Ensayo de Investigación

Uso de material vegetal de poda: una alternativa económica para recuperar suelos degradados en zonas áridas

Use of plant material from pruning: an economical alternative to recover degraded soils in arid areas

Hernán Celaya Michel[1]*, Esther Sánchez Villalba[1], Miguel Ángel Barrera Silva[1]

[1]Departamento de Agricultura y Ganadería
Universidad de Sonora

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

Recibido: 15-03-2022 Aceptado: 23-02-2023 (Artículo Arbitrado)

Resumen

Ante la problemática ambiental que enfrenta el planeta es importante buscar soluciones, que ayuden a resolver la degradación que amenaza los nutrientes, el agua y los minerales de los suelos. Conseguir revertir la degradación debería ser una tarea prioritaria para evitar que se convierta a largo plazo en un problema más grave como es la desertificación. Encontrar estrategias de recuperación de suelos de bajo costo podría ayudar a que sea más fácil implementarlas a gran escala. El objetivo del presente trabajo fue determinar sí el uso de material vegetal sobre la superficie de suelos podría utilizarse como una alternativa económica para recuperar suelos degradados en zonas áridas. Para llevar a cabo la investigación se utilizaron suelos degradados por uso ganadero, seleccionando 1) suelos cubiertos con ramas de árboles y 2) suelos sin ramas. Los resultados que se obtuvieron tanto en verano como en invierno, fueron a favor del suelo degradado cubierto con ramas donde se generaron más plantas por metro cuadrado en comparación del suelo degradado desnudo sin ninguna rama. Estos resultados demuestran que el uso de ramas para cubrir los suelos degradados puede utilizarse como una alternativa económica para recuperar suelos en zonas áridas.

Palabras clave: Biodiversidad, desertificación, restauración ecológica, sobrepastoreo.

Abstract

Provided the environmental problems our planet faces, it is important to look for solutions that help solve the degradation that threatens nutrients, water, and minerals in the soil. Reversing degradation should be a priority task to prevent it from becoming a more serious problem such as desertification in the long term. Finding low-cost soil reclamation strategies could help make it easy to implement on a large scale. The objective of this work was to determine if the use of plant material on the soil surface could be used as an economical alternative to recover degraded soils in arid areas. To carry out the research, soils degraded by livestock use were used, selecting 1) soils covered with tree branches and 2) soils without branches. The results obtained both in summer and in winter, favored the degraded soil covered with branches where more plants were generated per square meter compared to the bare degraded soil without any branches. These results show that the use of branches to cover degraded soils is feasible as an economical alternative to recover soils in arid areas.

Keywords: Biodiversity, desertification, ecological restoration, overgrazing.

Introducción

En la actualidad, la humanidad se enfrenta a grandes retos globales donde destacan el crecimiento poblacional, el cambio climático global y la degradación de suelos (UNCCD, 1994; Molina et al, 2017). Algunas de estas situaciones retroalimentan negativamente a otras, por ejemplo, a mayor población, mayor extracción de recursos naturales, mayor emisión de gases de efecto invernadero y, por ende, más calentamiento global (Reynolds et al., 2002). Por lo anterior, urgen sistemas de manejo sustentables, que eviten la degradación de ranchos, campos y terrenos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Un anhelo común hoy en día es poder contar con ecosistemas más sanos que provean servicios ambientales a la humanidad, por ejemplo, alimentos, forrajes, maderas y control de inundaciones, entre otros (Hassan et al., 2005).

El funcionamiento de ecosistemas saludables conduce a la producción de biomasa anual por las plantas, parte de ella es consumida por herbívoros y otra parte protege al suelo formando un mantillo (Whitford, 2002). Ese funcionamiento positivo favorece la acumulación de almacenes o reservorios de materia orgánica y de elementos minerales del suelo (Castellanos et al., 2010). En el ciclo anual del ecosistema se reutiliza la fertilidad del suelo, vuelve a crecer la vegetación y producir biomasa verde, gracias al proceso de fotosíntesis y a reponer los almacenes orgánicos y minerales del suelo. Cuando un ecosistema se degrada sus ciclos se desacoplan y la producción de biomasa se ve reducida (Blaikie y Brookfield, 2015). El suelo se vuelve desnudo y al estar desprotegido queda a expensas de la erosión, tanto por el viento como por el agua. Además de sufrir más calentamiento en el día y enfriamiento por la noche. Lo anterior afecta a la biota del suelo en procesos de descomposición que conllevan a suelos menos fértiles (Whitford, 2002).

Por otra parte, es bien sabido que las zonas áridas y semiáridas del mundo se consideran las zonas más frágiles, por tener limitada disponibilidad de agua (Noy-Meir, 1973), lo que dificulta la regeneración de suelos degradados y unido a una sobreexplotación, puede causar degradación (Whitford, 2002). Hoy en día, es difícil encontrar ecosistemas sin ninguna alteración, por el contrario, es común observar indicadores de degradación, que pueden reflejarse en una disminución de la biodiversidad y en un incremento de suelos degradados en zonas áridas y semiáridas (Castellanos et al., 2010). Por lo tanto, a mayor degradación en un lugar, más vulnerable será el sitio, simplemente por la erosión ocasionada por el viento o por el agua (Turner et al., 2016).

El estado de Sonora en el noroeste de México no está ajeno de la problemática de contar con suelos degradados (CONAFOR, 2010), que aún no han podido ser regenerados al estado que tenían, antes de la llegada de los colonizadores europeos (Shreve y Wiggins, 1964). Existen zonas como la costa de Hermosillo que tiene una gran cantidad de suelos que perdieron su biodiversidad al ser desmontados y utilizados como terrenos agrícolas y que hoy, se encuentran abandonados principalmente por agotamiento de agua en los pozos. Otra actividad importante en el estado que está afectando los suelos, es la ganadería, debido al sobrepastoreo que está provocando pérdidas de cobertura vegetal e incrementando los suelos degradados del estado (Castellanos et al., 2010).

Al proceso por el cual un suelo degradado pierde potencial biológico de manera severa, se le llama desertificación; y cuando un suelo degradado pierde su potencial cuesta una gran cantidad de tiempo y recursos restaurarlo, tanto, que sí este suelo pudiera restaurarse por el mismo a una escala de tiempo, le costaría una generación humana recuperarse (Celaya-Michel et al., 2020). Por lo tanto, la desertificación es un problema muy serio que preocupa a instancias como la Organización de las Naciones Unidas, desde hace varias décadas. Es por ello, que es necesario encontrar estrategias sustentables para recuperar suelos degradados y reducir su riesgo de desertificación (UNCCD, 1994), por ende, prácticas como la reforestación han sido utilizadas, pero no siempre con el éxito deseado, superior al 80 % (Dorado y Arias, 2018).

La facilitación es una interacción que se ha demostrado que favorece algunas especies biológicas que se establecen en zonas áridas, donde las condiciones son desfavorables con altas temperaturas y baja humedad de suelo. Algunas especies de árboles y arbustos pueden crear microclimas, para que algunos seres vivos puedan sobrevivir bajo estas condiciones caóticas (Tewksbury y Lloyd, 2001; Bowers y Burgess, 2004). Por lo tanto, es posible que el uso de material vegetal sobre la superficie de suelos degradados por uso ganadero podría utilizarse para crear las condiciones para su recuperación. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar una alternativa económica para recuperar suelos degradados en zonas áridas, mediante el uso de material vegetal.

Materiales y métodos

Este trabajo se realizó en el campo agrícola y experimental del Departamento de Agricultura y Ganadería, de la Universidad de Sonora, ubicado en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el noroeste de México. Este sitio consiste en 244 hectáreas, con áreas agrícolas y áreas de agostadero donde existe una rotación de pastoreo de bovinos.

La vegetación prístina fue matorral xerófilo, sin embargo, hace 50 años fue transformada mediante el desmonte y siembra de zacate buffel (*Pennisetum ciliare* L.) para pastoreo de ganado bovino. Sin embargo, estos terrenos de pastoreo sufrieron degradación y pérdida

de cobertura vegetal. Actualmente además de zacate buffel, hay algunos árboles nativos remanentes y plantas anuales, principalmente zacates y hierbas.

El clima de la región es muy seco y muy cálido, la temperatura media anual es de 25.2 °C. Las precipitaciones pluviales se presentan, en mayor cantidad, durante verano, de julio a agosto. Algunos años se presentan precipitaciones invernales de baja intensidad. En promedio llueve 378 mm por año. (INEGI, 2014). El tipo de suelo del sitio de estudio es arenoso franco, con baja disponibilidad de nutrientes (WRB, 2015).

Estas áreas con antecedentes de varias décadas de uso ganadero, presentan actualmente una gran cantidad de suelo degradado, el cual muestra indicios de erosión y compactación. Se puede apreciar que algunos de esos parches de suelo no logran establecer ninguna planta, incluso en las épocas de lluvia estacional, por lo cual se pudiera concluir que se encuentran en un proceso de degradación (Sosa-Castañeda et al., 2019).

Respecto a la fauna del sitio de estudio, se observó la presencia de herbívoros pequeños como liebre antílope (*Lepus alleni*) y juansitos (*Xerospermophilus tereticaudus*), además de carnívoros como el coyote (*Canis latrans*).

Para este estudio se seleccionaron áreas de uso ganadero donde hubiera parches de suelo degradado superiores a 25 m^2 de área. En estos parches se agregó material orgánico vegetal formado por ramas de poda de plantas arbóreas nativas de la región como palo verde y mezquite, estas ramas proceden de áreas con árboles nativos de ornato en el campo experimental. Con las ramas se formó un área de 1 m^2, denominado tratamiento "suelo degradado cubierto con ramas de árbol" y se contrastó con un área control similar, la cual se denominó tratamiento "suelo degradado desnudo sin ninguna rama", que quedó sin alteración.

En total se estudiaron 10 parches de tratamiento con suelo degradado cubierto con ramas de árbol y 10 de tratamiento de suelo degradado denudo sin ninguna rama en los cuales se contabilizó, durante los periodos de lluvia el número de especies que germinaban y lograban establecerse en cada uno de los parches. Lo anterior se realizó tanto para las lluvias de verano como para las de invierno. El periodo de estudio fue de febrero de 2021, cuando se establecieron los parches de suelo cubierto con ramas y suelo sin ninguna rama (control), hasta febrero de 2022. Se documentó la especie de planta establecida, identificando su nombre común y nombre científico, además de agrupar los individuos por categorías como árboles, arbustos, zacates o hierbas.

Los análisis estadísticos se realizaron en el programa JMP 10 (SAS Institute, 2000). Se analizó el número de plantas establecidas por parche y se comparó estadísticamente este resultado entre los tratamientos de los 10 parches suelo degradado cubierto de ramas de árbol y los 10 parches de suelo sin ninguna rama desnudo. El número de plantas establecidas por parche, se contrastó mediante análisis de varianza. La prueba *a posteriori* utilizada fue Tukey. Se estableció una significancia estadística menor o igual al 5%.

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1, dónde el suelo degradado cubierto con ramas tuvo más plantas que germinaron y se establecieron, tanto en verano como en invierno, con un promedio de 11.1 y 20.1 plantas por metro cuadrado, respectivamente. Mientras que el suelo degradado sin ninguna rama en promedio tuvo 2.6 plantas en verano y 6.3 en invierno por metro cuadrado. Esto indica que las condiciones de temperatura y humedad se mejoraron, al proteger el suelo degradado con ramas. Posiblemente por los cambios de temperatura y humedad que sufre el suelo,

Tabla 1. Promedio de plantas por metro cuadrado establecidas en verano e invierno en suelo degradado cubierto con ramas de árbol y sin ninguna rama.

Suelo degradado	Época del año	Numero	Promedio	Desviación estándar	Agrupación*	valor p
Con ramas de árbol	Invierno	10	20.1	12.224	A	0.0001
Con ramas de árbol	Verano	10	11.1	4.724	Ab	
Sin ninguna rama	Invierno	10	6.3	8.718	B	
Sin ninguna rama	Verano	10	2.6	2.118	b	

*Letras diferentes indican diferencia estadística al 5%. **Fuente:** Elaboración propia.

al tenerlo cubierto con ramas en comparación con un suelo degradado sin ramas en la superficie, permite el establecimiento de más plantas (García, 2011). También, de acuerdo con otros estudios es posible que al cubrir los suelos degradados con ramas se ejerza un tipo de protección contra la herbivoría (Sosa-Castañeda et al., 2019). Definitivamente conviene en zonas áridas y semiáridas que existan más plantas cubriendo el suelo degradado, para poder capturar carbono, mejorando las condiciones del suelo degradado, al acumular materia orgánica (Whitford, 2002), y para la producción de alimento para el pastoreo de animales domésticos y de fauna (Velázquez, 1997).

La diversidad de especies encontradas fue mayor en los parches de suelo degradado cubierto con ramas. En verano se tuvieron seis especies de plantas diferentes en comparación de tres para los parches de suelo degradado sin ninguna rama (Tabla 2). En contraste, en invierno fueron ocho las especies encontradas en los parches de suelo degradado cubierto con ramas, y solamente dos especies en suelo degradado sin ninguna rama. En el año de estudio se encontraron únicamente especies anuales de plantas, en verano tanto zacates como hierbas y en invierno solo herbáceas.

Estas especies anuales encontradas, son plantas comunes de la parte árida de Sonora, las cuales se pueden encontrar en suelos degradados, como parte de las especies más resistentes a las condiciones adversas y que colonizan durante los periodos húmedos del año, caso contrario de ecosistemas más conservados, donde es posible encontrar una diversidad mayor de especies perennes (Celaya-Michel et al., 2020).

En la Figura 1 se puede ver 4 imágenes, a un año después de que se establecieron los parches de ramas, con un cambio importante en el desarrollo de zacates en verano y herbáceas de invierno. Claramente se pudieron apreciar más plantas dentro del parche de ramas que fuera de él. En Arizona EUA, investigadores encontraron algo similar recientemente, cubriendo parches de suelo con ramas de mezquite, encontraron un aumento de la humedad del suelo, nitrógeno disponible, mayor cobertura y abundancia de plantas (Léger, 2020).

A partir de febrero del 2021, durante el periodo de estudio, los valores de lluvia mensual que se registraron (Figura 2), fueron lluvias por encima del promedio en verano, las cuales estuvieron distribuidas de una manera equilibrada, de junio a septiembre, en

Tabla 2. Listado de plantas que se establecieron durante el año de estudio en los parches de suelo degradado cubierto con ramas de árbol y sin ninguna rama. La "X" indica que la especie de planta encontrada en suelo degradado en verano o en invierno.

Suelo degradado cubierto:		Con ramas	Sin ramas	Con ramas	Sin ramas
Época del año		Verano	Verano	Invierno	Invierno
N. Científico	N. Común				
Amaranthus palmeri	Quelite	X			
Bouteloua aristidoides	Aceitilla	X	X		
Bouteloua rothrockii	Zacate liebrero	X	X		
Euphorbia prostrata	Golondrina	X	X		
Johnstonella angustifolia	Peludita			X	X
Nama hispidum	Moradita			X	
Oligomeris linifolia	Saladita			X	
Pectis papposa	Manzanilla del coyote			X	
Pennisetum ciliare	Zacate buffel	X			
Phacelia spp.	Hierba escorpión			X	X
Plantago ovata	Pastora			X	
Sisymbrium irio	Pamita			X	
Sphaeralcea coulteri	Hierba del negro			X	
Tidestromia lanuginosa	Hierba ceniza	X			
Especies en total	**Por columna**	**6**	**3**	**8**	**2**

Fuente: Elaboración propia.

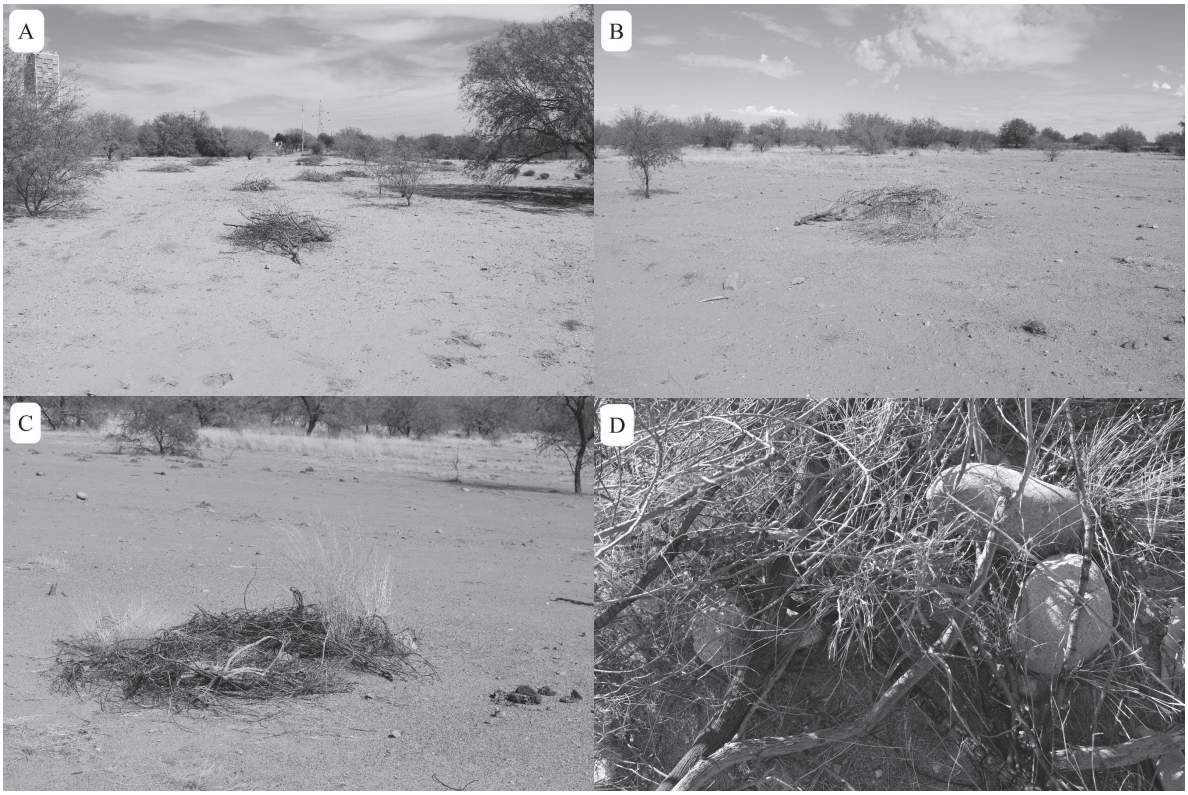

Figura 1. Imágenes del estudio, varios parches de suelo desnudo y cubierto con ramas de poda de árboles nativos del Desierto Sonorense. A) parches a la distancia y paisaje del sitio, B) ramas a la distancia con zacate seco del crecimiento de verano, C) acercamiento a ramas con zacates secos de verano y suelo desnudo adyacente sin plantas, D) acercamiento a parche de ramas donde se aprecia zacate buffel y herbáceas pequeñas de invierno. Imágenes tomadas por H. Celaya. **Fuente:** Imágenes tomadas por H. Celaya.

comparación con otros años. En invierno las precipitaciones únicamente se presentaron en diciembre y en el año 2022. No hubo lluvias ni en enero ni en febrero, probablemente esto puede explicar porqué los zacates de verano alcanzaron tallas superiores a los 30 cm de alto mientras que las hierbas de invierno estuvieron abajo de los 10 cm (Figura 1).

Es importante aclarar que la dinámica de las lluvias de verano de la región, es de lluvias torrenciales, de corta duración, mientras que las lluvias invernales son típicamente de baja intensidad y pueden durar muchas horas, algo similar a un riego por goteo, lo que aunado a la menor temperatura de la estación fría, permite que la humedad del suelo se acumule y se conserve por más tiempo.

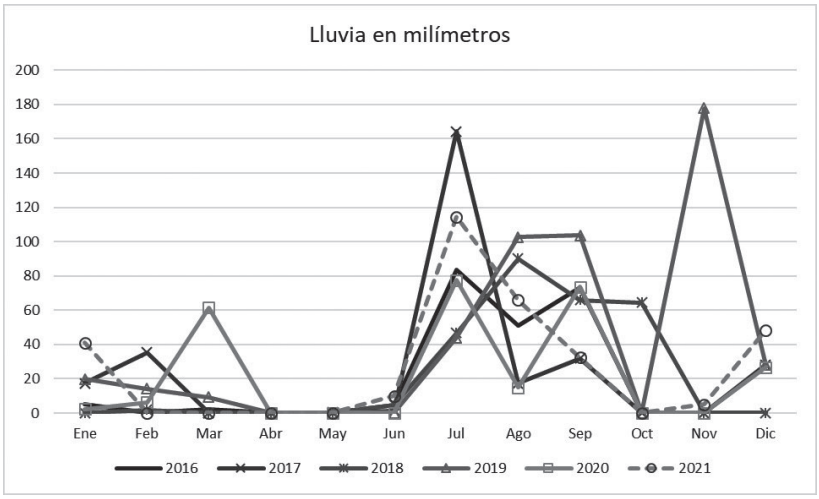

Figura 2. Precipitación en el área de estudio de Hermosillo, Sonora, México, registrada del año 2016 al 2021. Se resaltó el año 2021, para facilitar la observación comparativa con años previos. En enero y febrero del 2022 no se han presentado lluvias, por lo cual se omitió de la gráfica.

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos obtenidos de CESAVE – SIAFESON. 2022

Desde hace algunas décadas se ha documentado en la literatura que el principal limitante para el establecimiento de plantas en zonas áridas es la disponibilidad del agua (Noy-Meir, 1973). En el mismo sentido los productores ganaderos tienen en mente la precipitación. La lluvia, es el principal factor para que crezcan plantas forrajeras para el ganado (Castellanos et al., 2010), sin embargo, en este estudio queda demostrado que el suelo cubierto con ramas tuvo más producción de plantas, con la misma lluvia que el suelo desnudo. Un cambio en el microclima del suelo, mediante la protección con ramas de poda y el aporte de hojarasca hacen una diferencia, posiblemente en humedad y temperatura, además de protección contra la herbivoría, protección contra erosión de viento o agua (McAuliffe, 1986). Lo anterior indica que es factible la recuperación del suelo degradado, pasando de un "círculo vicioso" de erosión, a un "círculo virtuoso" donde más plantas se establecen, a través de la cubierta del suelo con ramas (Abella et al., 2015). Las prácticas complementarias que lleven a tener ramas o mantillo protegiendo el suelo, por ejemplo, el descanso y el pastoreo racional, ayuden a que la recuperación de terrenos degradados continúe por más años (Blaikie y Brookfield, 2015).

Una solución a muchos problemas puede estar en estrategias de bajo costo, utilizando los principios que rigen la naturaleza y la biodiversidad de plantas (Celaya-Michel et al., 2020). Es por ello que en ese estudio se intentó convertir un problema, cómo son las ramas de poda, en una oportunidad, para buscar que el suelo inicie su proceso de recuperación; esto puede tener implicaciones muy importantes para captura de carbono, infiltración de agua y establecimiento de nuevas plantas, en suelo de uso agrícola o ganadero que se encuentren degradados.

Conclusiones

La adición de ramas de poda de árboles nativos en suelos degradados áridos de la costa de Hermosillo, favorece el establecimiento de un mayor número de plantas por metro cuadrado, tanto en las épocas de lluvia de verano como de invierno. La adición de ramas a suelo degradado facilita la colonización de una mayor diversidad de especies de plantas estacionalmente. El uso de ramas para cubrir los suelos puede utilizarse como una alternativa económica para iniciar la recuperación de suelos degradados en zonas áridas. Es necesario continuar con más estudios a mediano y largo plazo, sobre diferentes estrategias de uso de material vegetal en suelos degradados áridos del noroeste de México que ayuden a su recuperación.

Referencias

Abella, S. R., O'Brien, K. L., Weesner, M. W. (2015). Revegetating Disturbance in National Parks: Reestablishing Native Plants in Saguaro National Park, Sonoran Desert. *Natural Areas Journal*, 35(1), 18-25.

Blaikie P., y Brookfield H. (2015). Land degradation and society. Routledge. New York. 296p.

Bowers J. E., Turner R. M., Burgess T. L. (2004). Temporal and spatial patterns in emergence and early survival of perennial plants in the Sonoran Desert. *Plant Ecology* 172: 107–119.

Castellanos A. E., Bravo P. L. C., Koch W. G., Llano J., López D., Méndez R., Rodríguez J. C., Romo R., Sisk D. T., Yanes A. G. (2010). Impactos ecológicos por el uso del terreno en el funcionamiento de ecosistemas áridos y semiáridos. In: Molina-Freaner, F. E., y T. R. Van Devender (eds). Diversidad Biológica de Sonora. UNAM, México pp: 157-186.

Celaya-Michel H., Hinojo-Hinojo C., Celaya-Rosas M., Valdez-Zamudio D., Rueda Puente E. O. (2020). Plantas nativas más comunes de las zonas áridas de Sonora. Universidad de Sonora. Colección de Textos académicos. Hermosillo Sonora. 255 p.

CESAVE – SIAFESON. (2022). Red de Estaciones Meteorológicas Automáticas de Sonora Recuperado el 23 de febrero de 2023, de www.siafeson.com/remas.

CONAFOR. (2010). Prácticas de Reforestación: Manual Básico. Comisión Nacional Forestal, Zapopan, Jalisco, México. 62p.

Dorado O. y Arias D. (2018). Reforestar o restaurar para la recuperación ambiental. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos, 3: 34-38.

García, J. F. (2011). Can environmental variation affect seedling survival of plants in northeastern Mexico? *Archives of Biological Sciences*, 63(3), 731-737.

Hassan R., Scholes R., Ash N. (2005). Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends, Volume 1. Island Press, Washington, DC. 917p.

INEGI. (2014). Anuario estadístico y geográfico de Sonora 2014. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. 611p.

Léger, A. (2020). Mulch and Compost for Restoration of Soil Health in a Semi-Arid Rangeland (Doctoral dissertation, The University of Arizona).

McAuliffe J. R. (1986). Herbivore-limited establishment of a Sonoran Desert tree, *Cerciduium Microphyllum*. *Ecology* 67: 276–280.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Bromus tectorum ecosystems and human Well-Being: Desertification Synthesis. World Resources Institute, Washington, D.C. 155p.

Molina, M., Sarukhán, J., y Carabias, J. (2017). El cambio climático: causas, efectos y soluciones. Fondo de Cultura Económica.

Noy-Meir, I. (1973). Desert ecosystems: environment and producers. *Annual Review in Ecology and Systematics* 4: 23–51.

Reynolds J. F., y Stafford Smith D. M. (2002). Do humans cause deserts? In: Reynolds JF, Stafford Smith DM (Eds.). Global desertification: Do humans cause deserts? Dahlem Workshop Report 88. Dahlem University Press, Berlin. pp: 1-21.

SAS. (2000). SAS statistical software. Version 5. SAS Institute. Cary, NC, USA. 254p.

Shreve, F., y Wiggins, I. L. (1964). Vegetation and flora of the Sonoran Desert (Vol. 591). Stanford University Press.

Sosa-Castañeda, J., Montiel-González, C., Hinojo-Hinojo, C., Barrera-Silva, M. Á., López-Robles, G., Osuna-Chávez, R. F., Ibarra-Zazueta, C. y Celaya-Michel, H. (2019). Protección contra herbivoría en reforestación de terreno árido degradado, con palo verde (*Parkinsonia microphylla* Torr.). *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(18), 549-556.

Tewksbury, J. J. y J. D. Lloyd. (2001). Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127(3): 425-434. doi.org/10.1007/s004420000614.

Turner R. M., Bowers J. E., y Burgess T. L. (1995). Sonoran desert plants: An ecological atlas. The University of Arizona Press, Tucson, AZ. USA, 511p.

Turner K. G., Anderson S., Gonzales-Chang M., Costanza R., Courville S., Dalgaard T., et al. (2016). A review of methods, data, and models to assess changes in the value of ecosystem services from land degradation and restoration. *Ecological Modelling* 319: 190-207.

UNCCD. (1994). Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. A/AC, 241/27. 58p.

Velázquez, C. J. (1997). Importancia y valor nutricional de las especies forrajeras de Sonora. Editorial UniSon. Hermosillo, México. 36p.

Whitford, W. G. (2002). Ecology of Desert Ecosystems. Elsevier Science Ltd. London, UK; San Diego, CA. 343p.

WRB IWG. (2015). World reference base for soil resources 2014, update 2015. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome. 192p.