Plantas desérticas como estrategia socioambiental para mitigar la desertificación

Angélica Herrera-Sepúlveda[1], Leandris Argentel-Martínez[1*], Jony R. Torres[1], Ofelda Peñuelas-Rubio[1], Iram Mondaca-Fernández[2], Elvia Nereyda Rodríguez-Sauceda[3]

[1] *Tecnológico Nacional de México, Campus Valle del Yaqui. Departamento de Ingenierías. Bácum, México*
[2] *Instituto Tecnológico de Sonora. Depto. de Biotecnología y ciencias del agua. Ciudad Obregón, México*
[3] *Universidad Autónoma Indígena de México. Coordinación general de investigación y posgrado. Mochis, México*

Artículo recibido el 15 de marzo y aceptado el 20 de marzo de 2024

Desert plants as a socio-environmental strategy to mitigate desertification.

Abstract

This work aimed to review the current state of desertification, a process of degradation of the land's productive capacity, which occurs particularly in arid and semi-arid regions of the world. Desertification negatively affects nature since it threatens diversity, food security, and quality of life at the international level. This phenomenon is progressively increasing due to environmental factors and human intervention in many regions. This review proposes the use of endemic plants from arid zones as a strategy to stop and/or prevent the desertification phenomenon. Additionally, social aspects that must be considered in restoration projects using endemic species are included as a key element to obtain the expected results.

Key words: arid zones, restoration, endemic plants.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue revisar el estado actual de la desertificación, proceso de degradación de la capacidad productiva de la tierra, que se presenta en particularmente en las regiones áridas y semiáridas del mundo. La desertificación tiene impactos negativos en la naturaleza, ya que representa una amenaza para diversidad, seguridad alimentaria y calidad de vida a nivel internacional. Este fenómeno aumenta progresivamente como consecuencia de factores ambientales y por intervención del hombre en muchas regiones del mundo. En esta revisión, se plantea el uso de plantas endémicas de zonas áridas como estrategia para detener y/o prevenir el fenómeno de la desertificación. Adicionalmente se incluyen aspectos sociales que deben ser tomados en cuenta en los proyectos de restauración utilizando especies endémicas, como pieza clave para obtener los resultados esperados.

Palabras claves: Zonas áridas, restauración, plantas endémicas.

*Autor de correspondencia
Email: oleinismora@gmail.com
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

Introducción

Las zonas áridas (áridas, semiáridas, sub-húmedas), se caracterizan por presentar un índice de aridez (IA: relación entre precipitación media anual y el potencial de evapotranspiración media anual), con valores entre 0.05 y 0.65; cubriendo el 41% de la superficie terrestre (15 billones de ha., aproximadamente) (Cherlet *et al*., 2018) (Figura 1). Además, incluyen el 35 % de la diversidad global y el 20 % de la diversidad de especies de plantas endémicas (hotspot) (Davies *et al*., 2012).

Las zonas áridas, son cruciales para lograr la sostenibilidad de nuestro planeta, ya que albergan al 38% de la población humana mundial (incluidas la mayoría de las zonas de crecimiento demográfico más rápido del mundo), el 44% de las tierras de cultivo y el 50% del ganado (Cherlet *et al*., 2018, Burrel *et al*., 2020). Sin embargo, las zonas áridas se ven fuertemente afectadas por cambios en la composición y distribución de las comunidades vegetales, condiciones hidrológicas y propiedades del suelo; provocando una reducción o pérdida de servicios ecosistémicos; este fenómeno se denomina "desertificación" (UNCCD 199; D'Odorico *et al*., 2013). En un sentido más amplio, se ha utilizado este concepto para hacer referencia a la degradación de tierras cultivables, convirtiéndolas en "desérticas". Se estima que anualmente se pierden 12 millones de hectáreas de tierras cultivables, provocando pérdidas de alrededor de 42 billones de dólares por este fenómeno (Eswaran, 1999; Blilou y Hirt, 2023). Por lo tanto, la desertificación tiene impactos negativos, ya que representa una amenaza para diversidad, seguridad alimentaria y calidad de vida.

El fenómeno desertificación, se atribuye principalmente a la intervención humana (sobrepastoreo, urbanización, sistemas agrícolas intensivos, actividades industriales), y a variaciones climatológicas (calentamiento global) (Burrel *et al*., 2020). Estos factores han ocasionado que alrededor del 56% de la superficie total de las zonas áridas se vean afectadas/amenazadas por este fenómeno. Por tal motivo, en 1994 se llevó a cabo la Convención de La Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación (UNCCD), cuyo objetivo es luchar contra la desertificación y reducir los efectos de la sequía en los países gravemente afectados, mediante medidas eficaces a todos los niveles (UNCCD, 1994), y en el 2015 se incluyó la lucha contra la desertificación, como uno de los objetivos y metas para alcanzar el desarrollo sustentable (OBS, 15).

Plantas desérticas

La vida en las zonas desérticas, es profundamente desafiante debido a las duras tensiones abióticas como temperaturas bajas o altas, alta radiación solar, sequía y salinidad, las cuales afectan negativamente a los organismos vivos. A pesar de estas condiciones, las plantas han desarrollado mecanismos de adaptación que les permiten afrontar con éxito largos periodos de escasez de agua y crecer, sobrevivir y reproducirse en un medio adverso (Granados-Sánchez *et al*., 1998). Algunos de los mecanismos incluyen el desarrollo de estructuras de almacenamiento de agua, raíces largas, cutículas gruesas, estomas especializados, metabolismo fotosintético especializado (CAM), ubescencia y ciclo de vida rápido (Aparecido *et al*., 2020).

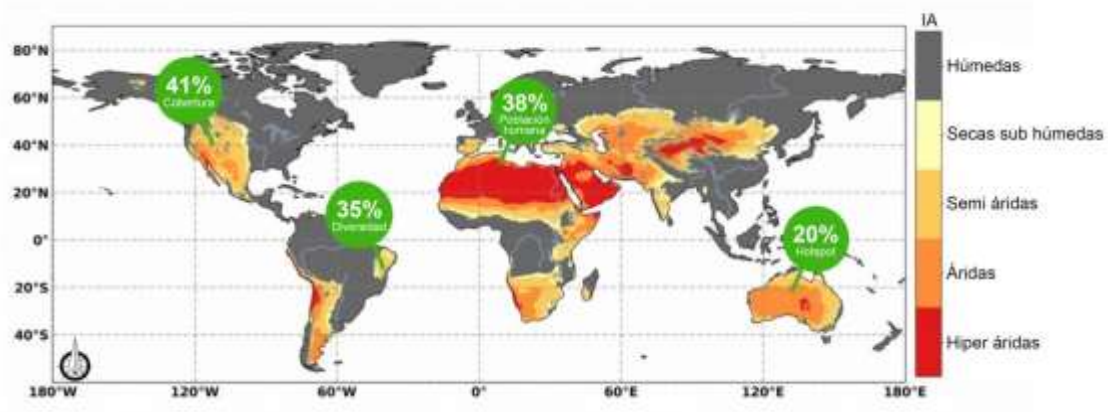


Figura 1. Distribución geográfica de las zonas áridas, delimitada en base al índice de aridez (IA). La clasificación es húmeda IA>0.65, Secas sub-húmedas 0.50 <IA ≤ 0.65, Semiáridas 0.20 < IA ≤ 0.50, Áridas 0.05 < AI ≤ 0.20, Hiperáridas AI < 0.05. (Adaptado de Cherlet *et al.* 2018). Se incluyen datos relevantes sobre las zonas áridas (Cherlet *et al*., 2018; Davies *et al*., 2012).

Las especies del desierto, entre ellas arbustos, hierbas, pastos, árboles y cactáceas, proporcionan beneficios de importancia médica y económica. Alsharif *et al*. (2020), hace una revisión sobre los especies famosas de plantas desérticas que se encuentran en los desiertos del mundo y algunos de sus valores beneficiosos, por ejemplo *Opuntia* (nopal tunero), posee atributos nutricionales, medicinales y se utiliza como tinta; *Cereus giganteus* (sahuaro), se utiliza como alimento y material de construcción, además de que sirve como sitio de anidación de aves, *Prosopsis glandulosa* (mezquite dulce), se utiliza para la obtención de miel y sirve como hábitat para polinizadores. El género *Angustifolia* (agave), que se utiliza para elaborar bebidas alcohólicas típicas y edulcorantes; *Yucca brevifolia* (árbol de Josue), se utiliza para elaborar cestas, sandalias, tintas y alimentos, es decir, las plantas desérticas forman parte del patrimonio cultural y como hábitat y refugio de animales. Por otra parte, las plantas contribuyen a la estabilización del suelo en áreas propensas a la erosión al penetrar profundamente en el suelo, ayudan a prevenir la pérdida de nutrientes y la descomposición del sustrato, contribuyendo así a mantener la estructura del suelo; participan en la absorción y liberación de nutrientes, contribuyendo también con los ciclos biogeoquímicos en el ecosistema, lo cual afecta la disponibilidad de nutrientes esenciales para otros organismos y procesos ecológicos (Schlesinger y Pilmanis, 1998).

Estrategias de lucha contra la desertificación

La reforestación, es uno de los métodos mayormente utilizados para recuperar la pérdida de suelos y prevenir la desertificación. La reforestación contribuye a restaurar la biodiversidad, mejorar la calidad del suelo, reducir la erosión y las emisiones de dióxido de carbono, y crear condiciones favorables para los residentes locales. Se han implementado megaproyectos de reforestación, destacando, la "Gran Muralla Verde", conocida como Great Green Wall (GGW), iniciativa aprobada por la unión africana en 2007 (African Union, 2007).

La GGW consistió en siembra de árboles a través del continente africano abarcando 7500 km de largo y 15 km de ancho. Sin embargo, para el año 2020 únicamente se logró el 4% de reforestación, algunos de contratiempos presentados fueron: el desconocimiento de los factores biológicos y físicos específicos de las tierras áridas y de las plantas, aumento de conflictos e inseguridad en la región, la falta de agua, protección y cuidado adecuados por parte de los habitantes; quizás el principal error de concepción fue “una vez plantados los árboles, la naturaleza actuaría por sí sola” (UNCCD, 2020). Entonces, un mejor conocimiento y uso de plantas endémicas en zonas desérticas y sus microbiomas, además del involucramiento de la población que se verá beneficiada por este tipo de proyectos, podrían contribuir a reforestaciones más exitosas en regiones áridas e hiperáridas (D' Odorico *et al*., 2013; Blilou y Hirt, 2023).

Además de la reforestación, se han aplicado con éxito varios métodos como son, la aplicación de cuotas de uso del agua, prácticas de pastoreo sostenibles, convertir las tierras de cultivo abandonadas en bosques, prácticas de cultivo sustentables y estabilizar las zonas ecológicas entre oasis y desiertos (Zhang y Huisingh, 2018). D' Odorico *et al*. (2013), recomiendan el control de la erosión del suelo, la remediación de la salinidad, la introducción de nuevas tecnologías (riego/captación de agua y uso de energía solar y eólica), introducción de variedades de cultivos, gestión de incendios y ampliar la cobertura vegetal utilizando especies nativas y/o adaptadas a las condiciones desérticas (Figura 2).

Uso de especies desérticas para mitigar la desertificación

Las plantas desérticas o "supervivientes del desierto" a lo largo de su evolución, han mostrado tolerancia y resistencia a condiciones adversas de su entorno. Estas características de resistencia y tolerancia, representan bondades que se pudieran utilizar como alternativas para la reforestación, con alta probabilidad de éxito (Token *et al*., 2022). Considerando la diversidad de especies, los árboles y arbustos tienen la capacidad de desarrollar sistemas de raíces extensos, y por ende estabilizan el suelo. Un ejemplo claro de los efectos positivos para la restauración de suelos degradados en zonas desérticas fue presentado por Moreno *et al*. (2017), quienes después de 11 años de evaluación, demostraron que es posible restaurar el suelo desértico utilizando leguminosas y cactus nativos en el desierto del sur de Sonora. Andrade-Limas (2006), reportó el establecimiento de 100 km de cercos vivos en el estado de Tamaulipas, como parte de las estrategias para la conservación del suelo y agua en zonas áridas. Un cerco vivo es una forma de reforestación en los sistemas agrosilvopastoriles, es la alineación de una hilera de árboles o arbustos de manera tal que formen una barrera lo suficientemente alta y densa que constituya un obstáculo para el viento. Para el establecimiento del



Figura 2. Principales factores asociados al proceso de desertificación y estrategias para mitigar su impacto. Destacando el uso de especies endémicas para ampliar la cobertura vegetal.

cerco vivo, se utilizaron especies adaptadas al clima y suelo de la zona, resistencia a la sequía y con un sistema radicular vigoroso, adicionalmente se consideró la preferencia y solicitud de los productores.

Por otra parte, también se recomienda el uso de arbustos, ya que suelen utilizar solo el 10% del agua que consumen los árboles y por ende, es razón suficiente para considerar a los arbustos como una opción viable para frenar la desertificación y recuperar terrenos. En este sentido, Zucca *et al*. (2011), evaluaron el impacto de plantaciones del arbusto *Atriplex nummulariak* en las propiedades del suelo en un sitio en Marruecos; esta especie se encuentra bien adaptada a condiciones áridas y es apreciada por su tolerancia a la salinidad, aridez y pastoreo directo. Asimismo, se observó un incremento en el contenido de carbono orgánico y se favorecieron actividades de pastoreo. Uselman *et al*. (2018), utilizaron arbustos y pastos nativos en la Gran Cuenca de EUA, para restaurar tierras de cultivo, las cuales habían sido abandonadas, como estrategia para disminuir la erosión, aumentar la biodiversidad y servir de hábitat para la vida silvestre.

Aunado al uso de especies endémicas en proyectos de restauración, Di Sacco *et al*. (2020), recomiendan el llevar a cabo actividades de recolección y conservación de germoplasma (banco de semillas *ex situ*), con el objetivo de asegurar y mantener la diversidad genética de especies endémicas para evitar la extinción de una población o especie, crear una fuente de germoplasma para repoblamiento de una especie y permitir la restauración ecológica de un ecosistema degradado.

Aspectos sociales de los proyectos de restauración en zonas áridas

En los proyectos de restauración se deben incluir no solo aspectos físicos, biológicos y ecológicos, sino también sociológicos, antropológicos, psicológicos, filosóficos e históricos. Surge así el concepto de restauración productiva, que se define como "la relación de elementos socioculturales y ecológicos, para la recuperación de la estructura y función del ecosistema original, previo a la perturbación, junto con una mejora en la productividad de la tierra, lo cual se logrará utilizando técnicas como la agroecología y la agroforestería (Ceccon, 2013). Es decir, en estos proyectos, la selección de especies vegetales, debe considerar atributos ecológicos y socioculturales como alta supervivencia y cobertura; atractivo para la fauna y múltiples usos considerados para la población local (Pérez *et al*. 2019). En este sentido, Gómez-Anduro (2023), sugiere el cultivo de chiltepín (*Capsicum annuum var. Glabriusculum*), como una opción para la recuperación de comunidades rurales agrícolas en el desierto Sonorense de México, que abarca Sonora, Sinaloa y Baja California Sur; ya que el chiltepín encapsula la riqueza cultural, histórica, ecológica, medicinal y nutricional para las comunidades indígenas Yaqui y Mayo. En los últimos años se han realizado grandes avances en su cultivo, destacando

su bondad para soportar condiciones climáticas desafiantes como son temperaturas elevadas, salinidad y sequía. El tamaño y la forma homogénea de los frutos obtenidos apoya a la demanda del mercado nacional e internacional, por lo que el impulso a la implementación de este cultivo en comunidades rurales, generara simultáneamente beneficios económicos y ecológicos tras la restauración de zonas agrícolas abandonadas y zonas deforestadas por sobre explotación.

Un aspecto crítico de este enfoque es comprender el contexto socioecológico de la población local (cultural, educativo, sanitario y socioeconómico), en el sitio a restaurar, así como el valor asignado por las personas a las especies vegetales nativas y cultivables (Martínez-Romero y Ceccon, 2017), asegurando así el éxito de estos proyectos. Farinaccio *et al*. (2021), evaluaron las oportunidades y limitaciones en una pequeña localidad del ecosistema de Monte, una zona árida en Argentina, con el objetivo de establecer futuros proyectos de restauración productiva. En este estudio destacan la necesidad de implementar programas de educación ambiental para mejorar el conocimiento sobre la diversidad de las plantas nativas, su reproducción y usos potenciales. Además, se recomienda tener en cuenta las necesidades y preferencias de uso de especies vegetales en los sistemas agrícolas de la población, incluyendo dichas especies nativas en los programas de restauración; para garantizar el éxito de los proyectos y obtener un doble beneficio; mejorar la calidad del ecosistema degradado y el bienestar de la población, logrando así una restauración productiva.

La participación de actores locales y/o interesados y la resiliencia social son cruciales. Varias formas de fomentar la participación de los interesados y/o afectados incluyen la aplicación de medidas que mejoren el bienestar social, integren conocimientos locales, crear incentivos económicos para los medios de subsistencia, crear mercados eficientes, desarrollar tecnologías y políticas adecuadas y por último, pero no por ello menos importante, promover la investigación orientada a comprender el problema de la desertificación (Becerril-Piña *et al*. 2020).

Conclusiones

Las estrategias y acciones de prevención para revertir la desertificación es un objetivo complejo, que requiere el involucramiento a diferentes niveles, incluyendo políticas sociales y económicas para cambiar el uso del suelo y las prácticas agrícolas, difusión del fenómeno de desertificación, crear centros y organizaciones especializados en la lucha contra la desertificación. La implementación de estrategias de restauración empleando plantas desérticas e integrando a la sociedad, es un área de oportunidad que traería beneficios integrales para todos los involucrados.

Agradecimiento

Al Tecnológico Nacional de México Campus Valle del Yaqui por el apoyo para desarrollar esta contribución. Al CONACYT por el otorgamiento de la beca posdoctoral (CVU 206322) y a Fareros Estrategas por la elaboración y edición de imágenes.

Referencias

African Union. 2007. Declaration 137 VIII- Decision on the Implementation of the Great Green Wall for the Sahara and the Sahel Initiative. http://archives.au.int/handle/123456789/969

Alsharif, W., Saad, M.M., Hirt, H. 2020. Desert microbes for boosting sustainable agriculture in extreme environments. Frontiers in microbiology, 11, 496411. https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.01666

Andrade-Limas, E. 2006. Sistemas agrosilvopastoriles y conservación de suelo y agua en la zona II de la Cuenca de Burgos. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Centro de Desarrollo Regional Sustentable. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CJ073. México D. F.

Aparecido, L.M., Woo, S., Suazo, C., Hultine, K.R., Blonder, B. 2020. High water use in desert plants exposed to extreme heat. Ecology Letters, 23(8), 1189-1200. https://doi.org/10.1111/ele.13516

Becerril-Piña, R., Mastachi-Loza, C.A. 2021. Desertification: Causes and countermeasures. Life on land, 219-231. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95981-8_81

Blilou, I., Hirt, H. 2023. Desert plants to stop desertification: To succeed, reforestation projects to reclaim once fertile lands need to consider the local abiotic, biotic, and social factors. EMBO reports, 24(2), e56687. https://doi.org/10.15252/embr.202256687

Burrell, A.L., Evans, J.P., De Kauwe, M.G. 2020. Anthropogenic climate change has driven over 5 million km2 of drylands towards desertification. Nature communications, 11(1), 3853. https://doi.org/10.1038/s41467-020-17710-7

Ceccon, E. 2013. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Madrid (España): Ediciones Díaz de Santos. ISBN: 978-84-9969-615-7.

Cherlet, M., Hutchinson, C., Reynolds, J., Hill, J., Sommer, S., and Von Maltitz. G., 2018. World atlas of desertification. Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN SBN 978-92-79-75350-3, doi:10.2760/9205

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K.F., Ravi, S., Runyan, C.W. 2013. Global desertification: Drivers and feedbacks. Advances in water resources, 51, 326-344. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013

Davies, J., Barchiesi, S., Ogali, C.J., Welling, R., Dalton, J., Laban, P. 2016. Water in drylands: Adapting to scarcity

through integrated management. IUCN, Gland. ISBN: 978-2-8317-1803-3. https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.06.en

Di Sacco, A., Way, M., León-Lobos, P., Suárez-Ballesteros, C.I., Diaz, J. 2020. Manual de recolección, procesamiento y conservación de semillas de plantas silvestres. Royal Botanic Gardens, Kew e Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. https://doi.org/10.34885/175

Eswaran, H., Reich, P., Beinroth, F. 1999. Global desertification tension zones. In Sustaining the global farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting. Vol. 29, pp. 24-28.

Farinaccio, F.M., Ceccon, E., Pérez, D.R. 2021. Starting points for the restoration of desertified drylands: puesteros' cultural values in the use of native flora. Ecosystems and People, 17(1), 476-490. https://doi.org/10.1080/26395916.2021.1968035

Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G.F., Gama-Flores, J.L. 1998. Adaptaciones y estrategias de las plantas de zonas áridas. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente, 4(1), 169-178.

Gómez-Anduro, G., Payan-Cazares, E., Hernández-Gonzalez, J., Melero-Astorga, J.M. 2023. Chiltepín: El oro rojo del Desierto Sonorense. Biotecnológica Magazine, 1(5), 6-10. https://doi.org/10.5281/zenodo.10479476

Martínez-Romero, P., Ceccon, E. 2017. Socio-ecological criteria for selecting native tree species for the productive restoration of lowland deciduous forests of Santa Ana del Valle, Oaxaca, Mexico. In: Ceccon E, Pérez DR (Coord.). Beyond restoration ecology: social perspectives in Latin America and Caribbean. Vazquez Mazzini Editors, Buenos Aires (Argentina). p. 279–291. ISBN: 978-987-9132-55-5.

Moreno, M., De-Bashan, L.E., Hernandez, J.P., Lopez, B.R., Bashan, Y. 2017. Success of long-term restoration of degraded arid land using native trees planted 11 years earlier. Plant and soil, 421, 83-92. https://doi.org/10.1007/s11104-017-3438-z

Pérez, D.R., Farinaccio, F.M., Aronson, J. 2019. Towards a dryland framework species approach. Research in Progress in the Monte Austral of Argentina. Arid Environments 161:1–10. https://doi:10.1016/j.jaridenv.2018.09.001

Schlesinger, W.H., Pilmanis, A.M. 1998. Plant-soil interactions in deserts. Biogeochemistry, 42, 169-187. https://doi.org/10.1023/A:1005939924434

Token, S., Jiang, L., Zhang, L., Lv, G. 2022. Effects of plant diversity on primary productivity and community stability along soil water and salinity gradients. Global Ecology and Conservation, 36, e02095. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02095

UNCCD. 1994. United Nations Convention to Combat Desertification, Intergovernmental Negotiating Committee For a Convention to Combat Desertification, Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. U.N. Doc. A/AC.241/27, 33 I.L.M. 1328. New York, United Nations.

UNCCD. 2020. The Great Green Wall implementation status and way ahead to 2030 advanced version. Bonn, Germany: United Nations Convention to Combat Desertification. ISBN: 978-92-95118-26-3

Uselman, S.M., Davison, J., Baughman, O.W., Sullivan, B.W., Miller, W.W., Leger, E.A. 2018. Restoring dryland old fields with native shrubs and grasses: Does facilitation and seed source matter?. Plos one, 13(10), e0205760. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205760

Zucca, C., Julitta, F., Previtali, F. 2011. Land restoration by fodder shrubs in a semi-arid agro-pastoral area of Morocco. Effects on soils. Catena, 87(3), 306-312. https://doi.org/10.1016/j.catena.2011.06.017