas y con riego por goteo en la costa de Hermosillo, se incrementa el segundo año cuando rebrotan las raíces tuberosas, en comparación con el primero cuando la planta se obtiene de germinación de semillas. Este comportamiento agronómico la identifica como un recurso potencial que requiere investigar otros aspectos de esta planta y de otras especies del género. Las vertientes más favorables para estudio en futuras investigaciones son aspectos agronómicos, nutricionales para alimentación humana y agroecológicos, para

generar nuevos cultivos de especies del género o para recuperar sus especies en ecosistemas degradados en las zonas áridas del noroeste de México.

Agradecimientos

A la Universidad de Sonora, Departamento de Agricultura y Ganadería por las facilidades para la realización de este estudio.

REFERENCIAS

- Blaikie P, Brookfield H. 2015. Land degradation and society. Routledge. New York. <https://doi.org/10.4324/9781315685366>. 296 p.
- Búrquez MA, Miller ME, Martínez YA. 2002. Mexican grasslands, thornscrub and the transformation of the Sonoran desert by invasive exotic buffelgrass (*Pennisetum ciliare*). In: B. Tellman (ed), Invasive Species in Sonoran desert Communities. University of Arizona Press. pp: 126-146.
- Castro JA, Zayas RA, Sainz P, Romero M, Bojórquez FR, Bojórquez O. 2012. El consumo de la zaya (*Amoreuxia* spp) una tradición cultural de la región del Évora en el estado de Sinaloa, México. Revista Mexicana de Agronegocios, Quinta Época. Año XVI. 30: 898-907. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14123097011>.
- Ceccon E, Pérez DR (coord). 2016. Más allá de la ecología de la restauración: perspectivas sociales en América Latina y el Caribe. Buenos Aires, Argentina: Vázquez Mazzini (eds). 384 p.
- Cedano M, Villaseñor L. 2004. Usos y Nombres Comunes de las Especies de Cochlospermaceae en México. Etnobiología, 4, 73-88. Recuperado de <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/247>
- Celaya-Michel H, Ochoa-Meza A, López-Elías J, Barrera-Silva MÁ. 2017. Germinación y Crecimiento en Vivero y en Campo de Zaya (*Amoreuxia palmatifida* DC.), Una Especie Nativa Amenazada en México. European Scientific Journal, ESJ, 13(24). Recuperado de <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n24p66>
- Celaya-Michel H, Valdez-Domínguez RD, Sosa-Castañeda J, Morales-Munguía JC, Barrera-Silva MA, Rueda-Puente E O. 2018. Usos y posibilidad de cultivo de la saya (*Amoreuxia* spp.) en el noroeste de México. Agro Productividad, 11(7), 137-143. Recuperado de <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/928>.
- Celaya-Michel H, Hinojo-Hinojo C, Celaya-Rosas M, Valdez-Zamudio D, Rueda Puente EO. 2020. Plantas nativas más comunes de las zonas áridas de Sonora. Universidad de Sonora. Colección de Textos académicos. Hermosillo Sonora. <https://doi.org/10.47807/UNISON.41>. 255 p.
- Felger RS, Wilder BT, Romero-Morales H. 2013. Plant life of a Desert Archipelago: Flora of the Sonoran Islands in the Gulf of California. University of Arizona Press. Tucson. Recuperado de <https://uapress.arizona.edu/book/plant-life-of-a-desert-archipelago>.
- Geijzendorffer IR, Cohen-Shacham E, Cord AF, Cramer W, Guerra C, Martín-López B. 2017. Ecosystem services in global sustainability policies. Environmental Science & Policy, 74, 40-48. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.017>.
- Gentry HS. 1963. The Warihio Indians of Sonora-Chihuahua: An ethnographic survey. Bureau of American Ethnology. Bulletin 186. U.S. Government Printing Office. Washington. Anthropological Papers 65, (186), 61.
- Havard V. 1895. Food plants of the North American Indians. Bulletin of the Torrey Botanical Society, 22, 98-123.
- Hodgson WC. 1989. A tale of two saiyas: conserving plant lore and gene pools. Agave, 3, 12-14.
- Hodgson WC. 2001. Food plants of the Sonoran Desert. University of Arizona Press. Arizona. Recuperado de <https://uapress.arizona.edu/book/food-plants-of-the-sonoran-desert>
- INEGI. 2014. Anuario estadístico y geográfico de Sonora 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Recuperado de www.inegi.org.mx.
- Kearney TH, Peebles RH. 1942. The flowering plants and ferns of Arizona. U.S.D.A. Misc. Publ. 423, U.S. Govt. Printing Office, Washington, D.C.
- León de la Luz JL, Coria R. 1992. Flora Iconográfica de Baja California Sur. La Paz, BCS, México. Recuperado de <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/2131>.
- Maldonado MC, Ibarra LV. 2015. Usos y nombres comunes de las especies de Cochlospermaceae en México. Etnobiología, 4(1), 73-88. Recuperado de <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/247>.

- MEA. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Desertification Synthesis. Millennium Ecosystem Assessment. World Resources Institute, Washington, D.C. Island Press. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Palmer E. 1878. Plants used by the Indians of the United States. *The American Naturalist*, 12, 593-606, 646-655. <https://doi.org/10.1086/272200>.
- Pío-León JF, Ortega-Rubio A. 2014. Nuevo registro de *Amoreuxia gonzalezii* (Bixaceae) para la península de Baja California, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1269-1272. <https://doi.org/10.7550/rmb.44212>.
- Poppendieck HH. 2003. Cochlospermaceae. *In*: Kubitzki K, & Bayer C (eds), Flowering plants, dicotyledons: Malvales, Capparales and Non-betain Caryophyllales. Springer Berlin Heidelberg. Vol. 5. Recuperado de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-07255-4>. pp: 71-74.
- Ramírez-García AG, Sánchez-García P, Cruz-León A. 2015. Diagnóstico participativo para desarrollar un proyecto de turismo alternativo en la comunidad de Agiabampo, Huatabampo, Sonora, México. *Ra Ximhai*, 11(5), 159-182. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46142593009>.
- SAS Institute. 2000. SAS statistical software. Version 5. SAS Institute. Cary, NC, USA. 254 p.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010.
- Soto-Mata B, Alanís-Rodríguez E, Jurado E, Pando-Moreno M, Molina-Guerra V, Alcalá-Rojas A, Marroquín-Castillo JJ. 2018. Caracterización del hábitat de *Amoreuxia wrightii* (Bixaceae), una especie en peligro de extinción en el noreste de México. *Acta Botanica Mexicana* 122:21-31. <http://dx.doi.org/10.21829/abm122.2018.1196>.
- Tull D. 2013. Edible and Useful Plants of the Southwest: Texas, New Mexico, and Arizona. University of Texas Press, Austin. Recuperado de <https://utpress.utexas.edu/9780292748279/>
- Van Devender TR, Felger RS, Fishbein M, Molina-Freaner FE, Sánchez-Escalante JJ, Reina-Guerrero AL. 2010. Biodiversidad de las plantas vasculares. *In*: FE Molina-Freaner, & TR Van Devender (eds), Diversidad biológica de Sonora. UNAM, México. pp: 229-262.
- Van Devender TR, Reina-Guerrero AL. 2013. In Search of *Amoreuxia* and *Echinocactus* in Sonora. *The Plant Press. The Arizona Native Plant Society*, 36, 1-3. Recuperado de <http://www.aznps.com/documents/2013.12.PP.pdf>.
- Vega-Mares JH, Estrada-Castillón AE, Villarreal-Quintanilla JÁ, Martínez GQ. 2014. Flora of the *Halophytic grasslands* in the Valle de Janos, Chihuahua, Mexico. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 8(1), 151-163. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/26549351>.
- Wurl J, Martínez García CN, Imaz Lamadrid MÁ. 2017. Respuesta hidrológica al cambio climático en regiones áridas: caso de estudio en los Comondú, Baja California Sur, México. *Hidrobiológica*, 27(1). Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972017000100013&lng=es&tlng=es.
- Yetman D, Van Devender TR. 2002. Mayo ethnobotany: land, history, and traditional knowledge in northwest Mexico. Univ. of California Press. Berkeley, USA. Recuperado de <https://www.ucpress.edu/book/9780520227217/mayo-ethnobotany>.