



DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.166>

Artículo

Contenido de nitrógeno en regosoles bajo manejo en matorral desértico micrófilo y rosetófilo

Rodolfo Alejandro Martínez Soto¹, María Inés Yáñez Díaz¹, Israel Cantú Silva^{1*}, Humberto González Rodríguez¹, José Guadalupe Marmolejo Moncivais¹, Karla Estrella Díaz García¹

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

*Autor por correspondencia, correo-e: icantu59@gmail.com

Resumen:

Las actividades antropogénicas han sido factor de la degradación de los recursos naturales, por lo que se han implementado técnicas mecánicas y naturales como el rodillo aireador y el fuego, para disminuir su impacto. Se evaluó el contenido del nitrógeno total en un suelo Regosol presente en el Desierto Chihuahuense, con vegetación de matorral desértico micrófilo (MDM) y matorral desértico rosetófilo (MDR), bajo tratamiento de manejo con rodillo aireador en tres fechas diferentes: 2004 (RA-04), 2008 (RA-08) y 2011 (RA-11); además de un área incendiada en 2011 (IN-11) y una testigo (T). En cada sitio se recolectaron cuatro muestras compuestas de suelo en profundidades de 0-15 y 15.1-30 cm, para un total de 80, las cuales se analizaron por el método *Kjeldahl*. Los contenidos de nitrógeno, en promedio, en el MDM fueron: T= 0.174 %, RA-04= 0.087 %, RA-08= 0.080 %, RA-11= 0.261 % e IN-11= 0.195 %; mientras que para el MDR se obtuvo T= 0.075 %, RA-04= 0.125 %, RA-08=0.082 %, RA-11= 0.170 % e IN-11= 0.178 %. Con base en el análisis de varianza hubo diferencias ($p \leq 0.05$) por tipo de vegetación y tratamiento, no se observó un efecto por profundidad. Los valores fueron de clasificación baja (MDM RA-08, 15.1-30 cm = 0.051 %) a muy alta (MDM RA-11, 0-15 cm = 0.309 %). En ambos, los contenidos de nitrógeno total variaron, considerablemente, después de los tratamientos mecánicos, dado que el Nt aumenta o disminuye, en relación al tratamiento aplicado y al tipo de vegetación.

Palabras clave: Incendio, matorral micrófilo, nitrógeno, matorral rosetófilo, Regosol, rodillo aireador.

Fecha de recepción/Reception date: 14 de diciembre de 2017

Fecha de aceptación/Acceptance date: 14 de marzo de 2018

Introducción

El Desierto Chihuahuense es una región de gran importancia biológica, con una extensión de 505 mil kilómetros cuadrados, cuyo rango altitudinal varía de 1 000 a 3 050 m, con suelos predominantes de tipo calcáreo. Dicha región abarca territorios del centro y norte de México, así como parte del sur de Estados Unidos de América (Villareal-Quintanilla *et al.*, 2017).

El matorral desértico micrófilo (MDM) es reconocido por la predominancia de elementos arbustivos de hoja pequeña, es propio de terrenos planos y partes inferiores de las montañas (Rzedowski, 2006). Mientras que el matorral desértico rosetófilo (MDR) se distingue por la predominancia de especies arbustivas o subarbustivas de hojas alargadas y estrechas, que toman el aspecto de roseta, y corresponde a lo que Rzedowski (1965, 1978) denominó como matorral desértico calcícola (Granados-Sánchez *et al.*, 2011).

El cambio de uso de suelo es uno de los principales factores de la degradación de los ecosistemas naturales, su impacto ha sido citado a nivel global (MEA, 2005), ya que modifica los procesos de transferencia de nitrógeno y agua, lo que reduce su productividad (Celaya *et al.*, 2015).

Las zonas áridas y semiáridas, a nivel mundial, son muy extensas y se caracterizan por tener una baja disponibilidad de recursos, lo cual restringe las actividades agrícolas, por lo que su principal uso es el ganadero (Asner *et al.*, 2004). Los cambios en la vegetación y el uso del suelo son espaciales y dinámicos, cuya magnitud y su impacto se reconocen e identifican, también, como uno de los grandes retos para la ciencia ambiental (Aragón *et al.*, 2013).

El nitrógeno es uno de los elementos limitantes para las plantas, y su fijación en el suelo se está reduciendo como resultado de la quema de combustibles fósiles y de la aplicación de fertilizantes químicos, con los consecuentes efectos sobre la diversidad de especies (Zhang *et al.*, 2017). Las pérdidas de nitrógeno (N) de los ecosistemas terrestres se deben, principalmente, a su volatilización, desnitrificación, lavado y por la erosión (García, 1996).

La reabsorción de nutrientes que son transferidos al suelo desde la planta supone un mecanismo de conservación para el nitrógeno, este proceso consiste en la hidrólisis de los nutrientes. Al respecto, dicho elemento es uno de los elementos que con más frecuencia se limita en la producción primaria (Gallardo *et al.*, 2009); es esencial para la degradación de la materia orgánica que utilizan los microorganismos para inducir una mayor mineralización y satisfacer sus necesidades de nitrógeno (Ferrera y Alarcón, 2001).

Los contenidos de nitrógeno se relacionan con el origen de los suelos; los derivados de cenizas volcánicas se caracterizan por tener valores altos de N (Fassbender, 1993). La cantidad de nitrógeno total (Nt) comprende un amplio intervalo, pero es común el de 0.2 a 0.7 % para la denominada capa arable (Fassbender, 1987). Cristóbal-Acevedo *et al.* (2011) determinan en su estudio sobre usos de suelo que la concentración de Nt es mayor en los primeros 30 cm debido a la acumulación de restos orgánicos y presenta una disminución de acuerdo a la profundidad, después de los primeros 30 cm el contenido de Nt se comporta de manera homogénea.

Al entrar más agua en el suelo, mayor es la posibilidad de conservarla y ponerla a disposición para el crecimiento de las plantas. Una de las prácticas mecánicas que reducen el grado de compactación es el uso de implementos como el rodillo aireador (Velásquez *et al.*, 2012). Este es un cilindro metálico, pesado, con dientes o cuchillas soldadas helicoidalmente a lo largo del mismo, para lograr una mayor penetración en el suelo y más eficiencia en el rodado, ya que con ese diseño todo el peso del cilindro se concentra en una o dos cuchillas, a la vez (Rubio, 2009).

Actualmente, los incendios forestales son los principales causantes del disturbio natural, y sus efectos en el ciclo de nitrógeno son importantes, porque es un elemento fundamental para mantener los ecosistemas terrestres (Fernández *et al.*, 2017). Muqaddas *et al.* (2016) citan que las quemas prescritas de baja intensidad aumentan las cantidades de nitrógeno; sin embargo, en aplicaciones repetidas causan pérdidas en sus reservorios. En zonas mediterráneas, la quema prescrita no perjudica la naturaleza del suelo para uso agrícola (Montoya *et al.*, 2014).

Los regosoles son suelos minerales, poco desarrollados en materiales no consolidados que carecen de un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros, ni muy ricos en gravas (leptosoles), arenas (arenosoles), o con materiales flúvicos (fluvisoles); están presentes en tierras erosionadas, particularmente, en áreas áridas y semiáridas, así como en terrenos montañosos (IUSS-ISRIC-FAO, 2007).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto sobre el contenido de nitrógeno en regosoles sometidos a tratamiento mecánico (rodillo aireador) y al fuego, en matorrales micrófilo y rosetófilo del Desierto Chihuahuense, bajo la hipótesis de que el contenido de nitrógeno es diferente en áreas bajo manejo de ambos tipos de vegetación.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio

El área de estudio se ubicó en el rancho Pilares, el cual funciona como área de conservación (Figura 1); se localiza entre las coordenadas geográficas 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 237.5 mm y la temperatura media de 21.5 °C. Pertenece a la provincia fisiográfica Sierra Madre Oriental, subprovincia de Sierras y Llanuras Coahuilenses (INEGI, 1983). Los suelos predominantes son castañozem cállicos, rendzinas, vertisoles crómicos, litosoles y regosoles calcáricos (SPP 1982a; 1982b; 1983). Los

diferentes tipos de vegetación que se presentan son bosques de encino (*Quercus*), pino (*Pinus*) y oyamel (*Abies*); matorral submontano; zacatal; y matorral desértico chihuahuense, que incluye los matorrales micrófilo, rosetófilo, comunidades gipsófilas y halófilas (INE-Semarnap, 1997, citado por Medina-Guillén *et al.*, 2017a).

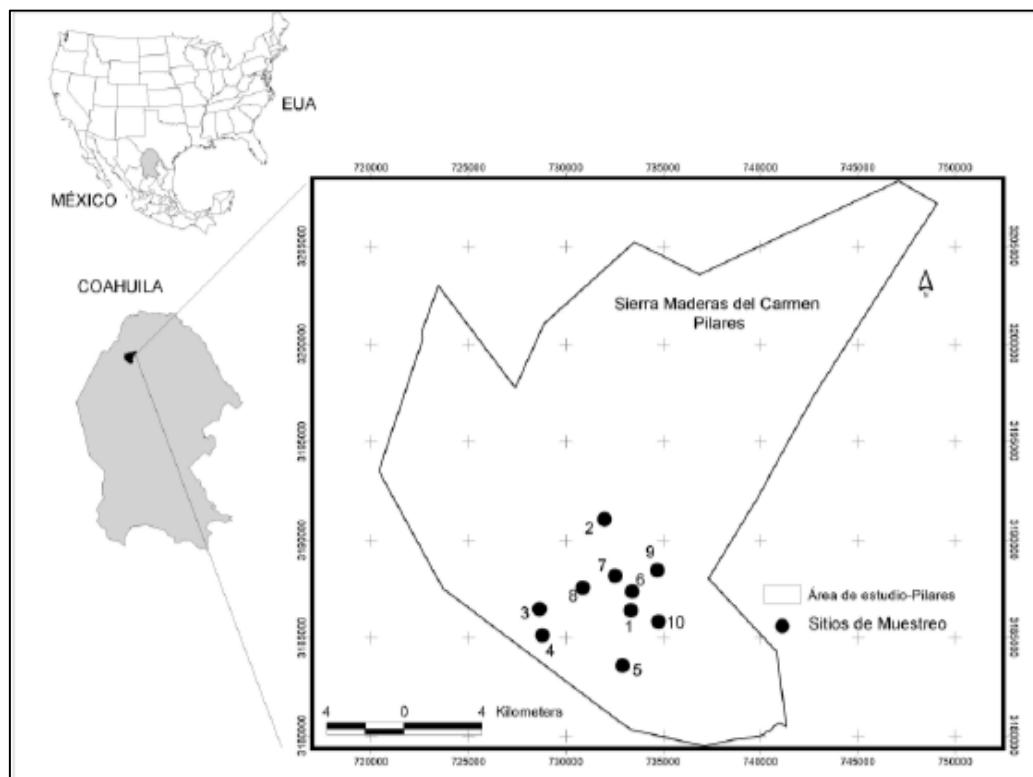


Figura 1. Localización del sitio de estudio.

Descripción de las áreas de estudio

Matorral desértico micrófilo. Los taxa que se citan en la literatura son: *Rhus microphylla* Engelm., *Rhus virens* Lindh. ex A. Gray., *Agave lechuguilla* Torr., *Dasyllirion glaucophyllum* Hook., *Ziziphus obtusifolia* (Hook. ex Torr. & A. Gray.) A. Gray., *Tiquilia canescens* (A. DC.) A. T. Richardson., *Tiquilia greggii* (Torr. & A. Gray) A. T. Richardson., *Cylindropuntia leptocaulis* (DC.) F. M. Kunth., *Echinocereus enneacanthus* Engelm., *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm., *Celtis pallida*

Torr., *Flourensia cernua* DC., *Parthenium incanum* Kunth., *Viguiera stenoloba* S. F. Blake., *Ibervillea lindheimeri* (A. Grey) Greene., *Ephedra antisyphilitica* Berland. ex C. A. Mey., *Euphorbia antisyphilitica* Zucc., *Jatropha dioica* Sessé ex Carv., *Fouquieria splendens* Engelm., *Koeberlinia spinosa* Zucc., *Acacia constricta* A. Gray., *Acacia greggii* A. Gray., *Prosopis glandulosa* Torr., *Condalia spathulata* A. Gray., *Phaulothamnus spinescens* A. Gray., *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc., *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville., *Prolieria angustifolia* (Engelm.) A. Gray. (Medina et al., 2015).

Matorral desértico rosetófilo. Se compone, principalmente, por plantas en forma de roseta. En el sitio de estudio se desarrollan: *Agave lechuguilla* Torr., *Dasyliion leiophyllum* Hook., *Viguiera stenoloba* S. F. Blake., *Flourensia cernua* DC., *Parthenium incanum* Kunth., *Mammillaria heyderi* Muehlenpf., *Opuntia engelmannii* Salm-Dyck ex Engelm., *Echinocereus viridiflorus* Engelm., *Echinocereus enneacanthus* Engelm., *Cylindropuntia leptocaulis* Engelm., *Ephedra antisyphilitica* Berland. ex C. A. Mey., *Jatropha dioica* Sessé ex Carv., *Acacia greggii* A. Gray., *Prosopis glandulosa* Torr., *Acacia constricta* A. Gray., *Condalia spathulata* A. Gray., *Zizipus obtusifolia* Tourn ex L., *Leucophyllum frutescens* (Berl.) I. M. Johnst., *Guaiacum angustifolium* Engelm., *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville. (Medina, 2016).

Tratamientos

En la Primavera de 2014, se seleccionaron parcelas en un mismo tipo de suelo, Regosol calcárico, con presencia de los dos tipos vegetación; matorral desértico micrófilo y matorral desértico rosetófilo, donde se aplicaron los tratamientos de rodillo aireador en diferentes fechas; rodillo aplicado en 2004 (RA-04), 2008 (RA-08), y 2011 (RA-11); y un área incendiada en 2011 (IN-11), así como, un área testigo (T) para cada tipo de vegetación. Se empleó un rodillo tipo *Lawson aerator* de 11 toneladas ensamblado a un tractor, con cuchillas de 15 cm de largo en las

prácticas de mejora en las planicies de la sierra Maderas del Carmen. Todas las áreas tenían una pendiente menor a 5°.

Muestreo

En cada uno de los tratamientos se estableció una parcela georreferenciada, con una superficie de 1 024 m² (32 m × 32 m), donde se tomaron cuatro muestras de suelo compuestas de cuatro submuestras hasta obtener 1.5 kg de suelo. El muestreo se realizó a dos profundidades (0-15 cm y 15.1-30 cm), para un total de 80 muestras, las cuales fueron llevadas al laboratorio de la Facultad de Ciencias Forestales, UANL, donde se prepararon para la determinación del contenido de nitrógeno total (Medina, 2016).

Determinación de Nitrógeno total en suelo

Se evaluó el contenido de nitrógeno total (%) con el método *Kjeldahl*. El análisis se realizó con el equipo destilador-titulador *Velp Scientifica* modelo UDK159, con base en lo propuesto por Bremner y Mulvaney (1982).

El suelo se cribó en un tamiz con abertura de 2 mm y se secó al aire; se pesó 1 gramo de suelo y se transfirió al tubo *Kjeldahl*, posteriormente, se le agregaron los reactivos para su digestión: dos tabletas catalizadoras ST (código CT0006609), 12 mL de ácido sulfúrico concentrado y se colocaron en la rejilla con 20 tubos del digestor DK 20 *Heating Digester Velp Scientifica*, a una temperatura de 420 °C durante 60 minutos; enseguida, los tubos se dejaron enfriar hasta una temperatura de 50-60 °C, aproximadamente. Para su destilación-valoración se colocó la muestra digerida en el UDK 159 con el método predefinido Núm. 27. Los reactivos y las cantidades para su valoración fueron; agua destilada 50 mL, ácido bórico (H₃BO₃) 30 mL, hidróxido de sodio (NaOH) 50mL y una solución titulante de ácido clorhídrico (HCl) 0.2 N.

Análisis estadístico de datos

Los datos de nitrógeno se transformaron a raíz cuadrada para inducir a la distribución normal a través del estadístico *Kolmogorov-Smirnov*. Se realizaron análisis de varianza de tres vías y pruebas de comparación de media con la prueba de *Tukey* ($p \leq 0.05$), para determinar diferencias entre los tratamientos, mediante el programa SPSS® (*Statistical Package for Social Sciences*, versión estándar 22 para *Windows*) (SPSS, 2009).

Resultados y Discusión

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los dos tipos de vegetación y los tratamientos realizados, así como en la combinación de factores de vegetación*tratamiento; mientras que para profundidad, vegetación*profundidad, tratamiento*profundidad y vegetación*tratamiento*profundidad, no hubo diferencias (Cuadro 1). Estos resultados indican que en un mismo tipo de suelo (Regosol), la presencia de diferentes ecosistemas juega un papel importante en los contenidos de nitrógeno. En promedio, el ecosistema con mayor contenido de nitrógeno total (Nt) fue el matorral desértico micrófilo (MDM) con 0.159 %, el contenido disminuyó a 0.126 % Nt para el matorral desértico rosetófilo (MDR).



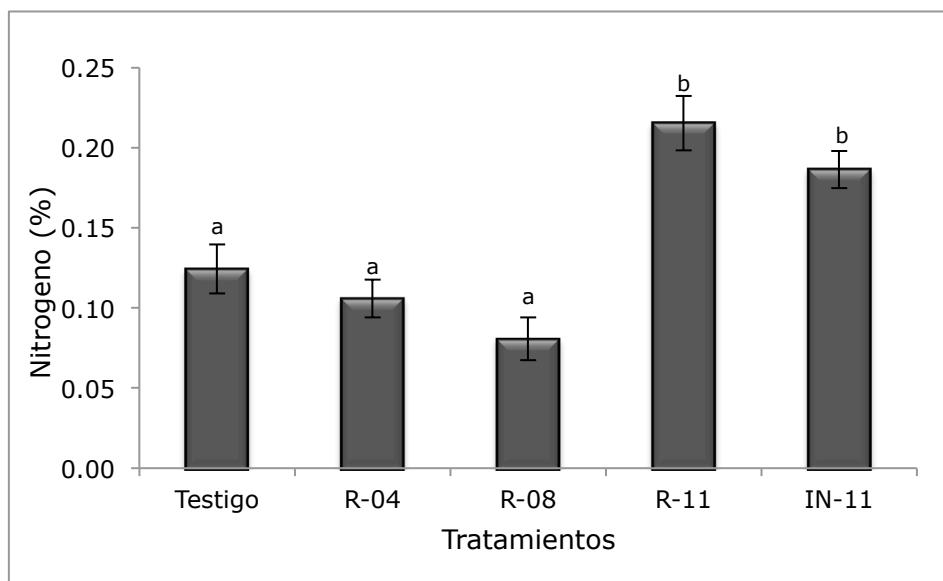
Cuadro 1. Análisis de varianza del contenido de nitrógeno del suelo para el modelo con tres criterios de clasificación (tipo de vegetación, profundidad y tratamiento) y el contraste de *Levene*.

ANOVA	gl	F	Valor <i>p</i>
Vegetación	1	8.381	0.005
Tratamiento	4	25.442	0.000
Profundidad	1	2.593	0.113
Vegetación * Tratamiento	4	7.291	0.000
Vegetación * Profundidad	1	3.216	0.078
Tratamiento * Profundidad	4	0.518	0.723
Vegetación * Tratamiento * Profundidad	4	1.341	0.265
Prueba de <i>Levene</i>	19	2.589	0.003
R ² ajustada			0.628

Los valores en negrita indican diferencias significativas (*p*≤0.05).

Efectos de los tratamientos sobre el nitrógeno total

De acuerdo al ANOVA, hubo diferencias entre los tratamientos aplicados. En la Figura 2 se aprecian los valores promedio; así como las diferencias entre los tratamientos, independientemente de la vegetación presente. Los tratamientos de R-08, R-04 y el área testigo comparten un mismo grupo con valores de 0.080, 0.106 y 0.125 % de nitrógeno total, respectivamente. Por otro lado, IN-11 y R-11 presentaron el efecto de los tratamientos a corto plazo, con valores de 0.186 y 0.215 % Nt, respectivamente, con respecto al testigo. Medina-Guillén *et al.* (2017a) determinaron que en matorrales desérticos micrófilo y rosetófilo, el uso del rodillo aireador fue una alternativa de manejo del suelo eficiente que incrementó el contenido de la materia orgánica, resultados similares cita cuando se utilizó el fuego, por lo que estos tratamientos son alternativas viables, aunque solo a corto plazo.



Distintas letras indican diferencia significativa, ($p \leq 0.05$).

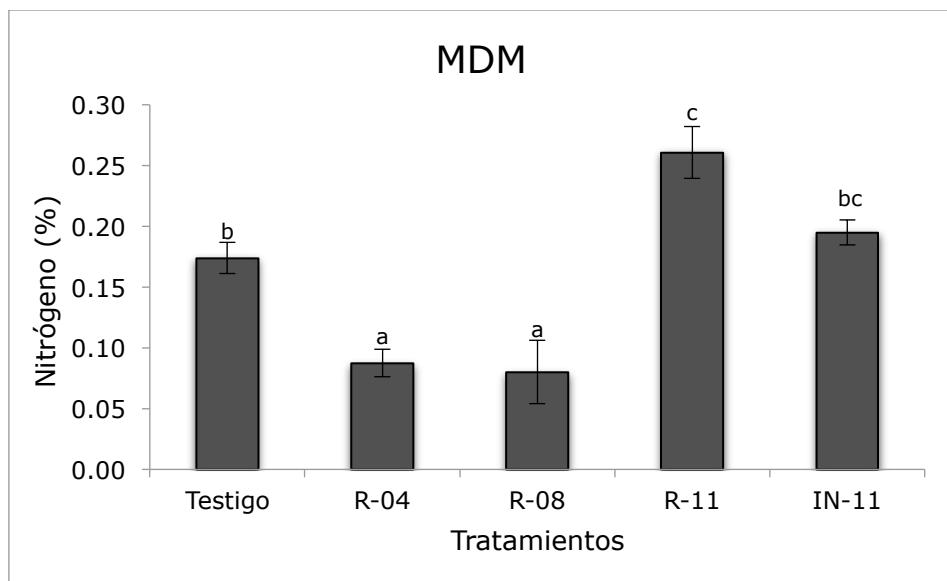
Figura 2. Valores medios de contenidos de nitrógeno total (%) de los tratamientos ($n= 16$).

Rodríguez *et al.* (2008), señalan que el uso del fuego aumentó, a corto plazo, el contenido de N, con un efecto contrario a largo plazo. Se obtuvieron contenidos más altos después del primer año del incendio y disminuyen a mayor antigüedad; asimismo, indican que la recuperación de la materia orgánica permite el aumento de la amonificación, pero no de la nitrificación. Jiménez-Pinilla *et al.* (2016), citan que las cenizas juegan un papel importante después de presentarse el fuego ya que aumentan la repelencia del suelo al agua, concluyen que para la vegetación de *Pinus halapensis* Miller. desaparece la repelencia después de un año y medio de originarse el incendio.

Fontúrbel *et al.* (2009) consignan que las propiedades fisicoquímicas del suelo cambian debido a la severidad del fuego, el N tuvo las concentraciones más bajas, cuando la intensidad del fuego fue más alta. Posterior a los siniestros, la vegetación carbonizada se incorpora en grandes cantidades en el suelo, lo que representa variaciones en la dinámica del carbono y nitrógeno y llega a causar una alteración en la disponibilidad para la producción primaria (Knicker, 2007).

Matorral desértico micrófilo

La comparación de medias de acuerdo a la prueba de *Tukey* ($p \leq 0.05$) mostró diferencias entre los tratamientos en los dos tipos de vegetación. Para el matorral desértico micrófilo, los contenidos de Nt oscilaron en valores de 0.080 % en los tratamientos de R-04 y R-08, seguido del área testigo con 0.174 %, IN-11 con 0.195 %; mientras que el tratamiento R-11 presentó el mayor incremento con un contenido de Nt de 0.261 % (Figura 3). Los tratamientos de R-04 y R-08 no presentaron diferencias entre ellos, pero fueron inferiores con respecto al testigo. A corto plazo se presentó un aumento en los contenidos de nitrógeno, tratamientos R-11 e IN-11.



Distintas letras indican diferencia significativa, ($p \leq 0.05$).

Figura 3. Valores medios de contenidos de nitrógeno total (%) de los tratamientos para matorral desértico micrófilo ($n = 8$).

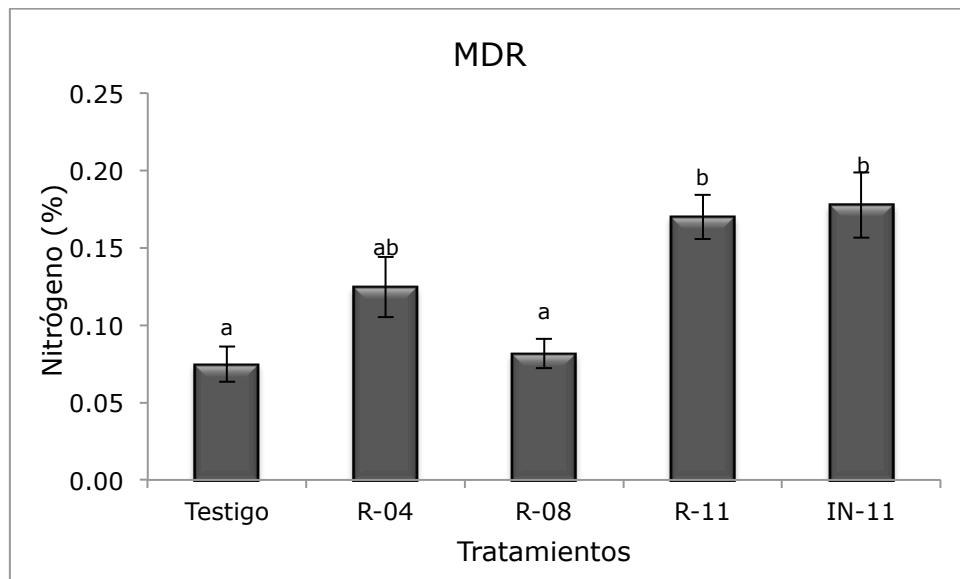
Los resultados de Afif y Oliveira (2006) concuerdan con lo antes expuesto, ya que determinaron un aumento en la concentración del nitrógeno total, inmediatamente después de un incendio, en los primeros centímetros de profundidad; mientras que,

en la capa subsuperficial (5-10 cm) disminuyó gradualmente. Wang *et al.* (2016) señalan que la restauración entre usos del suelo y la conversión de tierras de cultivo a tierras arbustivas o forestales tiene un gran potencial para el secuestro de nitrógeno total. En un estudio realizado en el Parque Nacional Emas, Brasil central, se compararon los suelos bajo tres diferentes regímenes de incendios; los resultados evidencian diferencias en las características del suelo, el sitio quemado anualmente tuvo valores superiores de materia orgánica, nitrógeno y arcilla, a diferencia del sitio testigo (da Silva y Batalha, 2008).

Medina (2016), quien trabajó en la misma área del presente estudio, documentó una abundancia más alta para las familias del MDM, con tres especies de leguminosas. Al respecto, la mineralización del N depende, fuertemente, de la habilidad de la leguminosa para fijar N₂, y la importancia de este proceso biológico es mejorar el aporte de N disponible en el suelo (Valles *et al.*, 2008).

Matorral desértico rosetófilo

Los valores medios de Nt para el MDR, mostraron que el testigo (0.075 %) presentó el menor contenido de Nt, no se obtuvieron diferencias con respecto al tratamiento R-08, cuyo contenido de Nt aumentó ligeramente a 0.816 %. El tratamiento R-04 presentó un contenido medio (0.125 %) a diferencia de los tratamientos R-11 e IN-11 que fueron de 0.170 % y 0.178 %, respectivamente, formando un grupo estadísticamente diferente (Figura 4). El fuego es un agente de cambio en comunidades vegetales, debido a su efecto sobre la disponibilidad de recursos y las interacciones competitivas de individuos (Alba *et al.*, 2015).



Distintas letras indican diferencia significativa, ($p \leq 0.05$).

Figura 4. Valores medios de contenidos de nitrógeno total (%) para los tratamientos del matorral desértico rosetófilo ($n = 8$).

Medina-Guillén *et al.* (2017b) señalan que, con la aplicación del incendio se redujeron las especies no deseadas, como la vegetación con baja tolerancia al fuego y se propició una mayor cobertura de vegetación nativa. Hobley *et al.* (2017) concluyen que el fuego es una herramienta muy útil en la eliminación de la biomasa aérea a corto plazo, también conduce a una entrada de N mediante la introducción de una fuente subsuperficial de materia orgánica (raíces muertas). Medina (2016), en MDR determinó que los tratamientos de rodillo con más de 6 años presentaron un incremento en sus coberturas de 45 % a 75 %; y cita 21 especies, de las cuales 12 se localizaron en el área incendiada, con la dominancia de tres familias: Cactaceae, Asteraceae, Fabaceae; esta última está estrechamente relacionada con organismos fijadores de nitrógeno, conocidos como rizobios (Bottomley y Myrold, 2015).

Valoración del contenido de nitrógeno

La valoración correspondiente del contenido nitrógeno total para los dos tipos de vegetación (MDM y MDR), se presenta de acuerdo a la valoración de Woerner (1989), con los valores medios en diferente categoría. Para MDM, los tratamientos presentaron valoraciones de adecuado (R-04 y R-08), alto (testigo y IN-11), y muy alto (R-11), comportándose de manera similar a los grupos estadísticos obtenidos. Para los grupos de la vegetación MDR, los tratamientos tuvieron un intervalo de adecuado a alto, con un comportamiento estadístico similar (Cuadro 2). Se determinó una relación entre la clasificación correspondiente y los valores estadísticos, lo cual difiere con lo registrado por Silva-Arredondo *et al.* (2013), quienes demostraron que aun con diferencias estadísticas en diversas propiedades químicas para pastizales con diferentes años de abandono, algunas variables presentan una misma valoración de acuerdo a las clasificaciones de la NOM-021-RECNAT-2000 SEMARNAT.

Cuadro 2. Valoración del contenido de nitrógeno de acuerdo a la clasificación de Woerner (1989).

Tratamientos	MDM	MDR
Testigo	A	AD
R-04	AD	AD
R-08	AD	AD
R-11	MA	A
IN-11	A	A

AD= Adecuado; A= Alto; MA = Muy alto.

Las ganancias o pérdidas del contenido de nitrógeno se muestran en Cuadro 3. En el MDM, los tratamientos RA-04 y RA-08 tuvieron pérdidas con respecto al testigo, cuya antigüedad es de diez y seis años, respectivamente; mientras que los tratamientos con menor tiempo de aplicación tuvieron una ganancia de este elemento. En comparación con el MDR, este presentó una ganancia con una variación de 9 % (RA-08) a 138 % con respecto al testigo, en el cual el mayor efecto correspondió al tratamiento con menor tiempo de aplicación (3 años).

Cuadro 3. Variación del contenido de Nt (%) por efecto de los tratamientos con relación a el testigo para los dos tipos de vegetación.

Tratamientos	MDM	MDR
R-04	-50	67
R-08	-54	9
R-11	50	127
IN-11	12	138

Conclusiones

Los contenidos de nitrógeno total en el suelo para el matorral desértico micrófilo y rosetófilo varían considerablemente después de los tratamientos mecánicos aplicados. En general, los contenidos de Nt son mayores en el MDM, donde la vegetación juega un factor clave en el comportamiento de Nt debido a la presencia de especies leguminosas que pudieron ser reincorporadas al suelo. Por otra parte, el manejo mecánico de rodillo aireador, así como el uso del fuego mejoran los contenidos de nitrógeno, pero solo a corto plazo. El MDM presenta un aumento para los tratamientos de menor tiempo de aplicación, mientras que para el MDR todos los tratamientos mejoran el contenido de Nt, lo que representa valores superiores con respecto al testigo (9-138 %) después de 10 años de

aplicación del tratamiento de rodillo o incendio, por lo cual se recomienda su utilización en lapsos de tiempo mayor que en el MDM.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Autónoma de Nuevo León (proyecto PAICYT CT263-15) por el apoyo brindado para la realización de la presente investigación. Asimismo, se agradece a dos revisores anónimos por enriquecer y hacer observaciones críticas al manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Rodolfo Alejandro Martínez Soto: desarrollo de la investigación, estructura y diseño del manuscrito; María Inés Yáñez Díaz: análisis estadísticos, conclusiones, revisión y corrección del documento; Israel Cantú Silva: diseño del manuscrito e interpretación de los resultados y corrección del documento; Humberto González Rodríguez: selección de sitios, apoyo en resultados y revisión del manuscrito; José Guadalupe Marmolejo Monsiváis: datos climáticos y revisión del manuscrito; Karla Estrella Díaz García: abstract y discusión.

Referencias

- Alba, C., H. Skálová, K. F. McGregor, C. D'Antonio and P. Pyšek P. 2015. Native and exotic plant species respond differently to wildfire and prescribed fire as revealed by metaanalysis. *Journal of Vegetation Science* 26 102-113.
- Affif K., E., y J. A. Oliveira, P. 2006. Efectos del fuego prescrito sobre matorral en las propiedades del suelo. *Investigación Agraria Sistemas y Recursos Forestales* 15 (3): 262-270.
- Aragón, L., E. Treviño, J. Jiménez, O. Aguirre, M. Tagle, M. Pompa y C. Aguirre. 2013. Monitoreo de la deforestación mediante técnicas geomáticas en el centro-norte de México. *Ciencia UANL* 16(64): 43-54.
- Asner, G. P., A. J. Elmore, L. P. Olander, R. E. Martin, and A. T. Harris. 2004. Grazing systems, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources* 29: 261-299.
- Bottomley, P. J. and D. Myrold D. 2015. Biological N Inputs. In: Paul, E. A. (ed.). *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*. Natural Resource Ecology Laboratory and Departament of Soil and Crop Sciences. Colorado State University. Fort Collins, CO, USA. pp. 447-468.
- Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. In: Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Keeney (ed.). *Methods of soil analysis part 2: chemical and microbiological properties*. Agronomy Monograph Num. 9. 2nd ed. American Society of Agronomy and Academic Press. Madison, WI, USA. pp. 595-624.
- Celaya M., H., F. García O., J. C. Rodríguez y A. E. Castellanos V. 2015. Cambios en el almacenamiento de nitrógeno y agua en el suelo de un matorral desértico transformado a sabana de buffel (*Pennisetum ciliare* (L.) Link). *Terra Latinoamericana* 33(1):79-93.

Cristóbal-Acevedo, D., M. E. Álvarez-Sánchez, E. Hernández-Acosta y R. Améndola-Massiotti. 2011. Concentración de nitrógeno en suelo por efecto de manejo orgánico y convencional. *Terra Latinoamericana* 29(3):325-332.

da Silva, D. y M. Batalha. 2008. Soil-vegetation relationships in cerrados under different fire frequencies, *Plant and Soil* 311:87-96.

Fassbender, H. W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Serie de materiales de enseñanza. Núm. 29. 2^a edición. Editorial CATIE/GTZ. Turrialba, Costa Rica. 491 p.

Fassbender, H. W. 1987. Química de Suelos, con énfasis en Suelos de América Latina. 2^a edición. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 420 p.

Fernández, F., M. Rütting T. and S. González, P. 2017. Effects of a high-severity wildfire and post-fire straw mulching on gross nitrogen dynamics in Mediterranean shrubland soil. *Geoderma* 305: 328-335

Ferrera C., R. and A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8(2):175-183.

Fontúrbel LL. T., J. A. Vega H., C. Fernández F., P. R. Pérez G. A. y E. Jiménez C. 2009. Efectos inmediatos de la severidad del fuego en algunas propiedades edáficas en tres áreas forestales incendiadas en Galicia. *In: Memoria del 5º congreso forestal español, montes y sociedad: saber qué hacer*, del 21 al 25 de septiembre de 2009 en Ávila, comunidad autónoma de Castilla y León. pp. 1-14.

Gallardo, A., F. Covelo, L. Morrillas y M. Delgado 2009. Ciclo de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta. *Asociación Española Terrestre. Ecosistemas* 18 (2): 4-19.

- García O., F., 1996 El ciclo del nitrógeno. Adaptado de boletín técnico Núm. 140. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Balcarce, Buenos Aires, Argentina. pp. 1-11.
- Granados-Sánchez, D., A. Sánchez-González, R. L. Granados V. y A. Borja de la R. 2011. Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17: 111-130.
- Hobley, E. U., A. J. Le Gay B. and B. Wilson. 2017. Forest burning affects quality and quantity of soil organic matter. *Science of the Total Environment* 575: 41–49.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1983. Síntesis geográfica del estado de Coahuila. México, D.F., México. 169 p.
- Unión Internacional de las Ciencias del Suelo-Centro Internacional de Información y Referencia de Suelos-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (IUSS-ISRIC-FAO). 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos Núm. 103. IUSS Grupo de Trabajo WRB. FAO. Roma, Italia. 117 p.
- Jiménez-Pinilla, P., E. Lozano., J. Mataix-Solera, V. Arcenegui., A. Jordán and L.M. Zavala. 2016. Temporal changes in soil water repellency after a forest fire in a Mediterranean calcareous soil: Influence of ash and different vegetation type. *Science of the Total Environment* 572: 1252–1260.
- Knicker, H. 2007. How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review, *Biogeochemistry* 85 (1): 91–118.
doi:10.1007/s11258-006-9125-4.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and human well-being: Desertification synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, USA. 137 p

Medina, G. R., I. Cantú S., E. Estrada C., H. Rodríguez G. y J. A. Delgadillo V. 2015. Cambios en la Vegetación del matorral desértico micrófilo en un área bajo manejo. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 6(32): 37-48.

Medina, R. 2016. Cambios en la estructura y propiedades hidroedafológicas en áreas bajo manejo del matorral micrófilo y rosetófilo. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 87 p.

Medina-Guillén. R., I. Cantú-Silva, H. González-Rodríguez, M. Pando-Moreno, T. Kubota y M. V. Gómez-Meza. 2017a. Efectos del rodillo aireador y el fuego en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo en matorrales de Coahuila, México. Agrociencia 51: 471-485.

Medina-Guillén, R., I. Cantú-Silva, E. Estrada-Castillón, H. González-Rodríguez y J. A. Delgadillo-Villalobos. 2017b. Estructura y diversidad del matorral desértico rosetófilo rehabilitado con rodillo aireador, Coahuila, México. Polibotánica 44: 95-107.

Montoya S., G. Marín and E. Ortega. 2014. Impact of prescribed burning on soil properties in a Mediterranean area (Granada, SW Spain). Spanish Journal of Soil Science 4(1):88-98.

Muqaddas, B., C. Chen, T. Lewis and C. Wild 2016. Temporal dynamics of carbon and nitrogen in the surface soil and forest floor under different prescribed burning regimes. Forest Ecology and Management 382:110-119.

Rodríguez P., A., J. Durán H., J. M. Fernández-Palacios y A. Gallardo C. 2008. El fuego cambia el patrón espacial de nutrientes en ecosistemas de *Pinus canariensis*. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales 25: 387-393.

Rubio G., E. 2009. Rodillo aereador. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 8 p.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1^a Edición digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., México. 504 p.

- Silva-Arredondo, F., M. Pando M., H. González R. and L. Scott M. 2013. Changes in the Chemical Properties of a Soil Impacted by Intensive Agriculture, North-eastern México. International Journal of Bio-resource and Stress Management 4(2): 126-131.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982a. Carta Estatal de Edafología. Cartas H 13-9 y H13-12. 1: 250 000. Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. México, D.F., México. s/p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1982b. Carta Estatal de Geología. Cartas H 13-9 y 13-12. 1:250 000. Dirección general de Geografía del Territorio Nacional. México, D.F., México. s/p.
- Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP). 1983. Síntesis Geográfica de Coahuila y anexo cartográfico. Dirección general de Geografía del Territorio Nacional. México, D.F., México. 195 p.
- Statistical Package for Social Sciences (SPSS). 2009. Statistical Package for the Social Sciences. Ver. 22. SPSS Inc. Chicago, IL USA. n/p.
- Valles M., B., G. Cadisch y E. Castillo G. 2008. Mineralización de nitrógeno en suelos de pastura con *Arachis pintoi*. Técnica Pecuaria en México 46 (1): 91-105.
- Velásquez V., M. A., A. de Alba A., R. Gutiérrez L. y G. García C. 2012. Práctica de restauración de suelos para la conservación del agua. Folleto técnico Núm. 46. CIR-Norte Centro, CEZAC. INIFAP. 97 p.
- Villarreal-Quintanilla, J. A., J. A. Bartolomé-Hernández, E. Estrada-Castillón, H. Ramírez-Rodríguez y S. J. Martínez-Amador. 2017 El elemento endémico de la flora vascular del Desierto Chihuahuense. Acta botánica mexicana 118: 65-96.
- Wang T., F. Kang, X. Cheng, H. Han and W. Ji 2016. Soil organic carbon and total nitrogen stocks under different land uses in a hilly ecological restoration area of North China. Soil & Tillage Research 163:176-184.

Woerner, P. M. 1989. Métodos químicos para el análisis de suelos calizos de zonas áridas y semiáridas. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N. L., México. 103 p.

Zhang, J., Z. Ai, C. Liang, G. Wang and S. Xue. 2017 Response of soil microbial communities and nitrogen thresholds of *Bothriochloa ischaemum* to short-term nitrogen addition on the Loess Plateau. *Geoderma* 308: 112–119.