



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12i67.821>

Artículo de revisión

***Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. una especie multifuncional de las zonas semiáridas de Norteamérica: una revisión**

***Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. a multifunctional species of the semi-arid zones of north America: a review**

David Castillo Quiroz¹, Ramón Gutiérrez Luna², Diana Yemilet Ávila Flores¹,
Francisco Castillo Reyes¹ y Jesús Eduardo Sáenz Ceja^{3*}

Abstract

Atriplex canescens is a native species widely distributed in semi-arid areas of North America, from northern Mexico to the western United States. This review aims to present the information published for the last 25 years on its taxonomy, geographic distribution, habitat, current and potential uses, and threats to its habitat. This review shows that the main use of *A. canescens* is the production of forage for the feeding of bovine, goat and ovine livestock. Equally prominent is the use of this species in the rehabilitation of degraded soils, carbon sequestration and the prevention of soil erosion, as well as in phytoremediation of soils contaminated by industrial wastes. In addition, *A. canescens* has a wide potential in the biotechnological field, as biological control, biofuel and source of drought- and salinity-tolerant genes. The consumption of flowers, fruits, leaves and roots of this species has also been important for the indigenous communities. However, despite its wide distribution, this species faces threats, such as land-use change, competition with invasive species and reduction of connectivity among populations. In summary, *A. canescens* is a multifunctional species, that demands further knowledge for its sustainable management and preservation.

Keywords: *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., forage, forest management, biotechnology, ecological restoration, semi-arid zones.

Resumen

Atriplex canescens es una especie nativa ampliamente distribuida en las zonas semiáridas de Norteamérica, desde el norte de México hasta el oeste de Estados Unidos de América. La presente revisión de la información publicada sobre esta especie durante los últimos 25 años pretende mostrar su taxonomía, distribución geográfica, hábitat, usos actuales y potenciales, así como las amenazas para su hábitat. Los resultados evidenciaron que el uso más amplio de *A. canescens* es el forrajero, en la alimentación de ganado bovino, caprino y ovino. También, destacó su empleo en la rehabilitación de suelos degradados, la captura de carbono, la prevención de la erosión y la fitorremediación de suelos contaminados por desechos industriales. Además, tiene un amplio potencial en el campo biotecnológico, como control biológico, biocombustible y fuente de genes tolerantes a la sequía y salinidad; asimismo, el consumo de flores, frutos, hojas y raíces de *A. canescens* ha sido muy importante para las comunidades indígenas. Sin embargo, a pesar de su amplia distribución enfrenta algunas amenazas, como el cambio de uso de suelo, la competencia con especies invasoras y la reducción de la conectividad entre poblaciones naturales. En síntesis, *A. canescens* es un taxón con una gran diversidad de usos, por lo que es necesario generar conocimiento para su manejo sustentable y conservación.

Palabras clave: *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., forraje, manejo forestal, biotecnología, restauración ecológica, zonas semiáridas.

Fecha de recepción/Reception date: 5 de agosto de 2020

Fecha de aceptación/Acceptance date: 3 de junio de 2021

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Saltillo. México

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. México.

³Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad. Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Morelia. México.

*Autor para correspondencia; correo-e: jsaenz@cieco.unam.mx

Introducción

Las zonas semiáridas de Norteamérica son ecosistemas que albergan una gran biodiversidad y proporcionan una amplia gama de servicios ambientales para las comunidades humanas (Bradley y Colodner, 2020); se caracterizan por tener recursos hídricos limitados, temperaturas extremas y la recurrencia de sequías prolongadas (Chambers *et al.*, 2008). El componente arbustivo es la principal forma de vida vegetal existente, con predominancia de géneros como *Larrea*, *Prosopis*, *Flourensia* y *Atriplex* (Granados *et al.*, 2011).

Entre las especies arbustivas, destaca *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt., que por su amplia distribución e importancia es considerada como un taxón multifuncional (Sanderson y McArthur, 2004). *A. canescens* se caracteriza por ser perenne, siempre verde, de color cenizo o grisáceo, con raíces profundas y con un gran número de raíces adventicias adaptadas para extraer agua a grandes profundidades (Romero y Ramírez, 2003).

Además, *A. canescens* es una excelente planta productora de biomasa verde (hasta 1.24 kg planta⁻¹) bajo condiciones de baja precipitación (Echavarría *et al.*, 2009). Por ello, su principal uso es la producción de forraje para la alimentación del ganado bajo pastoreo en zonas semiáridas del mundo (Mellado *et al.*, 2006; Allison y Ashcroft, 2011).

Sin embargo, tiene una amplia gama de usos actuales y potenciales, algunos de ellos poco conocidos entre la comunidad científica y los manejadores de sus poblaciones. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue recopilar y sintetizar la información publicada durante los últimos 25 años sobre la taxonomía, distribución, ecología, los usos actuales y potenciales, así como las amenazas para el hábitat de *A. canescens*. Para ello se consultaron las bases bibliográficas: *Scopus*, Google Académico; y otras fuentes de información como tesis y folletos técnicos.

La información será de gran utilidad para conocer el estado actual del conocimiento sobre este taxón, así como para difundir y contextualizar su importancia como una especie multifuncional.

Nomenclatura tradicional y binomial

A. canescens se conoce en México bajo diversos nombres: cenizo en Chihuahua y Sonora; costilla de vaca en Zacatecas y Coahuila; chamizo en Baja California, Chihuahua y San Luis Potosí (Urrutia *et al.*, 2014). En Estados Unidos de América se denomina *fourwing saltbush*, *grey sage brush* y *saltbush* (Sanderson y McArthur, 2004). Según su etimología, *Atriplex* corresponde a su antiguo nombre latino, mientras que *canescens* es el epíteto latino que significa “canoso, gris” (Dictionary of Botanical Epithets, 2019).

La especie fue descrita por F.T. Pursh en 1814 como *Calligonum canescens*; más tarde, en 1818 T. Nuttall la reubicó en el género *Atriplex* Nutt., el cual es actualmente aceptado. Sus sinónimos son: *Atriplex linearis* S. Watson, *A. nuttallii* S. Watson, *Obione canescens* (Pursh) Moq. y *Pterochiton canescens* (Pursh) Nutt. Previamente, pertenecía a la familia Chenopodiaceae, pero en años recientes se reubicó en la familia Amaranthaceae (The Plant List, 2020; Tropicos, 2020). Desde la descripción original de la especie en 1814, ha registrado modificaciones, tanto en el género como a nivel de familia, en la actualidad el nombre científico válido es *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. La clasificación taxonómica completa se muestra en el Cuadro 1.



Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.

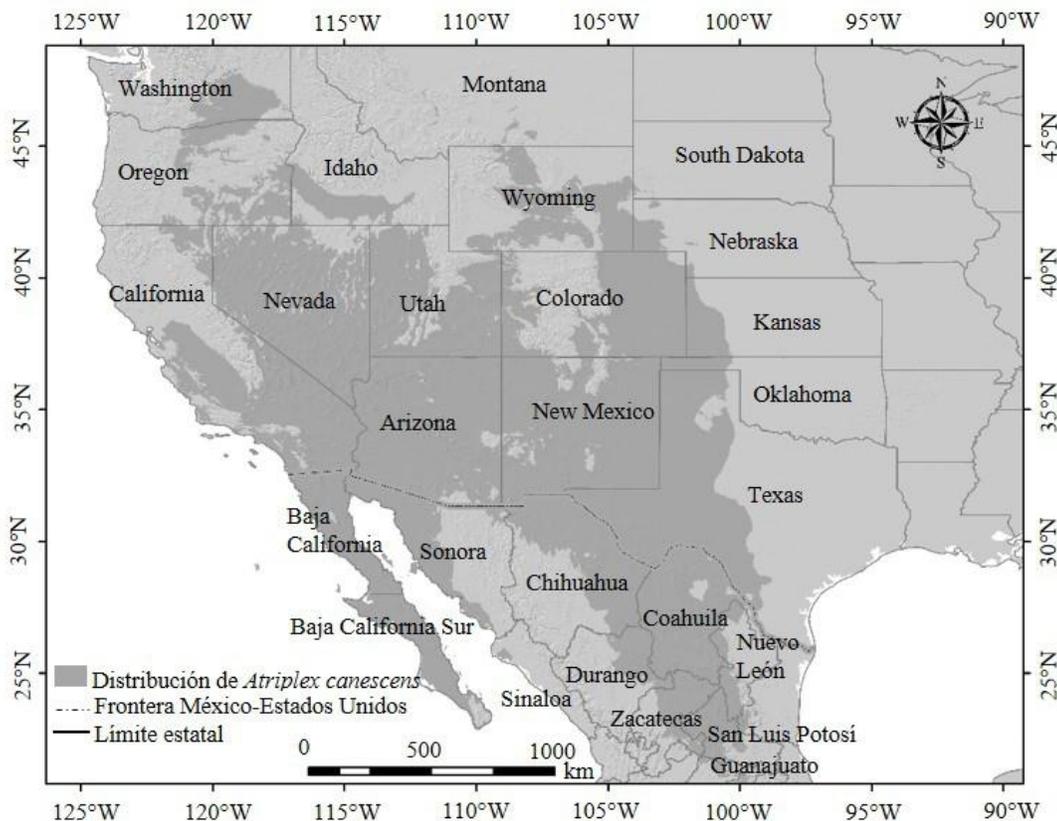
Categoría taxonómica	Taxón
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Superorden	Caryophyllanae Takht.
Orden	Caryophyllales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia	Amaranthaceae Juss.
Subfamilia	Chenopodioideae
Género	<i>Atriplex</i> L.
Especie	<i>Atriplex canescens</i> (Pursh) Nutt.

Fuente: Tropicos (2020).

Los taxa infraespecíficos aceptados son: *Atriplex canescens* var. *canescens*, *Atriplex canescens* var. *linearis* (S. Watson) Munz, *Atriplex canescens* var. *aptera* (A. Nelson) C.H. Hitchc., *Atriplex canescens* var. *garrettii* (Rydb.) L.D. Benson y *Atriplex canescens* var. *gigantea* S.L. Welsh & Stutz (Tropicos, 2020).

Distribución de *Atriplex canescens*

Atriplex canescens es la especie del género con mayor distribución en América del Norte (Sanderson y McArthur, 2004) (Figura 1). En México, se desarrolla en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Tamaulipas, Guanajuato, Querétaro y Aguascalientes, en el denominado Desierto Chihuahuense (Gutiérrez *et al.*, 2012); así como en Sonora y Baja California, dentro del Desierto Sonorense (Romero y Ramírez, 2003).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Área de distribución de *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. en México y Estados Unidos de América.

En Estados Unidos de América, se localiza desde la costa del Pacífico, en California, Oregón y Washington; el Desierto de Mojave en Nevada; en el Desierto Sonorense de Arizona; el Desierto Chihuahuense en Colorado, Nuevo México y Texas; en la Gran Cuenca de Utah, Wyoming, Idaho, Nebraska, Oklahoma, Kansas, algunas porciones de Dakota del Sur y Montana (Sanderson y McArthur, 2004).



Hábitat

A. canescens predomina sobre suelos con alto contenido de carbonato de calcio, fósforo, potasio, yeso y sales; bajo contenido de materia orgánica y nitrógeno (Glenn y Brown, 1998; Granados *et al.*, 2011). Por lo regular, crece sobre suelos Calcisol, Solonchak y Solonets; con textura limo-arenosa, areno-arcillosa, areno-gravosa y franco-arenosa; en pendientes entre 1 y 3 % (Saucedo, 1998; Segura *et al.*, 2014); y en sitios con altitud de 0–2 600 m; precipitación media anual de 100–500 mm, con veranos cálidos y secos e inviernos fríos; temperatura media anual de 3–25 °C (Enríquez *et al.*, 2011; Ogle *et al.*, 2020).

Esta especie forma rodales monodominantes o asociados con arbustos y pastizales, dentro de los matorrales desértico micrófilo y rosetófilo; matorral bajo subespinoso; pastizal halófito y abierto; y dunas de zonas costeras (Enríquez *et al.*, 2011; Granados *et al.*, 2011). Características que permiten ubicarla como un taxón adaptado a condiciones ambientales extremas, bajo contenido de nutrientes y alta concentración de sales; por lo que es muy propicio para establecerse en diferentes ambientes.

Usos de *A. canescens*

Forrajero

A. canescens es la especie nativa forrajera de mayor importancia en las zonas semiáridas de Norteamérica; dadas sus características como alto contenido de proteína cruda en la hoja (16–20 %) (Enríquez *et al.*, 2011), altas concentraciones de calcio (Ca), fibra, grasa y nutrimentos digestibles (Romero y Ramírez, 2003); alta disponibilidad de forraje todo el año debido a que es capaz de recuperar su

biomasa aérea en 100 días, si la remoción no supera 60 % del follaje (Saucedo, 1998), y su alta palatabilidad. Por lo tanto, representa una importante fuente de alimento para el ganado doméstico y la fauna silvestre en las zonas semiáridas del norte de México, Estados Unidos de América, norte de África y sureste de Asia (Le Houérou, 2000; Mellado *et al.*, 2006; Allison y Ashcroft, 2011).

La especie se puede utilizar tanto en poblaciones naturales como en plantaciones de alta densidad (Gutiérrez *et al.*, 2012; Ríos *et al.*, 2012). Su consumo como forraje se considera una alternativa para mejorar el estado nutricional del ganado en pastoreo, especialmente, en la época de estiaje e invierno y en periodos críticos para evitar la mortalidad de los animales por falta de alimento (Kronberg, 2015).

En el norte de México, 60 % del ganado caprino se alimenta con *A. canescens* (Romero y Ramírez, 2003); con productividad de hasta 53 kg año⁻¹ de leche y 7 kg año⁻¹ de carne (Mellado *et al.*, 2006). Además, presenta mayor ganancia de masa en contraste con otras especies forrajeras (avena), ya que cabritos alimentados con esta especie tienen ganancias de 100 g día⁻¹ contra 80 g día⁻¹, cuando consumen avena forrajera (Echavarría *et al.*, 2014).

Asimismo, los rendimientos son altos ya que se cosecha entre 4.2 y 9.5 t ha⁻¹ de materia verde, equivalente a 1.3-3.1 t ha⁻¹ de materia seca, en suelos agrícolas y bajo riego (Gutiérrez *et al.*, 2012); mientras que, en sitios con baja precipitación anual (166 mm), el rendimiento puede alcanzar hasta 1.8 t ha⁻¹ de materia seca (Echavarría *et al.*, 2014).

Para el área de Zacatecas, Echavarría *et al.* (2009) señalan que la producción de biomasa es, en promedio, 1.24 kg de materia seca por planta en una plantación de seis años, establecida en un suelo agrícola sin riego y con una precipitación media anual de 407 mm. Enríquez *et al.* (2011) refieren que con una densidad de plantas de 1 800 individuos ha⁻¹, la producción de forraje aprovechable fluctúa de 3 582 kg ha⁻¹ a 4 955 kg ha⁻¹.

Su combinación con otras fuentes de forraje mejora las cualidades digestivas y productivas; por ejemplo, mezclado con nopal [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] reduce el consumo de agua durante la sequía, y se duplica la producción de leche en cabras (Urrutia *et al.*, 2014); con la incorporación de bellotas de roble (*Quercus havardii* Rydb.), se reduce la concentración de taninos y saponinas en el rumen, lo que mejora el proceso digestivo del ganado (Deeds *et al.*, 2010).

A. canescens es una planta rústica, ya que para su establecimiento no requiere adición de fertilizantes o riego (Petersen y Ueckert, 2005), lo que la convierte en un recurso forrajero con alto potencial para su plantación, sobre todo, en suelos salinos agrícolas (Enríquez *et al.*, 2011); en regiones donde el mercado de ganado caprino es importante (Gutiérrez *et al.*, 2012), y en agostaderos degradados por sobrepastoreo (Pinales, 2008); ya sea sola o en asociación con gramíneas y mezquite (Ríos *et al.*, 2012).

Entre la fauna silvestre de Norteamérica que consume el follaje de *A. canescens* están el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann), reno (*Cervus canadensis* Erxleben), berrendo (*Antilocapra americana* Ord), borrego cimarrón (*Ovis canadensis* Shaw) y la liebre (*Lepus californicus* Gray) (Ogle *et al.*, 2020). Además, su biomasa proporciona sombra y refugio para especies en riesgo, como la tortuga del desierto (*Gopherus agassizii* Cooper) y el chorlito llanero (*Charadrius montanus* Townsend) (Grover y De Falco, 1995; Smith y Keinath, 2004).

Dada su importancia como especie forrajera, disponible verde durante todo el año y adaptable a condiciones ambientales extremas, debería promoverse para la alimentación del ganado en agostaderos y áreas agrícolas abandonadas, lo cual representaría importantes ahorros para los productores ganaderos, especialmente en sitios con sequías recurrentes.



Restauración de suelos degradados

A. canescens tiene un amplio potencial para la restauración de suelos degradados; así, dada su gran capacidad de propagación por semillas y sus características de crecimiento ha tenido éxito en la reconversión de suelos agrícolas (McLendon *et al.*, 2012), tierras con sobrepastoreo (Newman y Redente, 2001), reforestación de minas abandonadas (Booth *et al.*, 2002), orillas de caminos y áreas afectadas por incendios (Ogle *et al.*, 2020).

Las raíces de *A. canescens* alcanzan hasta 6 m de profundidad, ayudan a prevenir y reducir el proceso de erosión del suelo, por lo que se considera como una especie importante tanto para restaurar la cubierta vegetal (Sanderson y McArthur, 2004; Ogle *et al.*, 2020), como para estabilizar suelos con pendientes escarpadas y mitigar el riesgo de deslaves (Hu *et al.*, 2013).

La capacidad de *A. canescens* para crecer en suelos salinos sódicos y otros ecosistemas ha permitido recuperar la cubierta vegetal y facilitar el establecimiento de flora nativa, conservando la biodiversidad local (Newman y Redente, 2001). También, tiene un alto potencial para la captura de carbono, ya que absorbe hasta 5 t año⁻¹ de bióxido de carbono, en sitios con baja precipitación y suelos poco fértiles (Lailhacar *et al.*, 1995).

En suelos irrigados con aguas subterráneas salobres, el establecimiento de plantaciones de *A. canescens* ha demostrado una gran capacidad para desalinizarlos (Flores *et al.*, 2017). En Nuevo México, donde 75 % del agua subterránea es salina, con esta especie se ha logrado retener sales como Ca y Mg, y con ello se ha mejorado la calidad del agua para uso agrícola (Sarpong *et al.*, 2019).

Las características antes descritas convierten a *A. canescens* en una excelente opción para utilizarse en programas de restauración de suelos degradados y en agostaderos con sobrepastoreo, una situación cada vez más recurrente en las zonas semiáridas de Norteamérica.

Rehabilitación y fitorremediación de suelos contaminados

En sitios contaminados por derivados de la producción minera, petrolera e industrial en el suroeste de Estados Unidos de América, *A. canescens* se utiliza en la rehabilitación de suelos. Su crecimiento sobre sustrato de las presas de jales estabiliza los residuos químicos usados en la minería, y evita su propagación a través del viento y la lluvia (Rosario *et al.*, 2007). Su tolerancia a los altos contenidos de selenio (Se) y uranio (U), le permite crecer sobre suelos irrigados con agua procedente de la industria energética, lo cual ayuda a su rehabilitación o descontaminación (Baumgartner *et al.*, 2000).

También, se usa para reducir la movilidad de contaminantes como nitrato (NO_3^{-2}), amonio (NH_4^{+1}) y sulfato (SO_4^{-2}) generados en minas de uranio, y con ello se elimina su propagación hacia los acuíferos circundantes (Brestoff *et al.*, 2013).

A. canescens tiene la capacidad de retener, recuperar y extraer contaminantes industriales de suelos con alto contenido de plutonio (Pu) y NO_3^{-2} (McKeon *et al.*, 2006; Caldwell *et al.*, 2011). Su biomasa es capaz de absorber y remover partículas de metales pesados de suelos contaminados con cadmio (Cd), cromo (Cr), zinc (Zn), plomo (Pb) y cobre (Cu) en aguas contaminadas (Sawalha *et al.*, 2009).

Sus raíces pueden extraer NO_3^{-2} de acuíferos contaminados (McKeon *et al.*, 2006; Jordan *et al.*, 2008), así como recuperar sodio (Na) y fósforo (P) de aguas residuales (Howe y Wagner, 1999). Esto representa un método de bajo costo para la remediación de suelos y aguas contaminadas con subproductos de la actividad industrial (Rosario *et al.*, 2007).

Con base en las características expuestas, *A. canescens* tiene un amplio potencial para la rehabilitación y fitorremediación de suelos contaminados, mucho más que herbáceas anuales como *Thlaspi caerulescens* J. Presl & C. Presl, *Sedum alfredii* Hance y *Alyssum murale* Waldst. & Kit, o bien métodos fisicoquímicos y térmicos muy complejos y costosos (Delgadillo *et al.*, 2011).

Consumo doméstico

El uso doméstico de *A. canescens* ha sido muy importante para los indígenas del norte de México y suroeste de Estados Unidos de América. Las semillas se utilizan en la preparación de harina para elaborar pan; las hojas maceradas para condimentar alimentos y las ramas quemadas para colorear tortillas (Beck, 2016). Destaca el uso medicinal: las raíces y flores se emplean para aliviar picaduras de insectos, tratar la tos, congestión nasal, dolor de cabeza y de estómago (Kuznar, 2001). Otros usos importantes son el ornamental, abrasivo, limpiador, y como tinte para cestería y textiles (Sinenski, 2013).

A pesar de que la información todavía es muy escasa, resulta importante evaluar las propiedades medicinales, alimenticias y los usos tradicionales de *A. canescens* de manera sistemática, ya que podrían ser muy útiles y benéficas para la sociedad, si se emplearan a escala industrial.

Biotecnología

A. canescens tiene un papel importante en el campo biotecnológico; por ejemplo, los extractos de las hojas poseen metabolitos secundarios con potencial de inhibición de bacterias como *Staphylococcus aureus* Rosenbach, causante de infecciones cutáneas, óseas, cardíacas y respiratorias (Castro *et al.*, 2001). Los extractos de las semillas se utilizan para el control de larvas del mosquito común (*Culex quinquefasciatus* Say) (Ouda *et al.*, 1998). Además, la biomasa tiene un amplio potencial como biocombustible (Castellanos *et al.*, 2012). Recientemente, se ha evaluado la incorporación de genes de *A. canescens* sobre la soya que inducen la tolerancia a la sequía y la salinidad (Qin *et al.*, 2017; Guo *et al.*, 2019).

Es necesario seguir con la exploración de las aplicaciones potenciales de *A. canescens* en la biotecnología, ya que se generarían importantes avances en bioenergía, agricultura, así como en el control de plagas y enfermedades.

Amenazas para la conservación de *Atriplex canescens*

Las poblaciones naturales de *A. canescens* enfrentan amenazas para su aprovechamiento y conservación. El sobrepastoreo genera mortalidad de arbustos adultos, limita la regeneración natural de las plántulas (Gibbens *et al.*, 2005) e induce la propagación de especies como *Larrea tridentata* (DC.) Cav. y *Prosopis glandulosa* Torr., potenciales competidores de *A. canescens* (Mata-González *et al.*, 2007).

El ganado tiene preferencia por el consumo de plantas con flores femeninas, lo cual altera los patrones de floración y el éxito reproductivo a largo plazo (Cibils *et al.*, 2003). *A. canescens* es vulnerable ante especies exóticas invasoras; así, en el sur de Texas, la desplazó el zacate africano *Eragrostis lehmianna* Nees (Leavitt *et al.*, 2010). Además, los lagomorfos consumen hasta 99 % de las plántulas en las plantaciones de *A. canescens* (Clements y Harmon, 2017).

La expansión de las zonas urbanas es un importante factor de disturbio en las zonas semiáridas del suroeste de Estados Unidos de América, en ciudades como Phoenix, Arizona y Los Ángeles, California (Bohn *et al.*, 2018). En México, este problema ha sido menor en ciudades con actividad agroindustrial como Torreón, Coahuila (Ballesteros-Barrera *et al.*, 2007). La ampliación de la frontera agrícola y el sobrepastoreo de pastizales nativos representan la mayor amenaza en el norte del país (Pool *et al.*, 2014).

La construcción de carreteras contribuye a la fragmentación del hábitat de *A. canescens*, ya que altera la conectividad genética y ecológica entre sus poblaciones

(Ballesteros-Barrera *et al.*, 2007). La expansión de las concesiones mineras a cielo abierto en el norte de México (Téllez y Sánchez, 2018), aunada a la larga historia de este tipo de minería en el suroeste de Estados Unidos de América (Ingram *et al.*, 2020), también puede reducir drásticamente su hábitat.

El cambio climático disminuirá la precipitación estacional para el suroeste de Estados Unidos de América y norte de México, lo cual podría alterar el ciclo fenológico de esta especie (Cázares *et al.*, 2010). Además, la expansión de pastizales exóticos muy inflamables es factible que induzcan fuegos muy severos y con ello, generen una alta mortalidad de *A. canescens* (Underwood *et al.*, 2019). Por lo tanto, a pesar de la gran capacidad de este taxón para desarrollarse bajo condiciones ambientales extremas, también es muy susceptible a los cambios en el hábitat, por lo que es necesaria su preservación.

Conclusiones

A. canescens representa un importante recurso forestal no maderable en las zonas semiáridas de Norteamérica, con una gran variedad de usos actuales y potenciales que comprenden el forrajero, la rehabilitación de suelos degradados y contaminados, así como diversas aplicaciones biotecnológicas y domésticas. A pesar de su amplia distribución, esta especie es amenazada por distintas actividades humanas; por lo cual, es necesaria la conservación de sus poblaciones silvestres, dado su uso multifuncional en las zonas donde se distribuye naturalmente, así como su uso potencial en otras partes del mundo.

Agradecimientos

Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México por las facilidades para realizar este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

David Castillo Quiroz, Ramón Gutiérrez Luna, Diana Yemilet Avila Flores y Francisco Castillo Reyes: búsqueda de información, redacción y revisión del manuscrito; Jesús Eduardo Sáenz Ceja: búsqueda de información y redacción del manuscrito.

Referencias

Allison, C. D. and N. Ashcroft. 2011. New Mexico Range Plants. New Mexico State University. Las Cruces, NM, USA. 48 p.

https://aces.nmsu.edu/pubs/_circulars/CR374/ (24 de junio de 2020).

Ballesteros-Barrera, C., E. Martínez-Meyer and H. Gadsden. 2007. Effects of land-cover transformation and climate change on the distribution of two microendemic lizards, genus *Uma*, of northern Mexico. *Journal of Herpetology* 41 (4): 733-740. Doi: 10.1670/06-276.1.

- Baumgartner, D. J., E. P. Glenn, G. Moss, T. L. Thompson, J. F. Artiola and R. O. Kuehl. 2000. Effect of irrigation water contaminated with uranium mill tailings on Sudan grass, *sorghum vulgare var. sudanense*, and fourwing saltbush, *Atriplex canescens*. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14 (1): 43-57. Doi: 10.1080/089030600263166.
- Beck, M. 2016. Archaeological signatures of corn preparation in the U. S. Southwest. *Journal of Southwestern Anthropology and History* 67 (2): 187-218. Doi: 10.1080/00231940.2001.11758454.
- Bohn, T. J., E. R. Vivoni, G. Mascaro and D. D. White. 2018. Land and water use changes in the US-Mexico border region, 1992-2011. *Environmental Research Letters* 12: 114005. Doi: 10.1088/1748-9326/aae53e.
- Booth, D. T., J. K. Gores, G. E. Schuman and R. A. Olson. 2002. Shrub densities on pre-1985 reclaimed mine lands in Wyoming. *Restoration Ecology* 7 (1): 24-32. Doi: 10.1046/j.1526-100X.1999.07103.x.
- Bradley, C. M. AND D. Colodner. 2020. The Sonoran Desert. *In*: Goldstein, M. I. and D. A. DellaSalla (eds.). *Encyclopedia of the World 's Biomes*. Elsevier. New York, USA. pp. 110-125. Doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.11939-6.
- Brestoff, C. J., U. Nguyen, E. P. Glenn, J. Waugh and P. L. Nagler. 2013. Effects of grazing on leaf area index, fractional cover and evapotranspiration by a desert phreatophyte community at a former uranium mill site on the Colorado Plateau. *Journal of Environmental Management* 114: 92-104. Doi: 10.1016/j.jenvman.2012.09.026.
- Caldwell, E., M. Duff, C. Ferguson and D. Coughlin. 2011. Plutonium uptake and behavior in vegetation of the desert southwest: A preliminary assessment. *Journal of Environmental Monitoring* 13: 2575. Doi: 10.1039/c1em10208g.

Castellanos V., A. E., J. Llano S., M. Esqueda V. y O. Téllez. 2012. Uso de la biodiversidad de las zonas áridas de México como insumos para biodiesel y biocombustibles. *In*: Castellanos V., A., M. Esqueda V. (eds.). Uso de la biodiversidad para bioenergía y biocombustibles en zonas áridas de México. Universidad de Sonora. Hermosillo, Son., México. pp. 43-64.

Castro F., R., C. A. Meza H., M. R. Contreras Q. y J. Santos G. 2001. Uso de fitoextractos en el control del crecimiento *in vitro* de bacterias enteropatógenas. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas 2 (1): 96-99.

https://revistas.chapingo.mx/zonas_aridas/contenido.php?id_articulo=896&doi=0000
(10 de junio de 2020).

Cázares M., J., C. Montaña and M. Franco. 2010. The role of pollen limitation on the coexistence of two dioecious, wind-pollinated, closely related shrubs in a fluctuating environment. *Oecologia* 164: 679-687. Doi: 10.1007/s00442-010-1696-z.

Chambers, J. C., N. Devoe and A. Evenden. 2008. Collaborative management and research in the Great Basin: Examining the issues and developing a framework for action. General Technical Report RMRS-GTR-204. USDA Forest Service. Fort Collins, CO, USA. 66 p. Doi: 10.2737/RMRS-GTR-204.

Cibils, A. F., D. M. Swift and R. H. Hart. 2003. Female-biased herbivory in fourwing saltbush browsed by cattle. *Journal of Range Management* 56 (1): 47-51. Doi: 10.2458/azu_jrm_v56i1_cibils2.

Clements, C. D. and D. N. Harmon. 2017. Four-wing saltbush (*Atriplex canescens*) seed and seedling consumption by granivorous rodents. *Rangelands* 39 (6): 182-186. Doi: 10.1016/j.rala.2017.10.002.

Deeds, B. E., C. B. Scott and R. Brantley. 2010. Feeding shinoak to meat goats improves four-wing saltbush and total intake. *The Texas Journal of Agriculture and Natural Resources* 23 (1): 1-11.

<https://txjanr.agintexas.org/index.php/txjanr/article/view/57> (3 de mayo de 2020).

Delgadillo L., A. E., C. A. González R., F. Prieto G., J. R. Villagómez I. y O. Acevedo S. 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and subtropical agroecosystems* 14(2):597-612.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187004622011000200002&lng=es&tlng=es.

Dictionary of Botanical Epithets. 2019. *Acicularifolius-acoroides*

<http://botanicaepithets.net/dictionary/dictionary.5.html> (6 de mayo de 2020).

Echavarría C., F. G., A. Serna P., F.A. Rubio A., A. F. Rumayor R., H. Salinas y G. Homero. 2009. Productividad del chamizo *Atriplex canescens* con fines de reconversión: dos casos de estudio. *Técnica Pecuaria en México* 47(1)93-106.

<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1485> (29 de julio de 2021).

Echavarría C., F. G., A. Serna P., M. J. Flores N, G. Medina G., R. Gutiérrez L. y H. Salinas G. 2014. Sistema de producción de forrajes de temporal y pastoreo de cabras, opción para la reconversión productiva. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 14 (1): 29-40. Doi:10.5154/r.rchsza.2015.04.004.

Enríquez C., E., M. A. Parra G. y F. Ramírez M. 2011. Producción y valor nutritivo de forraje de *Atriplex* en un suelo salino. *Biotecnia* 13 (2): 29-34. Doi: 10.18633/bt.v13i2.86.

Flores, A. M., M. K. Shukla, B. J. Schutte, G. Picchioni and D. Daniel. 2017. Physiologic response of six plant species grown in two contrasting soils and irrigated with brackish groundwater and RO concentrate. *Arid Land Research and Management* 31 (2): 182-203. Doi: 10.1080/15324982.2016.1275068.

- Gibbens, R. P., R. P. McNeely, K. M. Havstad, R. F. Beck and B. Nolen. 2005. Vegetation changes in the Jornada Basin from 1858 to 1998. *Journal of Arid Environments* 61: 651-668. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.10.001.
- Glenn, E. P. and J. J. Brown. 1998. Effects of soil salt levels on the growth and water use efficiency of *Atriplex canescens* (Chenopodiaceae) varieties in drying soil. *American Journal of Botany* 85 (1): 10-16. Doi: 10.2307/2446548.
- Granados S., D., A. Sánchez G., R. L. Granados V. y A. Borja de la Rosa. 2011. Ecología de la vegetación del Desierto Chihuahuense. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17: 111-130. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2010.10.102.
- Grover, M. C. and L. A. De Falco. 1995. Desert tortoise (*Gopherus agassizii*): Status-of-knowledge outline with references. General Technical Report INT-GTR-316. USDA Forest Service. Ogden, UT, USA. 134 p. Doi: 10.2737/INT-GTR-316.
- Guo, H., L. Zhang, Y. Cui, S. Wang and A. Bao. 2019. Identification of candidate genes related to salt tolerance of the secretohalophyte *Atriplex canescens* by transcriptomic analysis. *BMC Plant Biology* 19: 213. Doi: 10.1186/s12870-019-1827-6.
- Gutiérrez L., R., D. Rodríguez T., G. Martínez T., C. Aguirre C. y R. A. Sánchez G. 2012. Bancos de proteína para rumiantes en el semiárido mexicano. Folleto técnico Núm. 47. INIFAP. Campo Experimental Zacatecas, Calera de Víctor Rosales, Zac., México. 30 p. <http://www.zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/bancpro.pdf> (8 de mayo de 2020).
- Howe, J. and M. R. Wagner. 1999. Effects of pulp mill effluent irrigation on the distribution of elements in the profile of an arid region soil. *Environmental Pollution* 105 (1): 129-135. Doi: 10.1016/S0269-7491(98)00168-7.

Hu, X., G. Brierley., H. Zhu, G. Li, J. Fu, X. Mao, Q. Yu and N. Qlao. 2013. An exploratory analysis of vegetation strategies to reduce shallow landslide activity on loess hillslopes, Northeast Qinghai-Tibet Plateau, China. *Journal of Mountain Science* 10 (4): 668-686. Doi: 10.1007/s11629-013-2584-x.

Ingram, J. C., L. Jones, J. Credo and T. Rock. 2020. Uranium and arsenic unregulated water issues on Navajo lands. *Journal of Vacuum Science and Technology A* 38: 031004. Doi: 10.1116/1.5142283.

Jordan, F., W. J. Waugh, E. P. Glenn, L. Sam, T. Thompson and T. L. Thomspson. 2008. Natural bioremediation of a nitrate-contaminated soil-and-aquifer system in a desert environment. *Journal of Arid Environment* 72: 748-763. Doi:10.1016/j.jaridenv.2007.09.002.

Kronberg, S. L. 2015. Improving cattle nutrition on the Great Plains with shrubs and fecal seeding of fourwing saltbush. *Rangeland Ecology and Management* 68: 285-289. Doi: 10.1016/j.rama.2015.03.003.

Kuznar, L. A. 2001. Ecological mutualism in Navajo corrals: Implications for Navajo environmental perceptions and human/plant coevolution. *Journal of Anthropological Research* 57 (1): 17-39. Doi: 10.1086/jar.57.1.3630796.

Lailhacar, S., H. Rivera, H. Silva y J. Caldentey. 1995. Rendimiento de leña y recuperación al corte en diferentes especies y procedencias arbustivas del género *Atriplex*. *Revista de Ciencias Forestales* 10(1-2): 85-97.

http://www.revistacienciasforestales.uchile.cl/1995_vol10/n1-2a08.pdf
(8 de mayo de 2020).

Le Houérou H. N. 2000. Utilization of fodder trees and shrubs in the arid and semiarid zones of West Africa and North Africa. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14: 101-135. Doi: 10.1080/089030600263058.

Leavitt, D. J., A. F. Leavitt and C. M. Ritzi. 2010. Post-grazing changes of vegetation in Big Bend National Park, Texas: a 50-year perspective. *The Southwestern Naturalist* 55 (4): 493-500. Doi: 10.1894/DW-123.1.

Mata-González, R., B. Figueroa-Sandoval, F. Clemente and M. Manzano. 2007. Vegetation changes after livestock grazing exclusion and shrub control in the southern Chihuahuan Desert. *Western North American Naturalist* 67 (1):63-70. Doi: 10.3398/1527-0904(2007)67[63:VCALGE]2.0.CO;2.

McKeon, C., E. P. Glenn, W. J. Waugh, C. Eastoe, F. Jordan and S. G. Nelson. 2006. Growth and water and nitrate uptake patterns of grazed and ungrazed desert shrubs growing over a nitrate contamination plume. *Journal of Arid Environments* 64: 1-21. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2005.04.008.

McLendon, T., E. Naumburg and D. W. Martin. 2012. Secondary succession following cultivation in an arid ecosystem: The Owen Valley, California. *Journal of Arid Environments* 82: 136-146. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2012.02.011.

Mellado, M., R. Estrada, L. Olivares, F. Pastor and J. Mellado. 2006. Diet selection among goats of different milk production potential on rangeland. *Journal of Arid Environments* 66: 127-134. Doi: 10.1016/j.jaridenv.2005.10.012.

Newman, G. J. and E. F. Redente. 2001. Long-term plant community development as influenced by revegetation techniques. *Journal of Range Management* 54 (6): 717-724. Doi: 10.2458/azu_jrm_v54i6_newman.

Ogle, D. G., L. St. John, D. Tilley and K. Leir. 2020. Plant guide for fourwing saltbush (*Atriplex canescens*). USDA Natural Resources Conservation Service. Aberdeen, ID, USA. 6 p. https://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_atca2.pdf (8 de mayo de 2020).

- Ouda, N. A., B. M. Al-Chalabi, F. M. R. Al-Charchafchi and Z. H. Mohsen. 1998. Insecticidal and ovicidal effects of the seed extract of *Atriplex canescens* against *Culex quinquefasciatus*. *Pharmaceutical Biology* 36 (1): 69-71. Doi: 10.1076/phbi.36.1.69.4621.
- Petersen, J. L. and D. N. Ueckert. 2005. Fourwing saltbush seed yield and quality: Irrigation, fertilization, and ecotype effects. *Rangeland Ecology and Management* 58 (3): 299-307. Doi: 10.2111/1551-5028(2005)58[299:FSSYAQ]2.0.CO;2.
- Pinales Q., J. F. 2008. Tres arbustivas forrajeras en el norte-centro de Nuevo León. INIFAP. Campo Experimental General Terán. Desplegable Técnico Núm. 8. General Terán, N. L., México. 6 p. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/769.pdf> (6 de abril de 2020).
- Pool, D. B., A. O. Panjabi, A. Macías D. and D. M. Solhjem. 2014. Rapid expansion of croplands in Chihuahua, Mexico threatens declining North American grasslands bird species. *Biological Conservation* 170: 274-281. Doi: 10.1016/j.biocon.2013.12.019.
- Qin, D., C. Zhao, X. Liu and P. Wang. 2017. Transgenic soybeans expressing betaine aldehyde dehydrogenase from *Atriplex canescens* show increased drought tolerance. *Plant Breeding* 136 (5): 699-709. Doi: 10.1111/pbr.12518.
- Ríos S., J. C., L. M. Valenzuela N., M. Rivera G., R. Trucios C. y G. Sosa P. 2012. Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua* 6 (3): 174-180. http://tecnociencia.uach.mx/numeros/v6n3/Data/Diseno_de_un_sistema_silvopastoril_en_zonas_degradadas_con_mezquite_en_Chihuahua_Mexico.pdf (6 de abril de 2020).
- Romero P., J. I. y R. G. Ramírez L. 2003. *Atriplex canescens* (Purch, Nutt), como fuente de alimento para zonas áridas. *Ciencia UANL* 6 (1): 85-92. <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/1462> (6 de abril de 2020).

- Rosario, K., S. L. Iverson, D. A. Henderson, S. Chartrand, C. McKeon, E. P. Glenn and R. M. Maier. 2007. Bacterial community changes during plant establishment at the San Pedro River mine tailings site. *Journal of Environmental Quality* 36: 1249-1259. Doi: 10.2134/jeq2006.0315.
- Sanderson, S. C. and E. D. McArthur. 2004. Fourwing saltbush (*Atriplex canescens*) seed transfer zones. General Technical Report RMRS-GTR-125. USDA Forest Service. Fort Collins, CO, USA. Doi: 10.2737/RMRS-GTR-125.
- Sarpong, K. A., A. Amiri, S. Ellis, O. J. Idowu and C. E. Brewer. 2019. Short-term leachability of salts from *Atriplex*-derived biochars. *Science of the Total Environment* 688: 701-707. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.273.
- Saucedo T., R. A. 1998. Producción de forraje y respuesta a la defoliación del chamizo (*Atriplex canescens*) durante la primavera. *Técnica Pecuaria en México* 36 (3): 233-242.
<https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/624>
(10 de junio de 2020).
- Sawalha, M. F., J. R. Peralta V., B. Sánchez S. and J. L. Gardea T. 2009. Sorption of hazardous metals from single and multi-element solutions by saltbush biomass in batch and continuous mode: Interference of calcium and magnesium in batch mode. *Journal of Environmental Management* 90: 1213-1218.
Doi:10.1016/j.jenvman.2008.06.002.
- Segura C., M. A., A. Huerta G., M. Fortis H., J. A. Montemayor T., L. Martínez C. y P. Yescas C. 2014. Cartografía de la probabilidad de ocurrencia de *Atriplex canescens* en una región árida de México. *Agrociencia* 48: 639-652. <https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1108> (8 de mayo de 2020).

Sinenski, R. J. 2013. Risk management strategies and dietary change at the early agricultural village of Las Capas. Tesis de maestría. Northern Arizona University. Flagstaff, AR, USA. 347 p. <https://pqdtopen.proquest.com/doc/1493005076.html?FMT=AI> (8 de junio de 2020).

Smith, H. and D. A. Keinath. 2004. Species assessment for mountain plover (*Charadrius montanus*) in Wyoming. USDI Bureau of Land Management. Cheyenne, Wyoming, USA. 53 p. https://www.uwyo.edu/wyndd/_files/docs/reports/speciesassessments/mountainplover-nov2004.pdf (6 de abril de 2020).

Téllez R., I. y M. T. Sánchez S. 2018. La expansión territorial de la minería mexicana durante el periodo 2000-2017: Una lectura desde el caso del estado de Morelos. Investigaciones Geográficas 96. Doi: 10.14350/rig.59607.

The Plant List. 2020. The Plant List, a working list of all plant species.

<http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2665120> (5 de mayo de 2020).

Tropicos. 2020. Missouri Botanical Garden.

<https://www.tropicos.org/name/7200079> (31 de junio de 2020).

Underwood, E. C., R. C. Klinger and M. L. Brooks. 2019. Effects of invasive plants on fire regimes and postfire vegetation diversity in an arid ecosystem. *Ecology and Evolution* 9 (22): 12421-12435. Doi: 10.1002/ece3.5650.

Urrutia M., J., H. G. Gámez V., S. Beltrán L. y M. O. Díaz G. 2014. Utilización de *Atriplex canescens* y *Opuntia ficus indica* en la alimentación de cabras lactantes durante la sequía. *Agronomía Mesoamericana* 25 (2): 287-296. Doi: 10.15517/AM.V25I2.15431.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.