



Polibotanica

ISSN: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO REHABILITADO CON RODILLO AIREADOR, COAHUILA, MÉXICO

THE STRUCTURE AND DIVERSITY OF A ROSETOPHYLLOUS DESERT SCRUBLAND REHABILITATED WITH AEREATOR ROLLER

Medina-Guillén, R.; I. Cantú-Silva, E. Estrada-Castillón, H. González-Rodríguez, y J.A. Delgadillo-Villalobos

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO
REHABILITADO CON RODILLO AIREADOR, COAHUILA, MÉXICO

THE STRUCTURE AND DIVERSITY OF A ROSETOPHYLLOUS DESERT SCRUBLAND
REHABILITATED WITH AEREATOR ROLLER, COAHUILA, MÉXICO

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL DESÉRTICO ROSETÓFILO
REHABILITADO CON RODILLO AIREADOR, COAHUILA, MÉXICO

THE STRUCTURE AND DIVERSITY OF A ROSETOPHYLLOUS DESERT SCRUBLAND
REHABILITATED WITH AEREATOR ROLLER, COAHUILA, MEXICO

Medina-Guillén, R.; I. Cantú-Silva, E. Estrada-Castillón, H. González-Rodríguez, y J.A. Delgadillo-Villalobos

ESTRUCTURA Y
DIVERSIDAD DEL
MATORRAL DESÉRTICO
ROSETÓFILO
REHABILITADO CON
RODILLO AIREADOR,
COAHUILA, MÉXICO

THE STRUCTURE AND
DIVERSITY OF A
ROSETOPHYLLOUS
DESERT SCRUBLAND
REHABILITATED WITH
AEREATOR ROLLER,
COAHUILA, MÉXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 44: 95-107. Julio 2017

DOI:

10.18387/polibotanica.44.7

R. Medina-Guillén

I. Cantú-Silva/icantu59@gmail.com

E. Estrada-Castillón

H. González-Rodríguez

Universidad Autónoma de Nuevo León

Facultad de Ciencias Forestales. Carr. Nac. Núm. 85, km 145

Linares 67700, Nuevo León, México.

J.A. Delgadillo-Villalobos

Cemex-Naturaleza Sin Fronteras, A.C., Proyecto El Carmen,

Av. Constitución 444 Pte. Col. Centro, CP 64000, Monterrey, N.L., México.

RESUMEN: Se evaluaron los cambios generados en la estructura y diversidad de la vegetación del matorral desértico rosetófilo aplicando técnicas de rehabilitación de hábitat con el rodillo aireador en los años 2004, 2008 y 2011 y un área incendiada naturalmente. En cinco tratamientos: testigo (MDRt), rodillo aireador aplicado en 2004 (RA04), 2008 (RA08), 2011 (RA11) y área incendiada 2011 (IN11) se evaluó la diversidad y la similitud entre sitios con los índices de Shannon y Sørensen. Se realizaron pruebas de diversidad de t y se determinó el índice de valor de importancia de las especies (IVI). Se registraron 21 especies arbóreas y arbustivas pertenecientes a 11 familias, destacando: Cactaceae, Fabaceae y Asteraceae. El índice de Shannon mostró que el tratamiento IN11 presentó una mayor riqueza ($H' = 1.903$), mientras que el tratamiento RA11 presentó el menor índice ($H' = 1.30$). De acuerdo con el índice de Sørensen, la mayor similitud fue entre los tratamientos IN11 y MDRt con 0.75 y los más disímiles fueron RA04 y MDRt con 0.38. La prueba de Kruskal-Wallis mostró que no hay diferencia significativa entre los tratamientos respecto al IVI ($p = 0.859$). El tratamiento de rodillo aireador incrementó a corto plazo la riqueza de especies y disminuyó substancialmente la cobertura de especies de la familia Cactaceae e incrementó la cobertura de *Larrea tridentata*. Contrastando el tratamiento de fuego que disminuyó substancialmente la cobertura de *Larrea tridentata* y fomentó la presencia y cobertura de especies de la familia Fabaceae.

Palabras clave: rodillo aireador, matorral rosetófilo, incendio, índice de Shannon, pruebas de t , diversidad vegetal, estructura de la vegetación.

ABSTRACT: We assessed the changes generated in the structure and diversity of rosetophyllous desert scrubland vegetation applying habitat rehabilitation techniques with aerator roller in the years 2004, 2008 and 2011 and an area burned naturally. In 5 treatments: control (MDRt), aerator roller applied in 2004 (RA04), 2008 (RA08), 2011 (RA11) and burned area 2011 (IN11) diversity and similarity were evaluated among sites using the Shannon and Sørensen index. t diversity tests were conducted and importance value index of species (IVI) was determined. 21 tree and shrub species belonging to 11 families were recorded, highlighting: Cactaceae, Fabaceae and Asteraceae. Shannon index showed that the treatment IN11 presented higher richness

($H' = 1.903$), while RA11 treatment had the lowest index ($H' = 1.30$). According to Sørensen index the highest similarity was between the IN11 and MDRt treatments with 0.75 and the most dissimilar was between MDRt and RA04 with 0.38. Kruskal-Wallis showed no significant difference between treatments respect to IVI ($p = 0.859$). The aerator roller treatment increased in short-term the species richness and substantially decreased the coverage of species of Cactaceae and increased coverage of *Larrea tridentata*. In contrast, fire treatment substantially reduced the coverage of *Larrea tridentata* and promoted the presence and coverage of species of the Fabaceae family.

Keywords: aerator roller, rosetophyllous scrubland, fire, Shannon index, t tests, plant diversity, vegetation structure.

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas de sobreexplotación de recursos y sobrepastoreo han desencadenado problemas de deforestación, erosión y disminución de la calidad y la dimensión del hábitat para las especies de fauna silvestre, así como la extinción de herbívoros nativos en el Norte de México (SEMARNAT-CONANP, 2013). Las zonas áridas y semiáridas del Norte del país están sometidas a una presión constante ya que mantienen una importante diversidad de especies de flora y fauna que son aprovechadas con fines comerciales, asimismo, la ganadería extensiva es una de las principales actividades económicas en estas zonas. Los pastizales y los matorrales xerófilos han sido sujetos a regímenes de pastoreo deficientes que sustentan poblaciones de ganado por encima de las máximas permitidas por los coeficientes de agostadero, lo que ha contribuido a la degradación y deterioro de estos ecosistemas (SAGARPA, 2001; SEMARNAT, 2005). Se considera que la degradación del suelo, pastizales y baja productividad de los matorrales que ocurre en gran parte del desierto chihuahuense, la cual inició hace 150 años está relacionada con la introducción de ganado doméstico y supresión del fuego (Hernández *et al.*, 2007; Challenger y Soberón, 2008; Padilla *et al.*, 2009; Hoth, 2012). El sobrepastoreo trae como consecuencia una afectación en la estructura y funcionamiento de las comunidades áridas y semiáridas (Czeglédi y Radácsi, 2005; Wang y Batkhisig, 2014; Amine *et al.*, 2014). Se estima que las comunidades vegetales cambian, en forma ordenada, cuando son utilizadas por una clase particular de animales. Al aumentar la presión de pastoreo las plantas más consumidas (decrecientes) disminuirán su densidad, perderán vigor y capacidad reproductiva. Al mismo tiempo otras menos preferidas y deseables (crecientes e invasoras) aumentarán su densidad provocando un cambio en la composición florística de la comunidad. Si estas condiciones se prolongan o intensifican las especies crecientes también pueden comenzar a decrecer (Álvarez *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2016). Un ejemplo claro es la invasión de mezquite (*Prosopis* spp.), gobernadora y nopales (*Opuntia* sp.) en los pastizales áridos y semiáridos (Rutheven y Krakauer, 2004). Específicamente, en las zonas áridas del norte de Coahuila se ha documentado un largo historial de uso ganadero; donde algunos sitios han sido altamente degradados y presentan cambios irreversibles (SEMARNAT-CONANP 2013). Las plantas leñosas en el ecosistema proveen alimento, cobertura, sitios de anidación y zonas de descanso a la fauna silvestre, pero también pueden impactar negativamente la accesibilidad, visibilidad y la producción de forraje (McDonald, 2012) trayendo en consecuencia una mala calidad de hábitat y efectos en las poblaciones de fauna nativa. En las planicies de la Sierra Maderas del Carmen, desde el año 2001, se llevaron a cabo diversas estrategias con el fin de mejorar la calidad del hábitat de especies silvestres dentro del matorral desértico, esto, como parte de los programas de reintroducción de berrendo (*Antilocapra americana*), borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) y recuperación de las poblaciones de venado bura (*Odocoileus hemionus*) del desierto. Las técnicas empleadas tienen como finalidad incrementar la diversidad de plantas y disminuir la cobertura de especies dominantes, mediante la aplicación de la técnica mecánica de rodillo aireador en el matorral desértico rosetófilo. El rodillo aireador es una herramienta de manejo que estimula el crecimiento de vegetación y promueve el surgimiento de semillas almacenadas en el suelo, descompacta la superficie del suelo y facilita el intercambio

gaseoso y el flujo de nutrientes, incrementando la capacidad de retención de agua y establecimiento de pastos y herbáceas (Berlanga *et al.*, 2009; Granados, 2009; Ranglack y Du Toit, 2015). El fuego actualmente está siendo utilizada como herramienta de mejoramiento de hábitats (Castillo *et al.*, 2010; Arkle *et al.*, 2014), sin embargo, sus efectos sobre la biodiversidad han sido poco estudiados en México (CONANP, 2011). El objetivo de este estudio consistió en evaluar los cambios generados en la estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo debido a la aplicación de técnicas de restauración: rodillo aireador e incendio natural ocurridos en diversos periodos. Asimismo, las hipótesis planteadas fueron: 1) el rodillo aireador incrementa la composición florística del matorral desértico rosetófilo; y 2) el incendio disminuye substancialmente la estructura y composición florística del matorral desértico rosetófilo.

MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA) denominada “Pilares”, ubicada en la zona desértica de la Sierra Maderas del Carmen, en la región norte del estado de Coahuila (fig. 1).

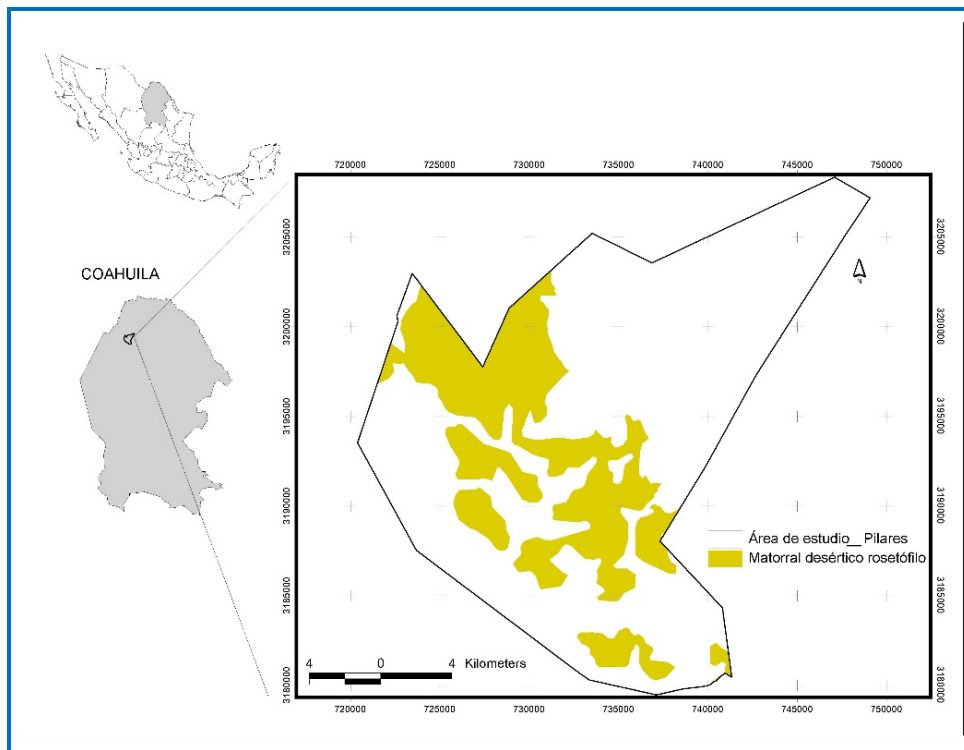


Fig. 1. Localización del área de estudio (Sierra Maderas del Carmen, “Pilares”).

El sitio se localiza entre las coordenadas de 29°22.45' a 28°42.21' N y de 102°56.23' a 102°21.08' W; a una altitud promedio de 1,182 m. La precipitación promedio anual es de 237.4 mm y la temperatura promedio anual de 21.5°C. Los suelos predominantes son castañozems cálcicos, rendzinas, vertisoles crómicos, litosoles y regosoles calcáricos (INEGI, 2005). Los tipos de vegetación presentes son: bosques de encino (*Quercus* spp.), pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies* spp.); matorral submontano, zacatal y matorral desértico chihuahuense, que incluye los matorrales micrófilo y rosetófilo, comunidades gipsófilas y halófilas (SEMARNAT-CONANP, 2013). Las parcelas experimentales se ubicaron en el matorral desértico rosetófilo, con una extensión de 15 964 ha dentro del área (INEGI, 2014), donde destacan especies como

Agave lechuguilla, *Dasyllirion leiophyllum*, *Hechtia glomerata*, *Yucca torreyi*, *Euphorbia antisyphilitica*, *Opuntia leptocaulis*, *Opuntia* spp., *Echinocereus enneacanthus*, *Echinocactus platyacanthus*, *Ferocactus pringlei*, *Karwinskia humboldtiana*, *Parthenium incanum*, *Leucophyllum minus*, *Larrea tridentata* y *Viguiera stenoloba* (Muldavin *et al.*, 2014).

En las prácticas de mejoramiento del hábitat para la vida silvestre se utiliza un rodillo aireador del tipo “Lawson aerator”, de un peso de 11 toneladas, el cual es ensamblado y tirado por un tractor. El rodillo presenta cuchillas de aproximadamente 15 cm de largo, la función de éstas es desquebrajar las plantas leñosas y perforar el suelo para su descompactación. En todas las áreas tratadas (2004, 2008 y 2011) el rodillo aireador fue implementado en los meses previos a la temporada de las lluvias de verano, durante junio y julio de los años mencionados. En la primavera de 2014 se seleccionaron y muestrearon cinco tratamientos en las áreas bajo manejo de hábitat dentro del matorral desértico rosetófilo, los tratamientos fueron clasificados de la manera siguiente: 1) tratamiento testigo del matorral desértico rosetófilo (MDRt), 2) Rodillo aireador aplicado en 2004 (RA04), 3) rodillo aireador aplicado en 2008 (RA08), 4) rodillo aireador aplicado en 2011 (RA11) y 5) área incendiada en 2011 denominado tratamiento IN11; esta última fue producto de los incendios forestales que se presentaron en Coahuila en la primavera del 2011 (CONAFOR, 2011). El área en estudio comprende una superficie aproximada de 1 389 ha de matorral desértico rosetófilo afectadas por el fenómeno del fuego, actualmente está libre de ganado doméstico desde hace 16 años, utilizada únicamente por la fauna silvestre nativa. Dentro de cada tratamiento, se georeferenciaron al azar seis parcelas (10 m x 10 m) para determinar la estructura y diversidad de las especies.

Dentro de las seis parcelas de cada tratamiento se identificaron todas las especies a nivel taxonómico, se midió la cobertura de copa en todos los individuos arbóreos y arbustivos para cuantificar la cobertura; porque la mayoría de los taxa son arbustos con gran cantidad de tallos y diámetros de la raíz menores a 10 cm (Domínguez-Gómez *et al.*, 2013). En cada parcela se cuantificó la densidad por especie vegetal, en los bordes se consideró que al menos el 50% de la estructura del individuo muestreado estuviera dentro de la parcela.

Para evaluar la diversidad, se utilizó el índice de diversidad de Shannon estandarizado (e) (Magurran, 2004; Saether *et al.*, 2013). Este índice describe lo diverso que puede ser un lugar, pues considera el número de especies (riqueza) e individuos de cada una (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Para determinar la existencia de diferencias significativas de diversidad entre tratamientos, se realizaron pruebas pareadas utilizando la prueba de *t* de Hutchenson (Hutchenson, 1970; Brower *et al.*, 1998). Para calcular la similitud entre los tratamientos se empleó el índice de similitud de Sørensen (Magurran, 2004), el cual relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios. Se estimaron los indicadores ecológicos: densidad relativa (A), cobertura relativa (D) y frecuencia relativa (F), con estos tres valores, se calculó el índice de valor de importancia (IVI) para determinar la importancia de las especies en la composición florística de cada tratamiento (Magurran, 2004).

Análisis estadístico

Para el cálculo de los índices de diversidad de Shannon estandarizado (e) y el de Sørensen se utilizó el programa MultiVariate Statistical Package (MVPS) 3.1 (KCS, 2007). Para determinar la diversidad de la prueba de *t* de Hutchenson, se utilizó el programa Past 3.2 (Hammer *et al.*, 2001).

Para detectar diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al IVI se utilizó el programa estadístico Statistix 8.1 (Analytical Software, 2003). Para probar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas de la variable índice de valor de importancia (IVI), los datos se sometieron a pruebas estadísticas de Shapiro-Wilk (Steel y Torrie, 1980). Los resultados demostraron que la mayoría de los datos no se distribuyeron normalmente, por lo que se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar las diferencias significativas entre tratamientos (Ott, 1993).

RESULTADOS

Se registraron 21 especies arbóreas y arbustivas pertenecientes a 20 géneros y 11 familias. Las familias con mayor presencia fueron Cactaceae (5), Fabaceae (3), y Asteraceae (3). Las familias Zygophyllaceae y Rhamnaceae están representadas con dos especies cada una. Las familias: Agavaceae, Euphorbiaceae, Ephedraceae, Koeberliniaceae y Scrophulariaceae están representadas por una especie (cuadro 1).

Cuadro 1. Familias y especies registradas en el matorral desértico rosetófilo en el área de estudio.

Familia	Especie
Agavaceae	<i>Agave lechuguilla</i> Torr. <i>Dasyilirion leiophyllum</i> Hook.
Asteraceae	<i>Viguiera stenoloba</i> S. F. Blake <i>Flourensia cernua</i> DC <i>Parthenium incanum</i> Kunth
Cactaceae	<i>Mammillaria heyderi</i> Muehlenpf. <i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm. <i>Echinocereus viridiflorus</i> Engelm. <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm. <i>Cylindropuntia leptocaulis</i> Engelm.
Ephedraceae	<i>Ephedra antisiphilitica</i> Berland. ex C. A. Mey.
Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Cerv.
Fabaceae	<i>Acacia greggii</i> A. Gray <i>Prosopis glandulosa</i> Torr. <i>Acacia constricta</i> A. Gray
Koeberliniaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.
Rhamnaceae	<i>Condalia spathulata</i> A. Gray <i>Zizipus obtusifolia</i> Tourn ex L.
Scrophulariaceae	<i>Leucophyllum frutescens</i> (Berl.) I. M. Johnst.
Zygophyllaceae	<i>Guaiacum angustifolium</i> Engelm. <i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville

De los cinco tratamientos evaluados, MDRt, RA08, e IN11 presentaron la misma riqueza con 12 especies cada uno, mientras que RA04 y RA11 presentaron 9 y 8 especies, respectivamente. En MDRt la densidad relativa se concentra en dos especies, *Agave lechuguilla* (46.7%) y *Dasyilirion leiophyllum* (29.2%). El tratamiento RA04 concentró su densidad en tres especies: *Larrea tridentata* (33.1%), *Opuntia engelmannii* (24.2%) y *Parthenium incanum* (20.8%), mientras que en el RA08 sobresalieron dos especies con respecto a su densidad, *Agave lechuguilla* (42%) y *Jatropha dioica* (35%). El tratamiento RA11 concentró su densidad en dos especies, *Parthenium incanum* (54.7%) y *Larrea tridentata* (25%), al igual que el anterior, en el tratamiento IN11, dos especies sobresalieron por su densidad relativa, *Viguiera stenoloba* (38.2%) y *Jatropha dioica* (20.1%).

En los cinco tratamientos, el índice de diversidad de Shannon (cuadro 2) se comportó de manera diferente. En IN11 se registró el valor de diversidad más alto (1.9) con respecto al

testigo, que presentó un valor de 1.49. Asimismo, el tratamiento RA04 presentó un valor de diversidad mayor (1.66) que el testigo, mientras que los tratamientos RA11 y RA08 mostraron valores menores al testigo 1.30 y 1.39, respectivamente.

Cuadro 2. Índice de Shannon de cada tratamiento.

Tratamiento	MDRt	RA04	RA08	RA11	IN11
Índice de Shannon	1.491	1.662	1.398	1.305	1.903
Número de especies	12	9	12	8	12

MDRt = Testigo, RA04 = Rodillo aireador 2004, RA08 = Rodillo aireador 2008, RA11 = Rodillo aireador 2011 e IN11= área de Incendio natural 2011.

La Prueba de *t* de Hutchenson (cuadro 3) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) en seis de las diez comparaciones realizadas entre los tratamientos; los tratamientos que no mostraron diferencias significativas fueron: el MDRt – RA08 ($t = 1.2002$), MDRt – RA11 ($t = 1.7262$), RA08 – RA11 ($t = 0.88833$) y RA11 – IN11 ($t = 1.3045$). La mayor diferencia se presentó en los tratamientos RA08 – IN11 ($t = -5.14$), la cual se puede atribuir a los cambios provocados por el incendio en el área; el tratamiento IN11 presentó diferencias con todos los tratamientos a excepción del RA11 este resultado puede deberse a que ambos tienen el mismo periodo de tiempo establecido; por lo cual la diversidad tiende a ser similar.

Cuadro 3. Resultados de prueba de *t* de Hutchenson para comparar la diversidad entre tratamientos.

	MDRt	RA04	RA08	RA11
MDRt	--			
RA04	-2.2992*	--		
RA08	1.2002	3.7536*	--	
RA11	1.7262	3.4663*	0.88833	--
IN11	-4.0761*	-2.5254*	-5.1422*	1.3045

*Significancia de $\alpha = 0.05$. El estadístico de la prueba de *t* de Hutchenson se presenta en la vertical.

El índice de Sørensen (fig. 2) mostró que los tratamientos con mayor semejanza son el IN11 y RA08 con un 0.75 de similitud, a los que se une el MDRt con una similitud de 0.70. En contraste, los tratamientos RA11 y RA04 presentaron una similitud de 0.58. Finalmente ambos grupos presentaron una similitud de 0.47.

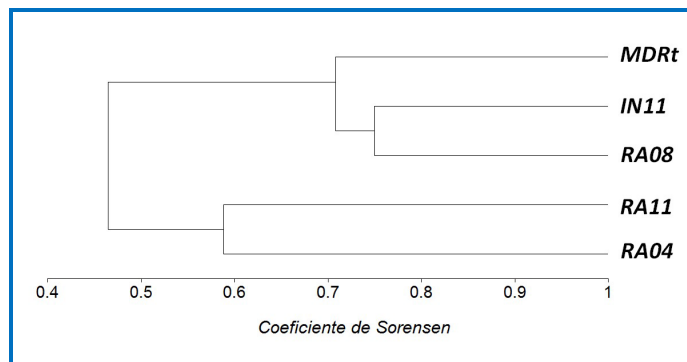


Fig. 2. Cluster de similitud para los tratamientos.

La prueba de Kruskal-Wallis no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos respecto al índice de valor de importancia ($p = 0.85$).

En el tratamiento MDRt, el índice de valor de importancia, mostró cuatro especies dominantes: *Agave lechuguilla*, *Dasyliirion leiophyllum*, *Acacia constricta* y *Opuntia engelmannii*; en el tratamiento RA04 cuatro especies dominaron: *Larrea tridentata*, *Opuntia engelmannii*, *Parthenium incanum* y *Flourensia cernua*. En el tratamiento RA08, dominaron cuatro especies: *Agave lechuguilla*, *Jatropha dioica*, *Acacia constricta* y *Viguiera stenoloba*. En el tratamiento RA11, sobresalieron tres especies: *Parthenium incanum*, *Larrea tridentata* y *Acacia constricta*. Finalmente, en el tratamiento IN11 destacan las especies: *Viguiera stenoloba*, *Jatropha dioica*, *Acacia constricta*, *Prosopis glandulosa* y *Agave lechuguilla*.

DISCUSIÓN

La composición florística del matorral desértico rosetófilo de los cinco tratamientos fue menor a la registrada en otros estudios en este tipo de vegetación (Encina-Domínguez *et al.*, 2013; Mata *et al.*, 2014; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2015), sin embargo, los datos coinciden con respecto a las familias mejor representadas como Cactaceae y Fabaceae, las cuales son asociadas a comunidades de matorrales desérticos del norte de México (Estrada-Castillón *et al.*, 2005; González-Rodríguez *et al.*, 2010) debido a sus bajos requerimientos de agua y materia orgánica (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2008; Calle-Díaz y Murgueitio, 2008; Amaya-Robles, 2009). La baja riqueza de especies en los tratamientos se podría atribuir al efecto del sobrepastoreo al que fue sometida el área antes de 1998 año en que se protegió la zona, lo cual influye en la estructura de la vegetación y diversidad de especies (Alvarez *et al.*, 2012; Arkle *et al.*, 2014, Al-Rowaily *et al.*, 2015). Esta actividad provoca que las plantas palatables disminuyan y las menos deseables aumenten su densidad provocando un cambio en la composición florística de la comunidad, así como el deterioro en la misma (Macharia y Ekaya 2005; Fulbright y Ortega, 2007).

Con respecto al testigo, el tratamiento RA11 presentó menor diversidad (1.305) y cobertura vegetal (> 10%) debido al efecto que tiene el rodillo aireador en las primeras etapas de aplicación, ya que tiende a disminuir considerablemente la cobertura de las especies leñosas con respecto a las áreas testigo, sin embargo, en los años posteriores, la cobertura de éstas especies nuevamente empieza a incrementarse gradualmente hasta 86 % (Rutheven y Krakauer 2004; Ayala *et al.*, 2009), lo cual concuerda con los resultados de este estudio, donde los tratamientos con más de seis años (RA04 y RA08) presentaron un incremento importante en sus coberturas (75% y 45%, respectivamente), lo cual muestra la capacidad de las especies leñosas de recuperarse ya que tienden a rebrotar en un tiempo determinado (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010).

En contraste con el tratamiento RA11, el área con incendio natural de ese mismo año (IN11) presentó un índice de diversidad alto (1.9), con una baja cobertura (19%), teniendo un efecto similar en éste último parámetro tanto el fuego como el rodillo. Sin embargo, el incendio presentó una mayor diversidad, ya que mejoró la combinación de características de densidad, frecuencia y cobertura (Basáñez *et al.*, 2008). Esta misma respuesta ha sido documentada en otros estudios donde se han registrado coberturas de 24% y 46% en áreas tratadas con fuego en el primer año (Rutheven y Krakauer, 2004). En otros estudios no se han encontrado diferencias significativas en relación con su diversidad y abundancia, pero sí se ha modificado la presencia de especies más abundantes, la densidad y área de copa (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010). Estos resultados demuestran la alteración por parte del fuego de la estructura de la comunidad de plantas (Smit *et al.*, 2010; Bodi *et al.*, 2012; Horn, 2013; Miller *et al.*, 2013).

El índice de Sørensen reveló una semejanza importante entre los tratamientos MDRt y IN11 ya que la mayoría de las especies se repiten en ambos sitios, esto muestra la adaptación de los matorrales desérticos al fuego, donde *Acacia constricta*, y *Opuntia engelmannii* tienden a

rebrotar en un periodo de tiempo de un año (Steers y Allen, 2011). En contraste, el tratamiento RA04 presentó el menor grado de semejanza mostrando una diferencia de especies importante entre tratamientos. Esto podría estar relacionado a las perturbaciones previas de los sitios, debido a que algunas especies más tolerantes suelen establecerse y hacerse dominantes en áreas sobrepastoreadas y con supresión de fuego (Van, 2000; Kupfer y Miller, 2005; Al-Rowaily *et al.*, 2015).

De acuerdo con el valor de importancia de las especies, la cobertura de especies en el tratamiento testigo (MDRt), *Agave lechuguilla* y *Dasyllirion leiophyllum* demuestra que el matorral desértico rosetófilo mantiene características típicas de este tipo de vegetación (Sánchez-Granados *et al.*, 2011; Encina-Domínguez *et al.*, 2013; Mata *et al.*, 2014; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2015), pero los signos del sobrepastoreo son evidentes de acuerdo con la riqueza y diversidad de especies. La cobertura de *Larrea tridentata* y *Opuntia engelmannii* en los tratamientos con mayor tiempo de establecimiento (RA04) muestra evidencia de que la técnica estimuló la presencia de especies colonizadoras como *Larrea tridentata*, la cual, por ausencia de especies herbáceas, producto del sobrepastoreo y ausencia de fuego, se ha expandido en su distribución, siendo dominante dentro de los matorrales e invadiendo pastizales naturales (Báez y Collins, 2008). Asimismo, se ha demostrado que en el caso de *Opuntia engelmannii*, el uso de tratamientos mecánicos puede incrementar su densidad en matorrales desérticos (Ayala *et al.*, 2014; Medina *et al.*, 2016). Por ejemplo, en áreas de matorral tratadas mecánicamente en Texas, se dio una tendencia de cambio de un tipo de vegetación dominante con arbustos a otro tipo, con nopaleras densas (USDA, 2014). Los nopales son importantes para la fauna silvestre, sin embargo, en altas densidades degradan el hábitat reduciendo la diversidad de flora y fauna (USDA, 2014). Los buenos resultados en la manipulación del hábitat en zonas áridas y semiáridas están relacionados con variables de temperatura y precipitación, así como al historial de uso del terreno (Fuhlendorf *et al.*, 2001).

A pesar de las variantes en la cobertura de especies entre sitios, el valor de importancia no mostró diferencia significativa entre tratamientos, indicando que no existe una variación importante en la composición florística de las áreas ni en estructura. Estos resultados ponen en duda los beneficios a largo plazo de la técnica mecánica del rodillo aireador en las zonas semiáridas del desierto chihuahuense. La propiedad de las especies del matorral desértico rosetófilo de recuperar sus características en plazos relativamente cortos hace necesario repetir el tratamiento de las áreas cada tres o cinco años si se desea mantener la cobertura en un nivel deseable (Medina *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Los tratamientos mecánicos e incendio natural tuvieron diferencias con respecto a la diversidad y riqueza de especies en más de la mitad de los tratamientos, deduciendo que el rodillo aireador y el fuego aportan beneficios en el mejoramiento del hábitat de la fauna silvestre, estimulando el crecimiento y desarrollo de otras especies vegetales a corto plazo. El incendio natural tuvo una respuesta positiva mayor al tratamiento de rodillo aplicado ese mismo año con respecto a la diversidad de especies, éste estimuló la presencia de herbáceas y disminución de especies dominantes como *Agave lechuguilla* y *Larrea tridentata*, ambas, poco tolerantes al fuego; dependiendo de los objetivos de manejo y si se pretende disminuir la cobertura de éstas especies, el uso de fuego es la mejor opción. Con respecto al análisis de cobertura a corto plazo, ambos tratamientos tuvieron un efecto positivo similar, al disminuir la cobertura de especies leñosas comunes en este tipo de matorral como *Prosopis glandulosa*, *Acacia constricta*, *Zizipus obtusifolia*, *Agave lechuguilla* y *Opuntia engelmannii*, sin embargo, estas especies tienden a recuperar su estado en un periodo no mayor a cinco años, incluso pueden convertirse en dominantes. Si los objetivos del mejoramiento del hábitat es mantener una baja cobertura y dominancia de especies leñosas y estimular el crecimiento de herbáceas, el fuego aplicado en forma prescrita podría ser una mejor alternativa, debido a que cumple con los mismos objetivos

que el rodillo aireador con respecto a la disminución de la cobertura, incremento de la biodiversidad, promoción de la regeneración, y eliminación de especies con baja tolerancia al fuego. Comparado con las técnicas mecánicas, el manejo del fuego tiene un costo menor y puede ser aplicado en mayor superficie en menor tiempo con resultados similares al rodillo en ecosistemas semiáridos como el matorral desértico rosetófilo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Universidad Autónoma de Nuevo León y a CEMEX-Naturaleza Sin Fronteras, A. C. y al doctor Alejandro Espinosa Treviño, Gerente de Conservación del Proyecto El Carmen, por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- Al-Rowaily S.L.; M I. El-Bana, D.A. Al-Bakre, A.M. Assaeed, A.K. Hegazy, y M.B. Ali, 2015. "Effects of open grazing and livestock exclusion on floristic composition and diversity in natural ecosystem of Western Saudi Arabia". *Saudi Journal of Biological Sciences*, **22**: 430-437.
- Alanís-Rodríguez, E.; J. Jiménez-Pérez, O. Aguirre-Calderón., E. J. Treviño-Garza., E. Jurado-Ybarra., y M.A. González-Tagle, 2008. "Efecto del uso de suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco". *Ciencia UANL*, **11**: 56-62.
- Alanís-Rodríguez E.; O. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez, M. Pando-Moreno, E. J. Treviño-Garza, R. Aranda-Ramos, y P. Canizales-Velázquez, 2010. "Efecto de la severidad del fuego sobre la regeneración asexual de especies leñosas de un ecosistema mixto (*Pinus-Quercus*) en el parque ecológico Chipinque, México". *Interciencia*, **35**: 690-695.
- Alanís-Rodríguez, E.; A. Mora-Olivo, J. Jiménez-Pérez, M.A. González-Tagle, J.I. Yereña-Yamallel, J.G. Martínez-Ávalos, y L.E. González-Rodríguez, 2015. "Composición y diversidad del matorral desértico rosetófilo en dos tipos de suelo en el noreste de México". *Acta Botánica Mexicana*, **110**: 105-117.
- Álvarez L.J.; H.E. Epstein, J. Li, y G. S. Okin, 2012. "Aeolian process effects on vegetation communities in an arid grasslands ecosystem". *Ecol. Evol.*, **2**(4): 809-821.
- Amaya-Robles, J., 2009. *El cultivo de la tuna Opuntia ficus indica*. Trujillo, Perú. Gerencia Regional Agraria La Libertad. 18 pp.
- Amine, H.B.; G. Raphael, y H. Okkacha, 2014. "Impact of over grazing on vegetation and physic chemical characters of soil steppiques in western Algerian". *International Journal of Basic and Applied Sciences*, **3**(3): 328-334.
- Analytical Software, 2003. "Statistix 8. User's Manual". Copyright 1985-2003. ISBN: 1-881789-06-3. 396 pp.
- Arkle, R.S.; D.S. Pilliod, S.E. Hanser, M.L. Brooks, J.C. Chambers, J.B. Grace, K.C. Knutson, D.A. Pyke, J.L. Welty, y T.A. Wirth, 2014. "Quantifying restoration effectiveness using multi-scale habitat models: implications for sage-grouse in the Great Basin". *Ecosphere*, **5**(3): 1-32.
- Ayala, F.A.; F.G. Denogean B., S. Moreno, A. Durán, B. Martínez, L. Barrera, y E. Gerlach, 2014. "Rehabilitación y Mejoramiento de Hábitat para la Fauna Silvestre". *INVURNUS*, **9**(2): 18-22.
- Báez, S., y S. Collins, 2008. "Shrub invasion decreases diversity and alters community stability in northern Chihuahuan Desert plant communities". *PLoS ONE*, **3**(6): 1-8.
- Basáñez, J.A.; L. Alanís, y E. Badillo, 2008. "Composición florística y estructura arbórea de la selva mediana subperennifolia del ejido 'El Remolino', Papantla, Veracruz". *Avances de Investigación Agropecuaria*, **12**(2): 3-21.
- Berlanga, R.; L. Beltrán, O. Martínez, R. Hernández, y E. Torres, 2009. "Rehabilitación de pastizales en el Norte de Coahuila con el uso de Rodillo aireador". VI *Simposio*

- Internacional de Pastizales*. Universidad Autónoma de Nuevo León-Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, N.L. s/p.
- Bodi, M.B.; A. Cerda, J. Mataix-Solera, y S.H. Doerr, 2012. "A review of fire effects on vegetation and soil in the Mediterranean Basin". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, **58**: 439-441.
- Brower J.E.; J.H. Zar, y C.N. Von Ende, 1998. *Field and laboratory methods for general ecology*. McGraw-Hill. Boston, MA, USA. 273 pp.
- Calle-Díaz Z., y E. Murgueitio, 2008. *El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña*. Ganadería y Ambiente. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV. 54-63 pp.
- Castillo, J., A. Di Giacomo, y G. Marino, 2010. *Quemas controladas en pastizales. Una herramienta para el manejo de pastizales con fines productivos y conservacionistas*. Argentina: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación. 20 pp.
- Challenger, A., y J. Soberón, 2008. "Los Ecosistemas Terrestres". *Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO. **1**: 87-108.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2011. *Estrategia y Lineamientos de Manejo de Fuego en Áreas Naturales Protegidas*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 36 pp.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2011. Coordinación General de Conservación y Restauración. *Incendios Forestales 2011*. 20 Mayo 2011. www.conafor.gob.mx. 53 pp.
- Czeglédi L., y A. Radácsi, 2005. "Overutilization of pastures by livestock." *Gyepgazdálkodási Közlemények*, **3**: 29-35.
- Domínguez-Gómez, T.G.; González-Rodríguez, H., Estrada-Castillón, E., Cantú-Silva, I., y Gómez-Meza, M.V., 2013. "Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas secas y húmedas". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, **4**(17): 106-123.
- Encina-Domínguez, J.A.; J.A. Meave, y A. Zárate-Lupercio, 2013. "Structure and woody species diversity of the *Dasyllirion cedrosanum* (Nolinaceae) rosette scrub of central and southern Coahuila State, Mexico". *Botanical Sciences*, **91**(3): 335-347.
- Estrada-Castillón, E.; J.A. Villarreal-Quintanilla, y E. Jurado, 2005. "Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México". *Acta Botánica Mexicana*, **73**: 1-18.
- Fuhlendorf, S.D.; D.D. Briske, y F.E. Smeins, 2001. "Herbaceous community structure in a semi-arid savanna: the relative contribution of grazing and climatic variability". *Appl. Veg. Sci.*, **4**: 177-188.
- Fulbright, T.E., y J. Ortega, 2007. *Ecología y Manejo de Venado Cola Blanca*. Kingsville, Texas. 265 pp. Texas & AM University-Kingsville.
- González-Rodríguez, H.; R. Ramírez-Lozano, I. Cantú-Silva, M. Gómez-Meza, y J. Uvalle-Sauceda, 2010. "Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León". *Polibotánica*, **29**: 91-106.
- Granados, E., 2009. *Rodillo Aereador*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. México, DF, 1-8 pp.
- Hammer, Ø.; D.A.T. Harper, y P.D. Rayan, 2001. PAST: "Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis". *Paleontología Electrónica*, **4**(1): 1- 9.
- Hernández, J.; R. Chávez, y M. Sánchez, 2007. "Diversidad y estrategias para la conservación de cactáceas en el semidesierto Queretano". CONABIO. *Biodiversitas*, **70**: 6-9.
- Horn, K.J., 2013. *Factors Underlying Invasive Grass Fire Regimes in the Mojave Desert and its Consequences on Plant and Animal Communities*. All Theses and Dissertations. Brigham Young University. 160 pp.
- Hoth, J., 2012. *Buenas prácticas ganaderas en México/Beneficial Livestock Management Practices in Mexico*. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA). Montreal. 30 pp.
- Hutcheson, K., 1970. "A test for comparing diversities based on the Shannon formula". *Journal of Theoretical Biology*, **29**: 151-154.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI). 2005. *Cartografía SERIE III, Carta de Uso de Suelos y Vegetación Escala 1: 250 000*. Instituto Nacional de Geografía e Informática. (CD-ROM).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. (INEGI). 2014. *Conjunto de Datos vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación: escala 1:250,000. Serie V.* (Capa Unión). *WWW.INEGI.GOB.MX*. En: <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recnat/usosuelo/Default.aspx>, (Consultado el 10 de Octubre 2014).
- Kovach Computing Services (KCS). 2007. *Users' manual. Multi-Variate Statistical Package Version 3.1*. Pentraeth, Wales, United Kingdom. 1-137 pp.
- Kupfer, J.A., y J. D. Miller, 2005. "Wildlife effects and post-fire responses of an invasive mesquite population: the interactive importance of grazing and non-native herbaceous species invasion". *Journal of Biogeography*, **32**: 453-466.
- Macharia, P.N., y W.N. Ekaya, 2005. "The impact of Rangeland Condition and Trend of the Grazing Resources of a Semi-arid Environment in Kenya". *J. Hum. Ecol.*, **17**(2): 143-147.
- Magurran, A., 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell, Oxford. 215 pp.
- Mata, M.; E. Treviño, A. Valdecantos, J. Jiménez, O. Aguirre, E. Alanís, y Rahim Foroughbackhch, 2014. "Diversidad y Composición Vegetal de Matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el Noreste de México". *Revista Iberoamericana de Ciencias*, **1**(3): 1-15.
- McDonald, A., 2012. "Mechanical Brush Management in Trans-Pecos, Texas". *Proceedings of the Trans-Pecos Wildlife Conference 2012*. Sul Ross State University, Alpine, Texas. 13-16.
- Medina. G.R.; I. Cantú-Silva, E. Estrada-Castillón, H. González-Rodríguez, y J. A. Delgadillo-Villalobos, 2016. "Cambios en la vegetación del matorral desértico micrófilo en un área bajo manejo". *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, **6**(32): 37-48.
- Miller, R.F.; J.C. Chambers, D.A. Pyke, F.B. Pierson, y C.J. Williams, 2013. A review of fire effects on vegetation and soils in the Great Basin Region: response and ecological site characteristics. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-308. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 126 pp.
- Mostacedo, B., y T.S. Fredericksen, 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. BOLFOR*. Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Muldavin, E.H.; G. Harper, P. Neville, S. Wood, 2014. "A Vegetation Classification of the Sierra del Carmen, U.S.A. and México". Hoyt Cathryn, C.A., y J. Karges (eds). *Proceedings of the Sixth Symposium on the Natural Resources of Chihuahuan Desert Region*. October 14-17, 2004. Chihuahuan Desert Research Institute, Fort Davis, TX. Pp. 117-150. En: http://www.cdri.org/uploads/3/1/7/8/31783917/final_chapter_9_muldavin.pdf, (consultado el 30 de mayo, 2016).
- Ott, L., 1993. *An introduction to statistical methods and data analysis* (2nd. ed.). Boston, Massachusetts, United State America. Duxbury Press. 775 pp.
- Padilla, C.; G. Crespo, y Y. Sardiñas. 2009. "Degradación y recuperación de pastizales". *Rev. Cubana de Ciencias Agrícolas*, **43**(4): 351-354.
- Ranglack, D.H., y J.T. Du Toit, 2015. "Habitat Selection by Free-Ranging Bison in a Mixed Grazing System on Public Land". *Rangeland Ecology & Management*, **68**(4): 349-353.
- Rutheven III D. C., y K. L. Krakauer, 2004. "Vegetation response of a mezquite-mixed brush community to aeration". *Journal Range Management*, **57**: 34-40.
- Saether B.; S. Engen, y V. Grotan, 2013. "Species diversity and community similarity in fluctuating environments: parametric approaches using species abundance distributions". *Journal of Animal Ecology*, **82**: 721-738.
- Sánchez-Granados, D.; A. Sánchez-González, R. L. Granados-Victorino, y A. de la Rosa, 2011. "Ecología de la Vegetación del Desierto Chihuahuense". *Rev. Chap. Serie Cienc. For.*, vol. **XVII**, Ed. Especial: 111-130.

Recibido:
30/mayo/2016

Aceptado:
16/diciembre/2016

- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), 2001. *Programa Sectorial de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación*, 2001-2006. SAGARPA. México. 101 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT-CONANP). 2013. *Programa de Manejo de Áreas de Protección de Flora y Fauna, Maderas del Carmen*. 151 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2005. *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México: 2005*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. 192 pp.
- Smit, I.P.J.; G.P. Asner, N. Govender, T. Kennedy-Bowdoin, D.E. Knapp, J. Jacobson, 2010. "Effects of fire on woody vegetation structure in African savanna". *Ecological Applications*, **20**(7): 1865-1875.
- Steel, R., y J. Torrie, 1980. *Principles and procedures of statistics. A biometrical approach*. 2nd. ed. New York, United State America. McGraw-Hill Book Company. 632 pp.
- Steers, R.J., y E.B. Allen, 2011. "Fire Effects on Perennial Vegetation in the Western Colorado Desert, USA". *Fire Ecology*, **7**: 59-74.
- USDA, 2014. *Field Guide for Managing Prickly Pear in the Southwest*. United States Department of Agriculture. 8 pp.
- Van, A.O.W., 2000. "Shrub Invasions of North American Semiarid Grasslands". *Annual Review of Ecology and Systematics*, **31**: 197-215.
- Waldrop, T.A.; D.A. Yaussy, R.J. Phillips, T.A. Hutchinson, L. Brudnak, y R.E.J. Boerner, 2008. "Fuel reduction treatments affect stand structure of hardwood forests in Western North Carolina and Southern Ohio, USA". *Forest Ecology and Management*, **255**: 3117-3129.
- Wang, Q., y O. Batkhishig. 2014. "Impact of Overgrazing on Semiarid Ecosystem Soil Properties: A Case Study of the Eastern Hovsgol Lake Area, Mongolia". *J. Ecosys. Ecograph*, **4**(1): 1-7.
- Wang, Z.; D.A. Johnson, Y. Rong, y K. Wang, 2016. "Grazing effects on soil characteristics and vegetation of grassland in northern China". *Solid Earth*, **7**: 55-65.