



Artículo / Article

Cambios en la vegetación del matorral desértico micrófilo en un área bajo manejo

Changes in the microphyll desert scrubland vegetation in an area under management

Romelia Medina Guillén¹, Israel Cantú Silva¹, Eduardo Estrada Castillón¹,
Humberto González Rodríguez¹ y Jonás Adán Delgadillo Villalobos²

Resumen

El objetivo de este estudio consistió en evaluar los cambios en la estructura y composición florística del matorral desértico micrófilo a partir de la aplicación de una técnica de restauración ecológica y la ocurrencia de incendios naturales en diferentes periodos en el Desierto Chihuahuense. Mediante cinco tratamientos (testigo (MDMt), rodillo aireador aplicado en 2004 (RA04), en 2008 (RA08), en 2011 (RA11) y área incendiada del 2011 (IN11)) se determinaron la diversidad y la similitud entre especies con los índices de Shannon y Sørensen, así como su índice de valor de importancia (IVI). Se registraron 28 especies arbóreas y arbustivas pertenecientes a 14 familias. Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae destacaron por su abundancia. El índice de Shannon reveló una mayor riqueza ($H' = 2.103$) en el tratamiento RA11 mientras que el IN11, el menor ($H' = 1.21$). La máxima similitud se verificó entre los tratamientos RA04 y RA08 con 76 % y lo contrario entre RA11 y RA08 con 44 % de acuerdo al índice de Sørensen. La Prueba de Kruskal-Wallis mostró que no hay diferencia significativa entre tratamientos respecto al IVI ($F = 2.463$, G.L. = 4, $P = 0.261$). El tratamiento de rodillo aireador incrementó, a corto plazo, la riqueza de especies y disminuyó substancialmente la dominancia de especies de Cactaceae y Agavaceae, y favoreció la cobertura de *Larrea tridentata*. El tratamiento de fuego redujo la cobertura de esta última, además de la de *Jatropha dioica*, *Opuntia engelmannii* y estimuló la presencia y cobertura de *Viguiera stenoloba*, *Condalia spathulata* y *Ziziphus obtusifolia*.

Palabras clave: Desierto Chihuahuense, índice de diversidad, índice de similitud, matorral desértico micrófilo, rodillo aireador, técnicas de rehabilitación.

Abstract

The aim of this study was to assess changes in the structure and floristic composition of the microphyll desert scrubland from the application of a technique of ecological restoration and the occurrence of natural fires in different periods in the Chihuahuan Desert. Through five treatments (control (MDMt), aerator roller applied in 2004 (RA04), 2008 (RA08), 2011 (RA11) and burned area in 2011 (IN11)), diversity and similarity between species were determined by Shannon and Sørensen indices as well as their importance value index (IVI). 28 tree and shrub species belonging to 14 families, among which Asteraceae, Fabaceae and Cactaceae noted for their abundance were recorded. The Shannon index revealed a higher richness ($H' = 2.103$) in the RA11 treatment while in the IN11, the shortest ($H' = 1.21$). The greatest similarity was verified between treatments RA04 and RA08 76 % and otherwise between RA11 and RA08 with 44 % according to the Sørensen index. The Kruskal-Wallis test showed no significant difference between treatments respect to IVI ($F = 2.463$, $df = 4$, $P = 0.261$). The aerator roller treatment increased species richness at a short-term and dominance decreased substantially in Cactaceae and Agavaceae species, and favored *Larrea tridentata* coverage. The heat treatment reduced the coverage of the latter, of *Jatropha dioica*, *Opuntia engelmannii* and encouraged the presence and coverage of *Viguiera stenoloba*, *Condalia spathulata* and *Ziziphus obtusifolia*.

Key words: Chihuahuan Desert, diversity index, similarity index, microphyll desert scrubland, aerator roller, rehabilitation.

Fecha de recepción/date of receipt: 16 de febrero de 2015; Fecha de aceptación/date of acceptance: 20 de julio de 2015.

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Correo-e: icantu59@gmail.com

² Cemex-Naturaleza Sin Fronteras, A.C., Proyecto El Carmen.

Introducción

En el norte de México se localiza el Desierto Chihuahuense, el más grande de Norteamérica, con una superficie de 507 000 km² (Hernández *et al.*, 2007); 85 % de su extensión se ubica dentro del territorio mexicano y 15 % en el estadounidense (Brooks y Pyke, 2001). Es el segundo desierto con mayor biodiversidad a nivel mundial (Hoyt, 2002) en el que se han consignado 329 especies de cactáceas (Esqueda *et al.*, 2012) y reúne un alto nivel de endemismos (Rzedowski, 2006). Comprende tres tipos básicos de vegetación: matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo y matorral desértico crasicale (Rzedowski, 1978) además de otras comunidades vegetales reconocidas como vegetación halófila y pastizal gipsófilo (Villarreal y Valdés, 1992-1993).

Los recursos bióticos del lugar han estado bajo presión en los últimos cien años debido a las actividades antropogénicas (Challenger, 1998; Cervantes, 2005; Hernández *et al.*, 2007; Challenger y Soberón, 2008) que han desencadenado problemas de deforestación, erosión y disminución de la calidad y la dimensión del hábitat para las especies de fauna silvestre (INE-Semarnat, 1997). A lo anterior, se suman los incendios forestales que afectaron 317 000 ha durante 2011 (Semarnat, 2012).

El matorral desértico micrófilo comprende una superficie de 20 879 927 ha y en el estado de Coahuila alcanza una superficie de 3 066 492 ha (Inegi, 2014). La mayoría de los estudios desarrollados en esta unidad vegetal se han enfocado en el estudio del efecto de la fragmentación sobre las poblaciones de fauna (Menke, 2003; Tinajero y Rodríguez, 2012; Boeing *et al.*, 2013) y otros más específicos sobre las propiedades antifúngicas y biocidas de *Larrea tridentata* (Sesse & Moc. ex DC.) Coville, su fitosociología y uso potencial para la desinfección de suelo (Ledezma, 2001; Juárez, 2002; Lira, 2003; Díaz *et al.*, 2008; Peñuelas *et al.*, 2011). Sin embargo, pocos estudios han evaluado la estructura y composición florística de dicha comunidad, lo que actuaría como un indicador para la evaluación y conservación de los recursos naturales de la región.

El objetivo de la presente investigación consistió en evaluar los cambios generados en la estructura y la composición florística del matorral desértico micrófilo debido a técnicas de restauración ecológica como el rodillo aireador y los incendios naturales ocurridos en varios momentos. La hipótesis planteada es que el tratamiento mecánico aplicado en diferentes periodos modificó la estructura y la composición florística de este tipo de vegetación e incrementó la biodiversidad.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en la Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre

Introduction

The Chihuahuan Desert is located at the north of Mexico, and it is the largest in North America, with an area of 507 000 km² (Hernández *et al.*, 2007); 85 % of the total lies within Mexican territory and 15 % in the United States of America (Brooks and Pyke, 2001). It is the second most biologically diverse desert in the world (Hoyt, 2002) in which 329 species of cacti have been recorded (Esqueda *et al.*, 2012) and gathers a high level of endemism (Rzedowski, 2006). It comprises three basic types of vegetation: microphyll desert scrubland, rosetophilous desert scrubland and crasicale desert scrubland (Rzedowski, 1978) as well as other plant communities recognized as halophytic vegetation and gypsophilic pasture (Villarreal and Valdés, 1992-1993).

The biotic resources of the place have been under pressure in the last 100 years due to anthropogenic activities (Challenger, 1998; Cervantes, 2005; Hernández *et al.*, 2007; Challenger and Soberón, 2008) that have triggered problems of deforestation, erosion and decreased in quality and size of the habitat for wildlife species (INE-Semarnat, 1997). To this, forest fires which affected 317 000 ha in the region during 2011 (Semarnat, 2012) must be added.

The microphyll desert scrubland covers an area of 20 879 927 ha and in the state of Coahuila, it comprises 3 066 492 ha (Inegi, 2014). Most of the studies in this plant unit have focused on the study of the effect of fragmentation on wildlife populations (Menke, 2003; Tinajero and Rodríguez, 2012; Boeing *et al.*, 2013) and other more specific on the biocides and antifungal properties of *Larrea tridentata* (Sesse & Moc. ex DC.) Coville, its phytosociology and its potential use for the disinfection of soil (Ledezma, 2001; Juárez, 2002; Lira, 2003; Díaz *et al.*, 2008; Peñuelas *et al.*, 2011). However, few studies have evaluated the structure and species composition of this community, which would act as a useful indicator for the assessment and conservation of natural resources in the region.

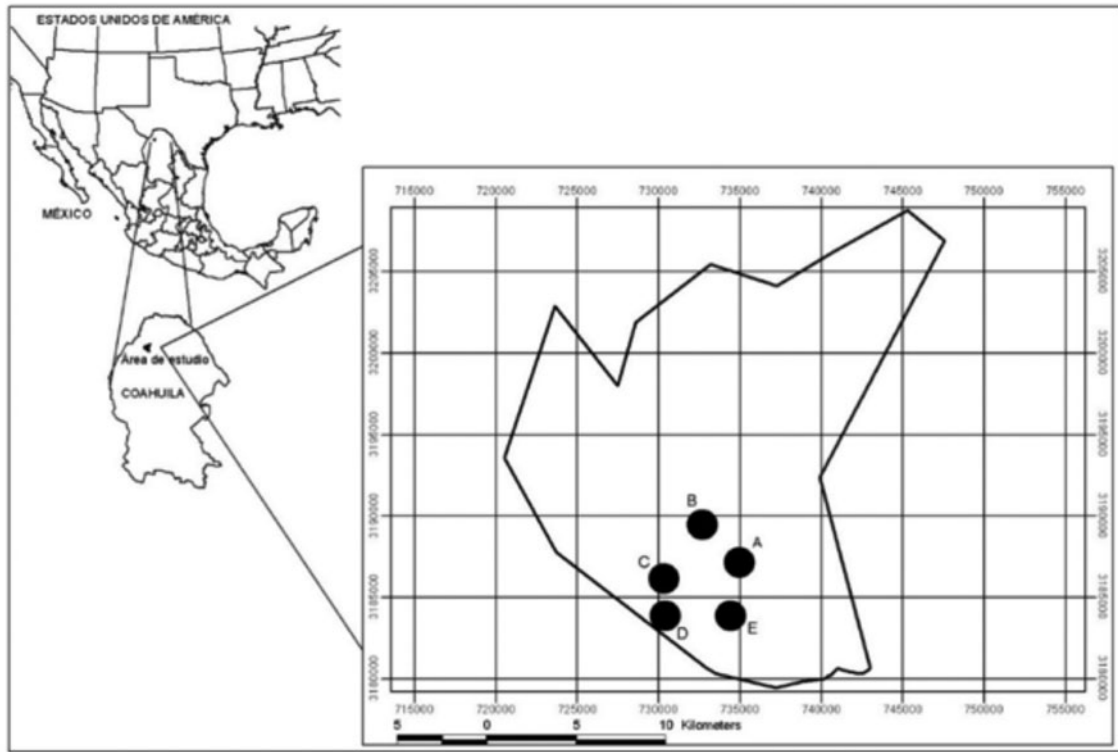
The objective of this research was to assess the changes generated in the structure and floristic composition of the microphyll desert scrubland due to ecological restoration techniques such as the aerator roller and natural fires in different periods. The hypothesis is that the mechanical treatment applied at different times modified the structure and floristic composition of this type of vegetation and increased biodiversity.

Materials and Methods

The research was conducted at the *Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA)* (Unit for the Conservation, Management and Sustainable Utilization of Wildlife (UMA) known as "Pilares", adjacent to the *Maderas del Carmen Reserve*, located in

(UMA) denominada "Pilares", aledaña a la Reserva Maderas del Carmen, ubicada en los municipios Ocampo, Múzquiz y Acuña del estado de Coahuila (Figura 1).

Ocampo, Muzquiz and Acuña Coahuila state municipalities (Figure 1).



A = MDMt; B = RAO4; C = RAO8; D = RA11; E = IN11.

Figura 1. Localización del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

El lugar se localiza entre los 29°22.45' y 28°42.21' N; 102°56.23' y 102°21.08' O, a una altitud de 1 182 m. La precipitación promedio anual es de 237.4 mm y la temperatura promedio anual es de 21.5 °C. De acuerdo a los datos climáticos de la estación Pilares del INIFAP, durante el lapso de 2011 a 2013 la precipitación promedio fue de 65 mm, lo que confirmó la ocurrencia de un periodo extremadamente seco en la zona.

This place is found between 29°22.45' and 28°42.21' N; 102°56.23' and 102°21.08' W, at an altitude of 1 182 m. The annual average rainfall is 237.4 mm and the annual average temperature is 21.5 °C. According to climate data from the INIFAP's *Pilares* station during the period of 2011-2013 the average rainfall was only 65 mm, confirming the occurrence of an extremely dry period in the area.

Los suelos predominantes son del tipo: Castañozem cálcico, Rendzina, Vertisol crómico, Litosol y Regosol calcárico (SPP, 1982a; SPP, 1982b; SPP, 1983). Los tipos de vegetación presentes están representados por los bosques de encino (*Quercus*), pino (*Pinus*) y oyamel (*Abies*); matorral submontano, zacatal y matorral desértico chihuahuense, que incluye a los matorrales micrófilo, rosetófilo, comunidades gipsófilas y halófilas (INE-Semarnat, 1997). Las parcelas experimentales se ubicaron en el matorral desértico micrófilo, cuya extensión es de 11 700 ha dentro del área (Inegi, 2014).

The predominant soils are of the Calcium castanozem, Rendzina, Chromic vertisol, Lithosol and Regosol calcareic type (SPP, 1982a; SPP, 1982b; SPP, 1983). The vegetation types are represented by oak (*Quercus*), pine (*Pinus*) and fir (*Abies*) forests; submontane scrub, grassland, Chihuahuan desert scrub and including microphyll and rosetophilous scrubs, gypsum and halophytes communities (INE-Semarnat, 1997). The experimental plots were located in the microphyll desert scrubland, whose length is 11 700 ha in the area (Inegi, 2014).

Larrea tridentata, *Flourensia cernua* DC., *Parthenium incanum* Kunth, *Fouquieria splendens* Engelm., *Parthenium argentatum* A. Gray, *Ephedra torreyana* S. Watson, *Prosopis glandulosa* Torr. destacan por su densidad en este tipo de vegetación (Alanís *et al.*, 1996).

El rodillo utilizado dentro de las prácticas de mejora del hábitat para la fauna silvestre en las planicies de la sierra Maderas del Carmen es un "Lawson aerator", de 11 toneladas, ensamblado a un tractor. Las cuchillas del rodillo miden 15 cm de largo, aproximadamente, que al perforar el suelo, dejan pequeñas canales; este instrumento fue implementado en los meses posteriores a la temporada de lluvias de los años 2004, 2008 y 2011.

En la primavera de 2014 se seleccionaron y muestrearon cinco tratamientos en las áreas bajo manejo de hábitat de fauna silvestre dentro del matorral desértico micrófilo, a partir de un mismo tipo de suelo, Regosol calcárico; los tratamientos fueron: 1) Testigo (MDMt), 2) Rodillo aireador aplicado en 2004 (RAO4), 3) Rodillo aplicado en 2008 (RAO8), 4) Rodillo implementado en 2011 (RA11) y 5) Área incendiada en 2011 (IN11), que fue producto de los incendios forestales que tuvieron lugar en Coahuila en la primavera de 2011 (Conafor, 2011) y donde la extensión bajo estudio contiene 1 899 ha del tipo de vegetación de interés que fueron afectadas por ese fenómeno. Ahí no se practica el pastoreo de ganado bovino desde 2000, y solamente lo ejerce la fauna silvestre, para la cual no existen zonas de exclusión. Para determinar la estructura y diversidad de las especies, se georreferenciaron seis parcelas (10 m x 10 m) al azar por tratamiento.

En cada tratamiento se realizaron mediciones dasométricas en todos los individuos arbóreos y arbustivos; la cobertura de la copa se utilizó para estimar la dominancia, atributo que se sugiere incluir cuando la mayoría de los taxa son arbustos con un gran número de tallos y diámetros de la raíz menores de $d_{0.10}$ (Franco *et al.*, 1989; Domínguez *et al.*, 2013). En cada parcela se cuantificó la densidad por especie vegetal, si al menos 50 % de la estructura estaba dentro de ella.

Se estimaron los indicadores ecológicos abundancia (A), dominancia (D) frecuencia (F) y valor de importancia (IVI) (Magurran, 2004). La diversidad y la similitud se evaluaron con el Índice de Shannon estandarizado (e) (Magurran, 2004; Sæther *et al.*, 2013). Este índice describe lo diverso que puede ser un sitio, ya que considera el número de especies (riqueza) y de individuos de cada una de ellas (Mostacedo y Fredericksen, 2000) y para determinar si había diferencias significativas de diversidad entre los tratamientos, se hicieron pruebas pareadas mediante la Prueba de *t* (Hutcheson, 1970; Magurran, 1988; Brower *et al.*, 1998). Para la similitud entre ellos, se usó el Índice de Sørensen (Magurran, 2004), que relaciona el número de

Larrea tridentata, *Flourensia cernua* DC., *Parthenium incanum* Kunth, *Fouquieria splendens* Engelm., *Parthenium argentatum* A. Gray, *Ephedra torreyana* S. Watson, *Prosopis glandulosa* Torr. are outstanding from their density in this type of vegetation (Alanís *et al.*, 1996).

The roller used in the practice of habitat improvement for wildlife on the plains of the sierra Maderas del Carmen is an 11 ton Lawson aerator assembled to a tractor. Roller blades are about 15 cm long, which when drilling the ground, form small channels; this instrument was implemented in the months after the rainy season of 2004, 2008 and 2011.

In the spring of 2014 five treatments in the areas under management of wildlife habitat in the microphyll desert scrubland were selected and sampled from the same soil type, calcareous Regosol; the treatments are: 1) Control (MDMt), 2) Aerator roller applied in 2004 (RAO4), 3) Roller applied in 2008 (RAO8), 4) Roller implemented in 2011 (RA11) and 5) Burned area in 2011 (IN11), which was the result of forest fires that occurred in Coahuila in the spring of 2011 (Conafor, 2011) and where the area under study contains 1 899 ha of the vegetation type of interest affected by this phenomenon. There is not cattle grazing since 2000, and is exercised only by wildlife, for which there are not exclusion zones. To determine the structure and diversity of species, six plots (10 m x 10 m) at random in each treatment were georeferenced.

In each treatment mensuration measurements were performed on every tree and shrub; coverage of the cup was used to estimate the dominance, a suggested attribute when most taxa are shrubs with many stems and root diameters under $d_{0.10}$ (Franco *et al.*, 1989; Domínguez *et al.*, 2013). In each plot the density was quantified by plant species, if at least 50 % of the structure was within it.

The ecological indicators, abundance (A), dominance (Y) frequency (F) and importance value (IVI) (Magurran, 2004) were estimated. Diversity and similarity were evaluated with standardized Shannon index (e) (Magurran, 2004; Sæther *et al.*, 2013). This index describes how diverse may be a site, as it takes into account the number of species (richness) and of individuals in each one of them (Mostacedo and Fredericksen, 2000) and to determine whether there were significant differences in diversity between treatments, paired *t* test were used (Hutcheson, 1970; Magurran, 1988; Brower *et al.*, 1998). To calculate the similarity between them, the Sørensen Index was applied (Magurran, 2004), which relates the number of shared species with the arithmetic mean of species in both sites (Villarreal *et al.*, 2004).

Statistical analysis. For the calculation of the standardized Shannon (e) and Sørensen indexes, the MultiVariate Statistical Package (MVSP) 3.1 program was used (KCS, 2007). For the Diversity

especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios (Villarreal *et al.*, 2004).

Análisis estadístico. Para el cálculo de los índices de Shannon estandarizado (e) y el de Sørensen se utilizó el programa *MultiVariate Statistical Package* (MVSP) 3.1 (KCS, 2007). Para la Prueba de Diversidad de t se usó el programa *Past 3.2* (Hammer *et al.*, 2001). Para probar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas para el Índice de Valor de Importancia (IVI), los datos se sometieron a pruebas estadísticas de *Shapiro-Wilk* (Steel y Torrie, 1980). Como los resultados demostraron que la mayoría de los datos no se distribuyeron normalmente, se utilizó la prueba no paramétrica de *Kruskal-Wallis* (Ott, 1993) para detectar diferencias significativas entre los tratamientos con respecto al IVI y a la estructura y diversidad de las especies entre los tratamientos mediante el uso de los indicadores: cobertura, altura y número de especies promedio; el programa estadístico usado para este análisis fue *Statistix 8.1* (Analytical Software, 2003).

Resultados y Discusión

Se registraron 28 especies arbóreas y arbustivas pertenecientes a 14 familias. Las de mayor riqueza específica fueron: Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae, cada una con tres taxa; las familias: Boraginaceae, Zygophyllaceae, Anacardiaceae, Rhamnaceae, Agavaceae y Euphorbiaceae están representadas con dos taxa cada una. Fouquieriaceae, Cucurbitaceae, Verbenaceae, Cannabaceae, Achatocarpaceae, Ephedraceae y Koeberliniaceae solamente con un taxon. Asteraceae, Cactaceae y Fabaceae, dominantes en los diferentes tratamientos, regularmente están asociadas a las comunidades de matorral xerófilo (Estrada *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010), ya que se caracterizan por demandar poca agua y materia orgánica (Ordóñez, 2003; Espinoza y Návar, 2005; Alanís *et al.*, 2008; Calle y Murgueitio, 2008; Landázuri y Tigrero, 2009; Amaya, 2009) (Cuadro 1).

t test the *Past 3.2* program (Hammer *et al.*, 2001) was used. To test the assumptions of normality and homogeneity of variances for the Importance Value Index (IVI), the data were subjected to statistical tests of Shapiro-Wilk (Steel and Torrie, 1980). As the results showed that most of the data were not normally distributed, the nonparametric Kruskal-Wallis (Ott, 1993) was used to detect significant differences between treatments with respect to IVI and the structure and diversity of species between treatments using the following indicators: coverage, average height and number of species; The statistical program used for this analysis was *Statistix 8.1* (Analytical Software, 2003).

Results and Discussion

28 tree and shrub species belonging to 14 families were recorded. The highest species richness were Asteraceae, Fabaceae and Cactaceae, each with three taxa; families: Boraginaceae, Zygophyllaceae, Anacardiaceae, Rhamnaceae, Euphorbiaceae Agavaceae and are represented with two taxa each. Fouquieriaceae, Cucurbitaceae, Verbenaceae, Cannabaceae, Achatocarpaceae, Ephedraceae and Koeberliniaceae are only represented a taxon. Asteraceae, Fabaceae and Cactaceae, dominant in the different treatments are regularly associated with desert scrub communities (Estrada *et al.*, 2005; González *et al.*, 2010) and characterized by demanding little water and organic matter (Ordóñez, 2003; Espinoza and Návar, 2005; Alanís *et al.*, 2008; Calle and Murgueitio, 2008; Landázuri and Tigrero, 2009; Amaya, 2009) (Table 1).

In the RA1 (17) and IN11 (16) treatments was recorded the greatest number of species as well as the smallest (7) in MDMt; in RA04 (11) and RA08 (10) a similar amount was counted. From the five treatments, in control (MDMt), the Shannon's diversity index (1.484) was close to the RA08 treatment (1.480) (Table 2); in spite of the difference in the number of species, these results might be explained as the changes in richness are balanced with those of abundance.

Cuadro 1. Especies identificadas y familias presentes en el matorral desértico micrófilo estudiado del Desierto Chihuahuense.
Table 1. Identified species and families present in the studied microphyll desert scrubland of the Chihuahuan Desert.

Familias	Especies
Anacardiaceae	<i>Rhus microphylla</i> Engelm <i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray
Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i> Torr. <i>Dasyllirion glaucophyllum</i> Hook. <i>Ziziphus obtusifolia</i> (Hook. ex Torr. & A. Gray.) A. Gray
Boraginaceae	<i>Tiquilia canescens</i> (A. DC.) A. T. Richardson <i>Tiquilia greggii</i> (Torr. & A. Gray) A. T. Richardson

Continúa Cuadro 1...

Continúa Cuadro 1...

Familias	Especies
Cactaceae	<i>Cylindropuntia leptocaulis</i> (DC.) F. M. Kunth <i>Echinocereus enneacanthus</i> Engelm. <i>Opuntia engelmannii</i> Salm-Dyck ex Engelm.
Cannabaceae	<i>Celtis pallida</i> Torr.
Compositae	<i>Flourensia cernua</i> DC. <i>Parthenium incanum</i> Kunth <i>Viguiera stenoloba</i> S. F. Blake
Cucurbitaceae	<i>Ibervillea lindheimeri</i> (A. Gray) Greene
Ephedraceae	<i>Ephedra antisiphilitica</i> Berland. ex C. A. Mey.
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc. <i>Jatropha dioica</i> Sessé ex Carv.
Fouquieriaceae	<i>Fouquieria splendens</i> Engelm.
Koeberliniaceae	<i>Koeberlinia spinosa</i> Zucc.
Leguminosae	<i>Acacia constricta</i> A. Gray <i>Acacia greggii</i> A. Gray <i>Prosopis glandulosa</i> Torr.
Rhamnaceae	<i>Condalia spathulata</i> A. Gray <i>Phaulothamnus spinescens</i> A. Gray
Verbenaceae	<i>Aloysia gratissima</i> (Gillies & Hook.) Tronc.
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Coville <i>Prolieria angustifolia</i> (Engelm.) A. Gray

En los tratamientos RA11 (17) e IN11 (16) se registró el mayor número de especies, así como el menor (7) en el MDMt; en RA04 (11) y en RA08 (10). De los cinco tratamientos, en el testigo (MDMt), el índice de diversidad de *Shannon* (1.484) fue semejante al del tratamiento RA08 (1.480) (Cuadro 2); a pesar de la diferencia en el número de taxa, los resultados se explican porque los cambios en la riqueza se equilibran con los de la abundancia.

The highest diversity index (2.103) came from RA11, which could be due to the fact that this treatment has a better combination of density, frequency and coverage (Basáñez *et al.*, 2008). The diversity index value of MDMt (1.484) is different from that obtained by González *et al.* (2013), of 1.843 in a desert microphyllous shrub in *Coahuila*; this difference could be attributed to the history of land use where the study was carried out, which was subjected to intensive grazing until the year 2000. According to Rutledge *et al.* (2008) overgrazing may have a great impact upon the vegetation communities, since the loss of vigor in plants, increases the susceptibility to diseases, which reduces reproduction and the establishment of seeds, and, therefore, some important species for wildlife are bound to disappear.



Cuadro 2. Índice de Shannon y número de especies por tratamiento.
Table 2. Shannon's diversity index and number of species by treatment.

Índice de Shannon	1.484	1.629	1.480	2.103	1.210
Tratamiento	MDMt	RA04	RA08	RA11	IN11
Número de especies	7	11	10	17	16

MDMt = Testigo; RA04 = Rodillo aireador 2004; RA08 = Rodillo aireador 2008; RA11 = Rodillo aireador 2011; IN11 = Área de incendio natural 2011.

MDMt = Control; RA04 = 2004 aerator roller; RA08 = 2008 aerator roller; RA11 = 2011 aerator roller; IN11 = 2011 natural fire area.

El índice de diversidad más alto (2.103) correspondió a RA11, lo que puede obedecer a que este tratamiento tiene una mejor combinación de características de densidad, frecuencia y cobertura (Basáñez *et al.*, 2008). El valor del índice de diversidad del tratamiento MDMt (1.484) es distinto al obtenido por González *et al.* (2013), quienes lo calcularon en 1.843 en una comunidad de matorral desértico micrófilo en Coahuila; esa diferencia podría atribuirse al historial de uso del suelo en el área donde se llevó a cabo este estudio, que estuvo sujeta a pastoreo intensivo hasta el año 2000. De acuerdo a Rutledge *et al.* (2008) el sobrepastoreo tiene un fuerte impacto en las comunidades vegetales, ya que causa pérdida de vigor en las plantas, incrementa la susceptibilidad a enfermedades, lo que reduce la reproducción y establecimiento de semillas, y, por lo tanto, algunas especies importantes para la fauna silvestre tienden a desaparecer.

En el tratamiento de incendio natural (IN11) se registró una alta riqueza de especies (16), pero el índice de Shannon (1.210) comparado con el testigo fue menor; lo anterior hace suponer que el fuego propició la eliminación de la cubierta vegetal en su totalidad, pero, con el tiempo, la comunidad de plantas se manifestó en una gran diversidad, aunque con baja abundancia. Miranda *et al.* (2009) indican que la intensidad del fuego afecta a ciertas especies no deseadas, frena su propagación y propicia la presencia de otras nativas.

La Prueba de diversidad de t (Cuadro 3) mostró diferencias significativas en la mayoría de los tratamientos ($P < 0.05$), con excepción de MDMt-RA08 ($t = 0.0455$, $(2)_{0.05}$).

In the natural fire treatment (IN11) a high species richness was attained (16) but Shannon's index (1.210) compared to control was smaller; this suggests that fire favored the whole elimination of the vegetal cover, but, as time went by, the community of plants in this treatment revealed a great diversity but with a low abundance of species. Miranda *et al.* (2009) state that the intensity of fire affects some unwanted species, it stops their propagation and propitiates the presence of other natives.

The diversity t test (Table 3) showed significant differences in most of the treatments ($P < 0.05$) except for MDMt-RA08 ($t = 0.0455$, $(2)_{0.05}$).

Sørensen's index reveals that the most similar treatments are RA04 and RA08 with 76 %; in contrast, the most dissimilar are RA11 and MDMt with 42 %. Control is closer with RA08 (71 %) and RA04 (67 %), and RA11 and IN11 reached 55 %. The closeness between RA08 with control and the distance with RA11 with it means that the treated areas go back to their original condition in a period longer than five years (Table 4).

In both indexes, diversity and similitude, RA11 is outstanding as it has a very poor closeness to the rest of the sites, which is conferred to the benefits brought by the aerator roller in three years, as it promotes spouting, since vegetation is not totally eliminated (Kunz, 2011). The use of this tool before the rainy season could be a crucial factor for the functioning of precipitation in the establishment or propagation of species either native or exotic after a mechanical disturb (Scifres and Polk, 1974). It is necessary to know the biology in the areas

Cuadro 3. Resultados de prueba de t para comparar la diversidad entre tratamientos.
Table 3. Results of the t test to compare diversity among treatments.

	MDMt	RA04	RA08	RA11	IN11
MDMt	-	1184.7	393.9	342.91	526.99
RA04	-3.373*	-	427.37	371.42	559.66
RA08	0.0455	2.1817*	-	499.01	666.86
RA11	-9.0961*	-6.8045*	-7.2278*	-	629.32
IN11	3.5161*	5.2941*	2.8799*	9.3885*	-

*Significancia de $\alpha=0.05$. La fila horizontal indica los grados de libertad; la columna vertical, el estadístico t .

*Significance of $\alpha=0.05$. The horizontal row refers to the degrees of freedom; the vertical column, the statistical t .

El índice de Sørensen revela que los tratamientos con mayor semejanza son RA04 y RA08 con 76 %; en contraste, los más disímiles son RA11 y MDMt con 42 %. El testigo presenta mayor cercanía con RA08 (71 %) y RA04 (67 %), mientras que RA11 e IN11 registraron un valor de 55 %. La similitud de RA08 con el testigo y la desigualdad del RA11 con respecto al mismo indican que las áreas tratadas regresan a su condición original en un periodo mayor a cinco años (Cuadro 4).

Cuadro 4. Matriz de Similitud de Sørensen para los tratamientos.
Table 4. Sørensen's Similitude Matrix for the treatments.

	MDMt	RA04	RA08	RA11	IN11
MDMt	1				
RA04	0.67	1			
RA08	0.71	0.76	1		
RA11	0.42	0.57	0.44	1	
IN11	0.61	0.59	0.46	0.55	1

MDMt = Testigo; RA04 = Rodillo aireador 2004; RA08 = Rodillo aireador 2008; RA11 = Rodillo aireador 2011; IN11 = Área de incendio natural 2011.
MDMt = Control; RA04 = 2004 aerator roller; RA08 = 2008 aerator roller; RA11 = 2011 aerator roller; IN11 = 2011 natural fire area.

En ambos índices, tanto de diversidad como de similitud, RA11 sobresale debido a su poca semejanza con los otros sitios, lo cual es atribuido a los beneficios aportados por el rodillo aireador en un lapso de tres años, ya que promueve los rebrotes, pues la vegetación no se elimina en su totalidad (Kunz, 2011). El uso de esta herramienta antes de la temporada de lluvias puede ser un factor determinante por la función de la precipitación en el establecimiento o propagación de especies tanto nativas como introducidas después de un disturbio mecánico (Scifres y Polk, 1974). Es necesario conocer su biología en las áreas que se pretende tratar con esta técnica, ya que en aquellas que contienen nopales, el rodillo puede favorecer su incremento y propagación (McDonald, 2012). Además, algunos *taxa* surgen una vez que se remueve la parte aérea de su cubierta (Ayala *et al.*, 2014); tal es el caso de *Larrea tridentata*, que se reproduce vegetativamente y tiende a regenerarse en un año (Monasmith *et al.*, 2010); por ello, el procedimiento pudiera no ser efectivo en la remoción de algunas de estas plantas.

El resultado de la prueba de *Kruskall-Wallis* indica que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos respecto al índice de valor de importancia de las especies ($F = 2.463$, g. l. 4, $P = 0.261$), ni en la estructura y composición florística entre los tratamientos en los que se utilizaron cobertura de copa, altura y las medias del número de especies por tratamiento como variables (Cuadro 5).

En el testigo (MDMt), el IVI identificó cinco especies dominantes: *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm., *Agave lechuguilla* Torr., *Jatropha dioica* Sessé ex Carv., *Larrea tridentata* y *Parthenium incanum* Kunth; de acuerdo a Brooks

where this technique is planned to be used, as in those which have *Opuntia*, the roller might stimulate their propagation (McDonald, 2012). Also, some *taxa* emerge after the aerial part of their cover is removed (Ayala *et al.*, 2014); such is the case of *Larrea tridentata*, which has asexual reproduction and tends to regenerate in one year (Monasmith *et al.*, 2010); therefore, this procedure might not be effective in the removal of some of these plants.

The *Kruskall-Wallis* test resulted in a non-significance difference among treatments in regard to the importance value index of the species ($F = 2.463$, G.L. 4, $P = 0.261$) or in the floristic structure and composition among treatments in which crown cover, height and means of the number or species per treatment were used as variables (Table 5).

Cuadro 5. Resultado de la prueba de *Kruskall-Wallis*.
Table 5. Result of the *Kruskall-Wallis* test.

	Altura	Cobertura	Número de especies
Ch ²	8.896	5.291	6.526
gl.	4	4	4
Sig. P	0.064	0.259	0.163

Ch² = X cuadrada; G.L. = Grados de libertad; Sig. P = < 0.05.
Ch² = X squared; gl = Degrees of freedom; Sig. P = < 0.05.

In control (MDMt), IVI pointed out five dominant species: *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm., *Agave lechuguilla* Torr., *Jatropha dioica* Sessé ex Carv., *Larrea tridentata* and *Parthenium incanum* Kunth; according to Brooks and Pyke (2001), some *taxa* of the Chihuahuan Desert such as the first two, have stimulated the suppression of forest fires and overgrazing as they change the structure of vegetation.



y Pyke (2001) algunos taxa del Desierto Chihuahuense, como las primeras dos, se han favorecido por la supresión de los incendios forestales y el sobrepastoreo, al modificar la estructura de la vegetación.

En RA04, *Opuntia engelmannii*, *Larrea tridentata*, *Agave lechuguilla* y *Parthenium incanum* son dominantes y en RA08 son las mismas que en el testigo (MDMt), solo que varían los valores de dominancia; en RA11 dominan *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Jatropha dioica* y *Tiquilia greggii* (Torr & A. Gray) A. T. Richardson. Finalmente, en IN11 *Viguiera stenoloba* S. F. Blake fue la principal seguida por *Condalia spathulata* A. Gray, *Ziziphus obtusifolia* (Hook. ex Torr & A. Gray) A. Gray y *Agave lechuguilla*.

En IN11 más de 90 % de las especies dominantes, como *Larrea tridentata* y *Agave lechuguilla*, fueron eliminadas. Wright y Bailey (1982) refieren que la primera es poco tolerante al fuego, lo cual se atribuye a sus características de adaptación a las sequías y provoca alta mortalidad cuando más de 10 % de su masa aérea se quema (Brooks, 2007). Sin embargo, en incendios de baja intensidad comienza a rebrotar después de un año (Monasmith *et al.*, 2010), comportamiento que coincide con el de las plantas de este tratamiento.

Se ha documentado que en áreas del Desierto Chihuahuense donde han ocurrido incendios, después de 16 meses no se observaron rebotes de *A. lechuguilla* (Worthington y Corral, 1987). La disminución de *Larrea tridentata* y la eliminación de *A. lechuguilla* promovió la presencia de algunas herbáceas, resultado que concuerda con los de Ayala *et al.* (2009) quienes mencionan que la combinación del rodillo aireador y el fuego incrementan la vegetación herbácea, y dio oportunidad a otras plantas nativas de competir.

El alto número de especies presentes en el tratamiento IN11 (16) hace suponer que el fuego estimuló la emergencia del material contenido en el banco edáfico de semillas, favoreció el rebrote y la diversidad de especies; esto es congruente con los hallazgos de Pausas (2010) y Molina (2000) que confirman que algunos taxa tienen la capacidad de rebrotar y reclutar individuos tras el incendio, rasgo que confiere resistencia no solo a las poblaciones, sino también a los individuos en ambientes con incendios frecuentes. El tratamiento IN11, a pesar de tratarse de un incendio no controlado, cumplió objetivos de las quemas prescritas como la remoción de especies no deseadas, promovió la regeneración y la dominancia de nuevas especies (Walkingstick and Liechty, 2009).

In RA04, *Opuntia engelmannii*, *Larrea tridentata*, *Agave lechuguilla* and *Parthenium incanum* are the most important and in RA08 they are the same as in control (MDMt), where only the values of dominance vary; in RA11 *Larrea tridentata*, *Flourensia cernua*, *Jatropha dioica* and *Tiquilia greggii* (Torr & A. Gray) A. T. Richardson keep that position. Finally, in IN11 *Viguiera stenoloba* S. F. Blake was the first one followed by *Condalia spathulata* A. Gray, *Ziziphus obtusifolia* (Hook. ex Torr & A. Gray) A. Gray and *Agave lechuguilla*.

In IN11 more than 90 % of the major species, such as *Larrea tridentata* and *Agave lechuguilla* were eliminated. Wright and Bailey (1982) describe that the first is poorly tolerant to fire, which might be due to its adaptation properties to drought and provokes a high mortality when more than 10 % of its aerial mass is burned (Brooks, 2007). However, in low intensity fires, these species may start to sprout after one year (Monasmith *et al.*, 2010), which coincides with the plants in this treatment.

It has been documented that in areas as the Chihuahuan Desert where fires have occurred, after 16 months no *A. lechuguilla* sprouts were observed (Worthington and Corral, 1987). The reduction of *Larrea tridentata* and the removal of *A. lechuguilla* promoted the presence of some herbs, a result that agrees with the findings of Ayala *et al.* (2009) who stated that the combination of aerial roller and fire increased herbaceous vegetation, which allowed that other native plants could compete.

The high number of species in IN11 suggests that fires stimulated the emergence of the material gathered in the soil seed bank and favored sprouting and diversity of species, which agrees with the findings of Pausas (2010) and Molina (2000), who confirm that some of them have the ability to sprout and add new members after the sinister, a feature that confers resistance not only to the populations but to the individuals in environments with frequent fires. In spite of being an uncontrolled fire, treatment IN11 fulfilled the objectives of prescribed burnings such as the removal of unwanted species, promoted regeneration and dominance of new species (Walkingstick and Liechty, 2009).

The use of aerial roller and fire used as treatments in this study seem not to have any influence upon IVI or in the structure and composition of species in the microphyll desert scrubland, a result that differs from those from Alanís *et al.* (2008) and Casas and Manzano (2009) in related studies in the semiarid zones at Northeastern Mexico in which a rechange of species was observed, which became evident in regard to the IVI of the species recorded in both investigations.



El uso de rodillo aireador e incendio empleados como tratamientos en el presente estudio parece no tener influencia sobre el IVI, ni en la estructura, ni en la composición de las especies en el matorral desértico micrófilo, resultado que difiere de los obtenidos por Alanís *et al.* (2008) y Casas y Manzano (2009) en investigaciones semejantes en zonas semiáridas del noreste de México, en los que se observó un recambio de especies, lo cual quedó evidente en cuanto al valor de importancia de los taxa registrados en ambas investigaciones.

Si el objetivo de los tratamientos mecánicos en el matorral desértico es eliminar especies dominantes y promover la diversidad, sería importante analizar el costo-beneficio a largo plazo que tienen en ambientes de este tipo, ya que el uso del fuego podría ser una alternativa viable de menor costo con resultados similares (McDonald, 2012).

Conclusiones

El tratamiento mecánico y el incendio no modificaron significativamente la estructura y composición del matorral desértico micrófilo, sin embargo, el tratamiento con rodillo aireador demostró ser una alternativa para disminuir la dominancia a corto plazo de especies no deseadas como *Larrea tridentata*, *Opuntia engelmannii* y *Agave lechuguilla*. En contraste, el fuego se propone como una buena alternativa para incrementar la biodiversidad, promover la regeneración, presencia y dominancia de nuevas especies en el matorral desértico micrófilo del Desierto Chihuahuense. 🌱

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Romelia Medina Guillén: conducción del experimento en su totalidad, muestreos de vegetación, análisis de datos y elaboración del cuerpo principal del texto; Israel Cantú Silva: desarrollo de la concepción del estudio, diseño y ubicación del experimento, supervisión del proyecto y revisión del manuscrito; Eduardo Estrada Castillón: identificación de especies florísticas en herbario, análisis de datos y revisión del manuscrito; Humberto González Rodríguez: análisis estadístico, determinación de las propiedades físico-químicas del suelo y revisión de las versiones finales del manuscrito; Jonás Adán Delgadillo Villalobos: establecimiento de los tratamientos de manejo del hábitat y evaluación de la estructura de la vegetación.

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. por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación.

If the aim of these mechanical treatments in the desert scrub is to remove the dominant species and to promote diversity, it would be wise to analyze cost-benefit of them in the long run of this kind of environments, as fire might be a lower cost and convenient option with similar results (McDonald, 2012).

Conclusions

The mechanical treatment and fire did not significantly modify the structure and composition of desert microphyllous scrub, however, the aerial roller proved to be an alternative to reduce short-term dominance of unwanted species such as *Larrea tridentata*, *Opuntia engelmannii* and *Agave lechuguilla*. In contrast, fire is proposed as a good alternative to increase biodiversity, promote regeneration, as well as presence and dominance of new species in the Chihuahuan microphyll desert scrubland. 🌱

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Contribution by author

Romelia Medina Guillén: leadership of the whole experiment, vegetation sampling, data analysis and writing of the core of the manuscript; Israel Cantú Silva: development of the study, design and location of the experiment, supervision of the project and review of the manuscript; Eduardo Estrada Castillón: identification of floristic species at the herbarium, data analysis and review of the manuscript; Humberto González Rodríguez: statistical analysis, soil physical and chemical properties and review of the final versions of the manuscript; Jonás Adán Delgadillo Villalobos: establishment of the treatment of habitat management and assessment of the vegetal structure.

Acknowledgements

The authors thank the Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), the Universidad Autónoma de Nuevo León and CEMEX-Naturaleza Sin Fronteras, A. C. for their support provided to carry out the actual investigation.

End of the English version



Referencias

- Alanís, G., G. Cano y M. Rovalo 1996. Vegetación y flora de Nuevo León. Una guía botánico-ecológica. Impresora de Monterrey. Monterrey, NL, México. 249 p.
- Alanís R., E., J. Jiménez P., O. Aguirre C., E. J. Treviño G., E. Jurado Y. y M. A. González T. 2008. Efecto del uso de suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL* 11: 56-62.
- Amaya R., J. 2009. El cultivo de la tuna *Opuntia ficus indica*. Gerencia Regional Agraria La libertad. Trujillo, Perú. 18 p.
- Analytical Software. 2003. Statistix 8. User's manual. Tallahassee, FL, USA. 396 p.
- Ayala F., A. Ortega, T. Fulbright, G. A. Rasmussen, D. L. Drawe y D. R. Synatzske 2009. Efectos a largo plazo del roleo y fuego en la invasión de zacates exóticos en vegetación herbácea nativa en matorrales mixtos. *In: Memorias del VI Simposio Internacional de Pastizales 4 al 7 de noviembre*. Universidad Autónoma de Nuevo León-Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, NL, México. s/p.
- Ayala, F. A., F. G. Denogean B., S. Moreno M., A. Durán, B. Martínez, L. Barrera y E. Gerlach. 2014. Rehabilitación y mejoramiento de hábitat para la fauna silvestre. *Invernurn* 9 (2): 18-22.
- Basáñez J., A., L. Alanís J. 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.
- Boeing, W., K. Griffis K. and J. Jungels. 2013. Anuran habitat associations in the Northern Chihuahuan Desert, USA. *Journal of Herpetology* 48 (1): 103-110.
- Brooks M. and D. Pyke. 2001. Invasive plants and fire in the deserts of North America. *In: Proceedings of the invasive species workshop: The role of fire in the spread and control of invasive species. fire conference. the first national congress on fire ecology, prevention, and management*. Tall Members Research Station. Miscellaneous Publication No. 1. Tallahassee, FL, USA. pp. 1-14.
- Brooks, M. L. 2007. Effects of land management practices on plant invasions in wildland areas. *In: Netwig, W. (ed.) Biological Invasions: Ecological Studies* 193. Springer. Heidelberg, Germany. pp. 147-162.
- Brower, J. E., J. H. Zar and C. N. von Ende. 1998. Field and laboratory methods for general ecology. McGraw-Hill. Boston, MA, USA. 273 p.
- Calle D., 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. Cali, Colombia. pp. 54-63.
- Casas, N. and M. Manzano. 2009. Evaluation of the use of roller aerator for the rehabilitation of grazing lands and content of carbon in arid areas of northeastern Mexico. *In: Memorias del VI Simposio Internacional de Pastizales. 4 al 7 de noviembre*. Universidad Autónoma de Nuevo León-Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey. Monterrey, NL, México. pp. 6-7.
- Cervantes R., M. C. 2005. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. *In: Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina. 20-26 de março de 2005*. Universidad de São Paulo. São Paulo, Brasil. pp. 3388-3407.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2011. Incendios Forestales 2011. Coordinación General de Conservación y Restauración. www.conafor.gob.mx (20 de mayo de 2011).
- Challenger, A. y J. Soberón 2008. Los ecosistemas terrestres. *In: Capital natural de México, Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Vol. 1. México, D. F., México. pp. 87-108.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre S. C. México, D. F., México. pp. 689-713.
- Díaz D., A., F. Hernández C., D. Jasso C., N. Aguilar, R. Rodríguez H. y R. Belmares C. 2008. Extractos normales y fermentados de *Larrea tridentata* y *Flourensia cernua* sobre *Fusarium oxysporum in vitro*. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, NL, México. <http://www.somas.org.mx/pdf/pdfsilbos/agriculturasostenible6/61/13.pdf> (26 de noviembre de 2014).
- Domínguez G., T. G., H. González R., E. Estrada C., I. Cantú S. y M. V. Gómez M. 2013. Diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco durante las épocas secas y húmedas. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 4 (17): 106-123.
- Espinoza, R. y J. Nívar. 2005. Producción de biomasa, diversidad y ecología de especies en un gradiente de productividad en el matorral espinoso tamaulipeco del Nordeste de México. *Revista Chapingo-Serie: Ciencias Forestales y del Ambiente* 11 (1): 25-35.
- Esqueda, M., M. Lizárraga, A. Gutiérrez, M. L. Coronado, R. Valenzuela, T. Raymundo, S. Chacón, G. Vargas y F. Barredo P. 2012. Diversidad Fúngica en Planicies del Desierto Central Sonorense y Centro del Desierto Chihuahuense. CIAD-UACJ-CESUES-IPN-INECOL-CICY. SNIB-CONABIO Proyecto GT016. Hermosillo, Son., México. 85 p.
- Estrada, E., J. A. Villarreal y E. Jurado 2005. Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta Botánica Mexicana* 73: 1-18.
- Franco L., J. G., J. G. De la Cruz A., A. Cruz G., A. Rocha R., S. Navarrete, G. Flores y M. Kato. 1989. Manual de Ecología. Ed. Trillas. México, D. F., México. 96 p.
- González R., H., R. Ramírez L., I. Cantú S., M. V. Gómez M. y J. Uvalle S. 2010. Composición y estructura de la vegetación en tres sitios del estado de Nuevo León. *Polibotánica* 29: 91-106.
- González R., H., R. Ramírez L., I. Cantú S., M. V. Gómez M., M. Cotería C., A. Carrillo P., J. J. Marroquín C. 2013. Producción de hojarasca y retorno de nutrientes vía foliar en un matorral desértico micrófilo en el Noreste de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19 (2): 249-262.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper and P. D. Rayan. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1):1-9.
- Hernández J., R. Chávez y M. Sánchez. 2007. Diversidad y estrategias para la conservación de cactáceas en el semidesierto queretano. *Biodiversitas* 70: 6-9.
- Hoyt, A. 2002. The Chihuahuan Desert: diversity at risk. *Endangered Species Bulletin* 27 (2): 16-17.
- 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). 2014. Conjunto de Datos vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación: escala 1:250 000. Serie V. (Capa Unión). www.inegi.org.mx/geo/contenidos/recreat/usuarios/Default.aspx (10 de octubre de 2014).
- Instituto Nacional de Ecología-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (INE-Semarnat) 1997. Programa de manejo del área de protección de flora y fauna "Maderas del Carmen". México D. F., México. 127 p.
- Juárez P., S. 2002. Extractos de *Larrea tridentata* con actividad fúngica e inhibición de la síntesis de aflatoxinas de especies del género *Aspergillus*. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Microbiología. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N. L., México. 72 p.
- Kovach Computing Services (KCS). 2007. Users' manual. Multi-Variate Statistical Package Version 3.1. Pentraeth, Wales, United Kingdom. 137 p.
- Kunz, D. 2011. Roller Chopper and Aerating. Habitat Management Techniques. The South Texas Quarterly. Texas Parks & Wildlife 2(2): 8-9.
- Landázuri, P. y J. Tigrero. 2009. *Stevia rebaudiana* Bertoni, una planta medicinal. Bol. Téc. Edición Especial. ESPE. Sangolquí, Ecuador. 38 p.

- Ledezma M, R. 2001. Fitosociología de *Larrea tridentata* Cav. en el matorral micrófilo en los municipios de Mina, Nuevo León y Castaños, Coahuila, México. Tesis de Maestría en Ciencias especialidad en Manejo de Vida Silvestre. Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Nuevo León. San Nicolás de los Garza, N L., México. 60 p.
- Lira S., R. 2003. Estado actual del conocimiento sobre las propiedades biocidas de la Gobernadora (*Larrea tridentata* (D.C.) Coville). Revista Mexicana de Fitopatología 21 (2): 214-222.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Chapman and Hall. London, United Kingdom. 192 p.
- Magurran, A. E. 2004. Measuring biological diversity. Blackwell Science Ltd. Oxford, United Kingdom. 215 p.
- McDonald, A. 2012. Mechanical brush management in Trans-Pecos, Texas. In: Proceedings of the Trans-Pecos Wildlife Conference 2012. Sul Ross State University, Alpine, TX, USA, pp. 13-16.
- Menke, S. B. 2003. Lizard community structure across a grassland-creosote bush ecotone in the Chihuahuan Desert. Canadian Journal of Zoology 81(11): 1829-1838.
- Miranda B., R., C. Ortega O., A. Rico D., R. Sandoval R., R. Quintana M., O. Rivero H. and O. Vramontes O. 2009. Use of fire as an alternative to control natal grass (*Melinis repens*) in the estado de Chihuahua. In: Memorias del VI Simposio Internacional de Pastizales. 4 al 7 de noviembre. UANL-ITESM. Monterrey, NL., México. 16 p.
- Molina T., D. M. 2000. Fuego prescrito. In: Vélez, R. (ed): La defensa contra incendios forestales: Fundamentos y experiencias. McGraw-Hill. Madrid, España. pp. 36-41.
- Monasmith, T. J., S. Demarais, J. J. Root and C. M. Britton 2010. Short-term fire effects on small mammal populations and vegetation of the northern Chihuahuan Desert. International Journal of Ecology Vol. 10. Article ID 189271. 9 p. DOI:10.1155/2010/189271.
- Mostacedo, B. y T. S. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Bolivia Sustainable Forest Management Project (BOLFOP). Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Ordoñez M, M. 2003. Propagación *in vitro* de *Mammillaria voburnensis* Scheer (Cactaceae). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Escuela de Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, Guatemala. 70 p.
- Ott, L. 1993. An introduction to statistical methods and data analysis. Duxbury Press Boston, MA, USA. 775 p.
- Pausas, J. G. 2010. Fuego y evolución en el Mediterráneo. Investigación y Ciencia 407: 56-63.
- Peñuelas R., O., J. Arellano M., M., Gutiérrez, L. Castro y C. Mungarro 2011. *Larrea tridentata* potencial solución para la desinfección de suelo. Ide@s concyteg 6 (71): 605-616.
- Rutledge, J., T. Bartostewitz and A. Clain. 2008. Stem count index. A habitat appraisal method for south Texas. Texas Park and Wildlife Department. Austin, TX, USA. 24 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa México, D. F., México. 432 p.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Conabio México, D. F., México. 1ª edición digital. 504 p. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/centrodoc/doctos/librosdigitales/VegetaciondeMexico/Portadaypaglegales.pdf> (13 de septiembre de 2014).
- Sæther, B., S. Engen and V. Grotan. 2013. Species diversity and community similarity in fluctuating environments: parametric approaches using species abundance distributions. Journal of Animal Ecology 82(4): 721-738.
- Scifres, C. J. and D. B. Polk, Jr. 1974. Vegetation response following spraying a light infestation of honey mesquite. Journal of Range Management 27(6): 462-465.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2012. Programa Anual de Trabajo 2012. Versión Ejecutiva. Tlalpan, México D. F., México. <http://www.semarnat.gob.mx/programas/programa-anual-de-trabajo-2012> (25 de marzo de 2014).
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982a. Carta estatal de edafología. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Cartas H 13-9 y H13-12. Esc. 1: 250 000. México, D.F., México. s/p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982b. Carta estatal de geología. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. Cartas H 13-9 y 13-12. Esc. 1:250 000. México, D.F., México. s/p
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1983. Síntesis geográfica de Coahuila y anexo cartográfico. México, D. F., México. s/p
- Steel, R. and J. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach (2nd. ed.). McGraw-Hill Book Company. New York, NY, USA. 632 p.
- Tinajero, R. y R. Rodríguez E. 2012. Efecto de la fragmentación del matorral desértico sobre poblaciones del aguililla cola-roja y el cernícalo americano en Baja California Sur, México. Acta Zoológica Mexicana 28 (2): 427-446.
- Villarreal, J. Á. y J. Valdés. 1992-1993. Vegetación de Coahuila, México. Revista de Manejo de Pastizales 6 (1-2): 9-18.
- Villarreal, H., M. Álvarez C S., F. Escobar, G., Fagua, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Walkingstick T. and H. Liechty. 2009. Why we burn: prescribed burning as a management tool. University of Arkansas. Division of Agriculture. Agriculture and Natural Resources. Cooperative Extension Service. http://www.researchgate.net/publication/238766246_Why_We_Burn_Prescribed_Burning_a_s_a_Management_Tool (26 de octubre de 2014).
- Wright H. A. and A. W. Bailey 1982. Fire ecology, United States and southern Canada. John Wiley and Sons. New York, NY, USA. 501 p.
- Worthington R. D. and R. D. Corral 1987. Some effects of fire on shrubs and succulents in a Chihuahuan Desert community in the Franklin Mountains, El Paso County, Texas. In: Contributed papers of the second symposium on resources of the Chihuahuan Desert regions. The Chihuahuan Desert Research Institute. Alpine, TX, USA. 9 p.

