

# POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



Núm. 51

 **CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Enero 2021

SEP



Enero 2021

Núm. 51

POLIBOTÁNICA



CONACYT

## PÁG.

## CONTENIDO

- 1 La familia Rosaceae en México.  
*The Rosaceae family in Mexico.*  
Rzedowski, J.
- 17 Orquídeas de los municipios de Santo Domingo Yanhuitlán y San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca.  
*Orchids from the municipalities of Santo Domingo Yanhuitlán and San Pedro y San Pablo Teposcolula, Oaxaca.*  
Ibarra-Contreras, C.A. | R. Solano | L. Paz-Cruz | C. Pérez-Domínguez | L. Lagunez-Rivera
- 43 Caracterización de la variación morfológica de *Cyanotetras* (Cyanobacteria) en el Lago de Catemaco Veracruz, México.  
*Characterization of morphological variation of Cyanotetras (Cyanobacteria) in Catemaco Lake, Veracruz, Mexico.*  
Muciño-Márquez, R.E. | R.O. Echenique | I. Gárate-Lizárraga | M.G. Figueroa-Torres | A. Esquivel-Herrera
- 55 Estructura vertical de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México.  
*Vertical structure of a gallery forest on an altitude gradient in northwestern of Mexico.*  
Holguín-Estrada, V.A. | Alanís-Rodríguez E. | Aguirre-Calderón O.A. | J.I. Yerena-Yamalle | M.Á. Pequeño-Ledezma
- 73 Diversidad arbórea nativa: base para el diseño de sistemas agroforestales en una comunidad maya en la Península de Yucatán, México.  
*Native tree diversity: basis for the design of agroforestry systems in a mayan community in the Yucatan Peninsula, Mexico.*  
Dzib-Castillo, B. B. | H. Van der Wal | V. Cervantes-Gutiérrez | W. Cetzal-Ix | C. I. Chanatásig-Vaca | F. Casanova-Lugo
- 91 Estructura y diversidad arbórea de un bosque de galería urbano en el Río Camachito, noreste de México.  
*Tree structure and diversity of an urban gallery forest in the Camachito River, northeast Mexico.*  
Canizales-Velázquez, P.A. | E. Alanís-Rodríguez | S. A. García-García | V. A. Holguín-Estrada | A. Collantes-Chávez-Costa
- 107 Estructura y diversidad del matorral xerófilo en el noreste de México.  
*Structure and diversity of the xerophilous scrub in northeast Mexico.*  
Reyna-González, A. M. | P.S. Soto-Borrego | E. Alanís-Rodríguez | V. M. Molina-Guerra | A. Collantes-Chávez-Costa
- 123 Fenología floral de nueve variedades de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch).  
*Floral phenology of nine poinsettia varieties (Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch).*  
Rodríguez-Rojas, T. de J. | M. Andrade-Rodríguez | A. Castillo-Gutiérrez | O.G. Villegas-Torres
- 141 Micropropagación del lirio amazónico (*Eucharis grandiflora* Planch. & Linden) mediante organogénesis directa.  
*Micropropagation of amazon lily (Eucharis grandiflora Planch. & Linden) through direct organogenesis.*  
Guerrero-Valencia, F.A. | J.L. Rodríguez-de la O | M. de J. Juárez-Hernández | J. Ayala-Arreola | G. Ramírez-González
- 155 Caracterización micrográfica de tres frutos tropicales, *Musa paradisii* L., *Persea americana* Mill. y *Physalis peruviana* L. Importancia en el control de calidad botánico de alimentos derivados.  
*Micrographic characterization of three tropical fruits, Musa paradisii L., Persea americana Mill. and Physalis peruviana L. Significance in the definition of botanical quality of derived foods.*  
Gimenez, L. A. S. | M. A. Rivas | N. D. Vignale | A. A. Gurni
- 171 Semillas de rabanitos (*Raphanus sativus* L.): observaciones de su morfología bajo microscopía electrónica, germinación y utilidad para estudios de fitotoxicidad.  
*Seeds of radishes (Raphanus sativus L): observations of its morphology under electron microscopy, germination and usefulness for phytotoxicity studies.*  
Taladrid, I. J. | M.B. Espinosa
- 185 Diversidad genética de la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst. ssp. *aconitifolius*) en Yucatán, México, su posible centro de domesticación.  
*Genetic diversity of chaya (Cnidoscolus aconitifolius (Mill.) I. M. Johnst. ssp. aconitifolius) in Yucatan, Mexico, its putative domestication center.*  
Chin-Chan, T. | M.M. Ortiz-García | P.J. Ruiz-Gil | J. Martínez-Castillo
- 203 Caracterización química de los volátiles de *Tagetes nelsonii*.  
*Chemical characterization of the volatiles of Tagetes nelsonii.*  
Cruz Flores, O. | M. Espinoza Ruiz | A. Santiesteban Hernández | L. Cruz-López
- 213 Extractos vegetales para el control de *Colletotrichum gloeosporioides* in vitro, en periodo de floración y poscosecha del fruto de *Carica papaya*.  
*Plant extracts for control of Colletotrichum gloeosporioides in vitro and flowering period and postharvest stage on Carica papaya.*  
García-Mateos, M.R. | M. Acosta-Ramos | E. Rodríguez-Pérez | J. Vásquez-Sánchez | L. Hernández-Ramos
- 229 Importancia relativa de frutos y verduras comercializadas en el Mercado de Izúcar de Matamoros, Puebla, México.  
*Relative importance of fruits and vegetables commercialized in the Izúcar de Matamoros Market, Puebla, Mexico.*  
Martínez Moreno, D. | J. Reyes Matamoros | A.L. López Pérez | F. Basurto Peña

## Portada

*Fallugia paradoxa* (D. Don) Endl. ex Torr.  
Rosaceae. “Penacho de Apache”

Arbustos de hasta 2 m de altura. Hojas de 6-8 mm de largo, en fascículos, usualmente caducas. Flores blancas y vistosas, generalmente unisexuales de 3 cm de diámetro. Aquenios obovoides-fusiformes, cada uno con un estilo que se modifica en una pluma rosada o violácea, retorcida y vellosa, de hasta 3 cm de largo, la “pluma” ayuda a dispersar las semillas por el viento. Prospera en matorral xerófilo. Se usa en la cestería para construir cunas, escobas y flechas, se considera valiosa para el control de la erosión en las zonas desérticas. Distribución: Noroeste de México y Sur de Estados Unidos.



Shrubs up to 2 m tall. Leaves 6-8 mm long, in fascicles, usually deciduous. Flowers white and showy, generally unisexual, 3 cm in diameter. Achenes obovoid-fusiform, each with a style that is modified into a pink or purplish, twisted and hairy feather, up to 3 cm long, the “feather” helps to disperse the seeds by the wind. Prosper in xerophilous scrub. It is used in basketry to build cradles, brooms and arrows, it is considered valuable for erosion control in desert areas. Distribution Northwest of Mexico and South of the USA.

por/by **Rafael Fernández Nava**



## INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretaria General: *M.en D.D.C. María Guadalupe Vargas Jacobo*

Secretario Académico: *Dr. Jorge Toro González*

Secretario de Extensión e Integración Social: *Dr. Luis Alfonso Villa Vargas*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dr. Juan Silvestre Aranda Barradas*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *C.P. Jorge Quintana Reyna*

Director de Educación Superior: *Ing. Juan Manuel Velázquez Peto*

## ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

*Dr. Gonzalo Trujillo Chávez*

Subdirectora Académica:

*M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes*

Subdirector Administrativo: *Ing. Raúl Chávez Alvircio*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

*Dr. Gerardo Aparicio Ozores*

---

**POLIBOTÁNICA**, Año 26, No. 51, enero-junio 2021, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

# REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## EDITOR EN JEFE

*Rafael Fernández Nava*

## EDITORA ASOCIADA

*María de la Luz Arreguín Sánchez*

## COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

*Christiane Anderson*  
University of Michigan  
Ann Arbor, Michigan, US

*Edith V. Gómez Sosa*  
Instituto de Botánica Darwinion  
Buenos Aires, Argentina

*Heike Vibrans*  
Colegio de Postgraduados  
Estado de México, México

*Jorge Llorente Bousquets*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Graciela Calderón de Rzedowski*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Delia Fernández González*  
Universidad de León  
León, España

*Theodore S. Cochrane*  
University of Wisconsin  
Madison, Wisconsin, US

*Jerzy Rzedowski Rotter*  
Instituto de Ecología del Bajío  
Pátzcuaro, Mich., México

*Hugo Cota Sánchez*  
University of Saskatchewan  
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

*Luis Gerardo Zepeda Vallejo*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Fernando Chiang Cabrera*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Claude Sastre*  
Muséum National d'Histoire Naturelle  
Paris, Francia

*Thomas F. Daniel*  
California Academy of Sciences  
San Francisco, California, US

*Mauricio Velayos Rodríguez*  
Real Jardín Botánico  
Madrid, España

*Francisco de Asis Dos Santos*  
Universidad Estadual de Feira de Santana  
Feira de Santana, Brasil

*Noemi Waksman de Torres*  
Universidad Autónoma de Nuevo León  
Monterrey, NL, México

*Carlos Fabián Vargas Mendoza*  
Instituto Politécnico Nacional  
Ciudad de México, México

*Julieta Carranza Velázquez*  
Universidad de Costa Rica  
San Pedro, Costa Rica

*José Luis Godínez Ortega*  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Ciudad de México, México

*Tom Wendt*  
University of Texas  
Austin, Texas, US

*José Manuel Rico Ordaz*  
Universidad de Oviedo  
Oviedo, España

## DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

*Luz Elena Tejeda Hernández*

## OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

*Pedro Aráoz Palomino*

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

**Dr. Rafael Fernández Nava**  
Editor en Jefe de

## POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica  
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional  
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:  
*polibotanica@gmail.com*  
*rfernan@ipn.mx*

Dirección Web  
*http://www.polibotanica.mx*

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de innovación y conocimiento científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias).



# ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL XERÓFILO EN EL NORESTE DE MÉXICO

# STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE XEROPHILOUS SCRUB IN NORTHEAST MEXICO

Reyna-González, Á. M.; P.S. Soto-Borrego, E. Alanís-Rodríguez, V. M. Molina-Guerra y A. Collantes-Chávez-Costa

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL XERÓFILO EN EL NORESTE DE MÉXICO.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE XEROPHILOUS SCRUB IN NORTHEAST MEXICO.

## ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL XERÓFILO EN EL NORESTE DE MÉXICO

## STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE XEROPHILOUS SCRUB IN NORTHEAST MEXICO

Reyna-González, Á. M.;  
P.S. Soto-Borrego,  
E. Alanís-Rodríguez,  
V. M. Molina-Guerra y  
A. Collantes-Chávez-Costa

ESTRUCTURA Y  
DIVERSIDAD DEL  
MATORRAL XERÓFILO EN  
EL NORESTE DE MÉXICO.

STRUCTURE AND  
DIVERSITY OF THE  
XEROPHILOUS SCRUB IN  
NORTHEAST MEXICO.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 51: 107-122. Enero 2021

DOI:  
10.18387/polibotanica.51.7

Á. M. Reyna-González  
P.S. Soto-Borrego

E. Alanís-Rodríguez / [eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx](mailto:eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx)  
Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.  
Carretera Linares-Cd. Victoria Km 145. Apartado Postal 41. CP 67700,  
Linares, N.L., México.

V. M. Molina-Guerra  
RENAC, S.A. de C.V., Asesorías Ambientales, Calle Perlitas 127,  
Fraccionamiento las Glorias. CP 67710, Linares, Nuevo León, México.

A. Collantes-Chávez-Costa  
Universidad de Quintana Roo, División de Desarrollo Sustentable,  
Av. Andrés Quintana Roo con calle 110 Sur s/n, CP 77600  
Cozumel, Quintana Roo, México.

**RESUMEN:** Se evaluó la estructura y diversidad de especies leñosas en una comunidad vegetal con historial pecuario que fue excluida hace una década dentro del Área de Conservación e Investigación RENAC, en el municipio de Linares (Noreste de México). Se establecieron 10 sitios de muestreo de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m) distribuidos aleatoriamente. En los sitios se consideraron los individuos arbóreos y arbustivos con un diámetro basal ( $d_{0.10}$ ) igual o mayor a 3 cm, como correspondiente a la vegetación original remanente. Para evaluar la regeneración ( $d_{0.10} < 3$  cm) se establecieron sitios de 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m) en cada esquina y el centro del sitio de 100 m<sup>2</sup>. Se midió la altura total (h), diámetro basal ( $d_{0.10m}$ ) y cobertura de copa (N-S, E-O). Los parámetros ecológicos analizados fueron de abundancia ( $A_r$ ), dominancia ( $D_r$ ), frecuencia ( $F_r$ ) e índice de valor de importancia (IVI), además estimaciones de índices de Shannon (H') y Margalef ( $D_a$ ). Se registraron 10 familias, 12 géneros y 14 especies. La familia con mayor número de especies (4) fue Fabaceae. Las especies con mayores valores de índice de valor de importancia (IVI) fueron *Havardia pallens*, *Zanthoxylum fagara* y *Celtis laevigata*, especies típicas de comunidades vegetales maduras del matorral espinoso tamaulipeco y submontano. En la comunidad vegetal estudiada, se presentan una riqueza y diversidad de especies típicas de clima árido y semiárido del noreste de México y, tanto el patrón de clases diamétricas, como el índice de similitud de Jaccard sugieren una activa dinámica de la regeneración en la comunidad vegetal.

**Palabras clave:** Vegetación xerofítica, estructura ecológica, diversidad, conservación, regeneración.

**ABSTRACT:** The structure and diversity of woody species in a plant community with livestock history was evaluated, which was excluded a ten years in the RENAC Conservation and Research Area, municipality of Linares in the Northeast of Mexico. A total of 10 randomly distributed sampling plot from 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m) were established. At the plots, arboreal and shrubby individuals with a basal diameter ( $d_{0.10}$ ) equal to or greater than 3 cm, corresponding to the original remaining vegetation were considered. To evaluate the regeneration ( $d_{0.10} < 3$  cm) sites of 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m) were established in each corner and the center of the site of 100 m<sup>2</sup>. The total height (h), basal diameter ( $d_{0.10}$ ) and cup cover (N-S, E-O) were measured. The ecological

parameters analyzed were abundance (Ar), dominance (Dr), frequency (Fr) and importance value index (IVI), also estimates of Shannon ( $H'$ ) and Margalef (Da) indices. 10 families, 12 genera and 14 species were registered. The family with the highest number of species (4) was Fabaceae. The species with the highest values of importance index (IVI) were *Havardiapallens*, *Zanthoxylum fagara* and *Celtis laevigata*, typical of species of mature plant communities of the Tamaulipan thornscrub and submontane thorn scrub. In the plant community studied, there is a richness and diversity of typical species of arid and semi-arid climate of northeastern Mexico, and both the pattern of diameter classes and the Jaccard similarity index suggest that an active dynamics of regeneration in the plant community.

**Key words:** *Xerophilous vegetation; ecological structure, diversity, conservation, regeneration.*

## INTRODUCCIÓN

Las formaciones vegetales con mayor distribución en México son los matorrales xerófilos, cubriendo el 28.8% de la superficie total nacional (CONAFOR, 2018). Los estados con mayores superficies de matorrales son Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Jalisco, Guanajuato, Tamaulipas y Nuevo León (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012). El estado de Nuevo León presenta una superficie de 4.2 millones de hectáreas, de las cuales el 53.5% corresponde a matorrales xerófilos (CONAFOR, 2014).

Las actividades productivas como la agricultura, ganadería y silvicultura han modificado la estructura y composición de los ecosistemas del norte del país (Alanís Rodríguez *et al.*, 2008). La ganadería es una de las principales actividades que fomenta la pérdida de cobertura vegetal natural por el cambio de uso de suelo (Arriaga, 2009; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012). El pastoreo continuo es una práctica sumamente utilizada en el noreste del país en zonas denominadas “agostaderos” (Hanselka *et al.*, 1988), término utilizado para tierras que por su precipitación pluvial, topografía o calidad, producen en forma natural o cultivada, pastos y forrajes que sirven para alimento del ganado. En este tipo de pastoreo se hace uso de la superficie al menos durante una temporada completa o de forma permanente (Molina-Guerra *et al.*, 2013), sin embargo, el animal ejerce una amplia selección de las especies del agostadero consumiendo aquellas que resultan más palatables (Baraza & Valiente-Banuet, 2012).

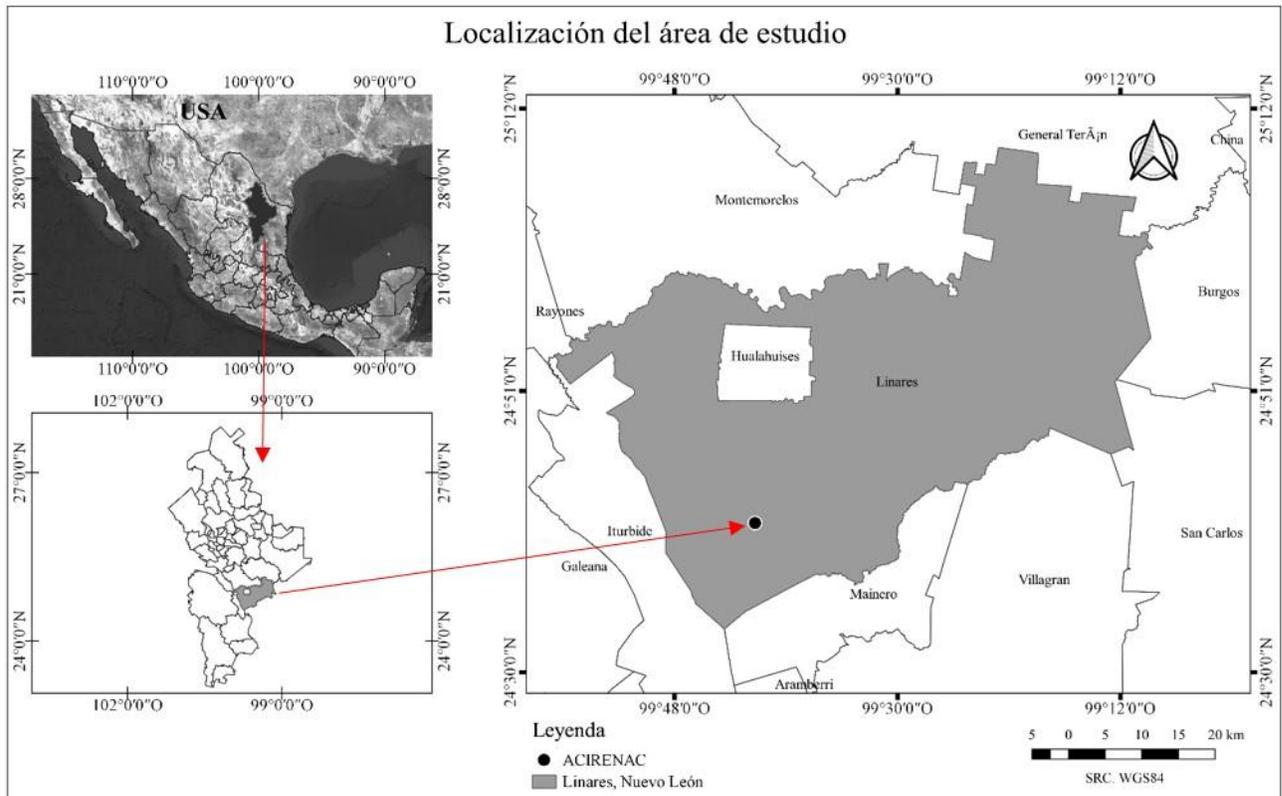
En las áreas rurales del noreste de México la actividad pecuaria es el principal medio de sustento, sin embargo, existe escasa información sobre los efectos de esta actividad en la vegetación. Generar información cuantitativa de la estructura y diversidad de las especies leñosas es importante para la correcta toma de decisiones en la gestión pecuaria y de conservación (Molina-Guerra *et al.*, 2013; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012).

El Área de Conservación e Investigación RENAC es una reserva ecológica particular ubicada en el noreste de México, presenta una superficie de 6.32 ha<sup>-1</sup> y desde hace una década conserva una comunidad vegetal de matorral xerófilo que tiene historial de uso pecuario. En esta área de conservación no se han desarrollado investigaciones que evalúen el estado actual de su comunidad vegetal. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la estructura y diversidad de especies leñosas en dos estratos (remanente y regeneración) del Área de Conservación e Investigación RENAC. La hipótesis es que las especies con mayor abundancia en ambos estratos (remanente y regeneración) son similares y que las curvas de dominancia-diversidad presentarán el mismo modelo de ajuste.

## MÉTODOS

**Área de estudio.** El Área de Conservación e Investigación RENAC (ACIRENAC), se localiza en el ejido Los Álamos, en el municipio de Linares, Nuevo León (Noreste de México; fig. 1),

en las coordenadas  $27^{\circ} 41' 42.1''$  N y  $99^{\circ} 41' 20.1''$  W, a 27 km de la cabecera de este municipio. Se encuentra en una zona de transición entre el matorral espinoso tamaulipeco (MET) y matorral submontano (INEGI, 1988) en la cuenca San Fernando – Soto la Marina, en la subcuenca A. Camacho (INEGI, 2010). Presenta escurrimientos superficiales de tipo intermitente próximos con un coeficiente de escurrimiento de 10-20%. INEGI (2005) lo ubica en la unidad geológica compuesta principalmente de rocas de origen sedimentario. El tipo de suelo predominante es del tipo Luvisol y las topeformas próximas son de lomerío bajo.



**Fig. 1.** a) Estados Unidos Mexicanos resaltando el Estado de Nuevo León, b) Estado de Nuevo León resaltando el municipio de Linares, c) Municipio de Linares, ubicando Área de Conservación e Investigación RENAC (ACIRENAC).

**Análisis de la vegetación.** La vegetación presente en el Área de Conservación e Investigación RENAC tiene características de transición de un matorral espinoso tamaulipeco y un matorral submontano. La vegetación fue influenciada por actividad pecuaria (ganado vacuno) durante el período 1984 al 2009, basada en el consumo del sotobosque y follaje del componente arbóreo y arbustivo, y por la extracción de leña (troncos caídos y corta de ramas de árboles y arbustos) para consumo local. En el año 2009 se excluyó el área con una cerca perimetral para delimitar el ACIRENAC de los terrenos contiguos y con esto evitar la extracción de leña y el ingreso del ganado; a partir de entonces y hasta la fecha (2019) el crecimiento de la vegetación se ha regenerado de manera natural y gradualmente.

Para evaluar la comunidad vegetal, en septiembre de 2019 se establecieron 10 sitios de muestreo de  $100 \text{ m}^2$  ( $10 \times 10 \text{ m}$ ) distribuidos aleatoriamente en una superficie de  $6.32 \text{ ha}^{-1}$ . En los sitios se consideraron los individuos arbóreos y arbustivos remanentes del aprovechamiento,

con diámetro basal ( $d_{0.10}$ ) igual o mayor a 3 cm. Para evaluar la regeneración de los árboles y arbustos ( $d_{0.10} < 3$  cm) se establecieron sitios de 1 m<sup>2</sup> (1 x 1 m) en cada esquina y el centro del sitio de 100 m<sup>2</sup>.

En los sitios de muestreo se desarrolló un censo de las especies arbóreas y arbustivas; las medidas consideradas fueron altura total ( $h$ ) (para el cálculo del volumen m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>), diámetro basal ( $d_{0.10}$ ) y diámetro de copa ( $k$ ), el cual se obtuvo utilizando una cinta métrica midiendo el espacio ocupado por la copa en sentido norte-sur y este-oeste, esto permite calcular el diámetro promedio y con ello determinar el área de copa (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>). La medición del diámetro basal ( $d_{0.10}$ ) se efectuó a 0.10 m sobre la base del suelo, ya que es una medida estándar empleada para la regeneración de las especies leñosas del matorral espinoso tamaulipeco (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020). Las especies se identificaron por personal calificado de la Universidad Autónoma de Nuevo León usando el libro de Molina-Guerra *et al.* (2019).

**Análisis de la información.** Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef ( $D_{Mg}$ ) y para la diversidad alfa el índice de Shannon & Weiner ( $H'$ ) mediante las ecuaciones:

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i * \ln(p_i)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde  $S$  es el número de especies presentes,  $N$  es el número total de individuos,  $p_i$  es la abundancia proporcional de la  $i$ ésima especie y  $n_i$  es el número de individuos de la especie  $i$ .

Para realizar el análisis de similitud florística de las comunidades  $i$  y  $j$ , se empleó el índice de Jaccard mediante la ecuación:

$$J_{ij} = \frac{C}{A + B - C}$$

Donde  $A$  es el número de especies presentes en la vegetación remanente (comunidad  $i$ ),  $B$  es el número de especies presentes en la regeneración (comunidad  $j$ ) y  $C$  es el número de especies presentes en ambos estratos (remanente y regeneración) es decir, que están compartidas.

Para caracterizar de manera horizontal la comunidad vegetal se generó un gráfico de clases diamétricas. Se generaron gráficos distribución de abundancia de especies a través de la construcción de curvas de dominancia-diversidad de forma decreciente para cada estrato (remanente y regeneración), desde las especies más abundantes hasta las menos abundantes (Brower & Zar, 1984; Magurran, 2004; Martella *et al.*, 2012). Cada especie presenta un rango en el eje “x”, y su respectiva abundancia sobre el eje “y”. Las curvas se ajustaron a distintos modelos de distribución de abundancia de especies (geométrico, Preemption, lognormal, Zipf y Zipf-Mandelbrot (Ulrich, Ollik, & Ugland, 2010). Los modelos de los gráficos distribución de abundancia se eligieron a partir de la máxima verosimilitud según el criterio de información de Akaike (AIC), donde el menor valor de AIC indica el mejor ajuste de las curvas entre los modelos comparados (Oksanen *et al.*, 2017). Los gráficos se realizaron mediante el programa R versión 2.4-3.

Para evaluar el diámetro promedio de copa y el área de copa y basal se utilizaron las siguientes fórmulas (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020):

$$\bar{k} = \frac{k_{N-S} + k_{E-O}}{2}$$

$$A = \frac{\pi}{4} * d^2$$

Donde  $\bar{k}$  es el diámetro promedio de la copa,  $k_{N-S}$  el diámetro medido en dirección Norte-Sur y  $k_{E-O}$  el diámetro medido en dirección Este-Oeste. En la segunda fórmula  $A$  es el área (de copa o basal),  $\pi$  un valor constante de 3.1416 y  $d$  el diámetro.

El volumen (V) de cada individuo se estimó mediante la fórmula:

$$V = g \times h \times CM$$

donde  $g$  es la superficie supuesta circular del diámetro basal (d0.10 m),  $h$  la altura total de individuo y  $CM$  el coeficiente mórfico, que para el caso del matorral espinoso tamaulipeco es 0.5 (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020).

Se utilizaron los indicadores ecológicos de abundancia ( $N \cdot ha^{-1}$ ), dominancia ( $m^2 \cdot ha^{-1}$ ) y frecuencia, con el fin de determinar el valor de importancia de las especies de la comunidad vegetal (Magurran, 2004). Para la estimación de la abundancia se empleó la siguiente ecuación:

$$A_i = \frac{N_i}{S}$$

$$AR_i = \left( \frac{A_i}{\sum A_i} \right) * 100$$

Donde  $A_i$  es la abundancia absoluta,  $AR_i$  es la abundancia relativa de la especie  $i$  respecto a la abundancia total,  $N_i$  es el número de individuos de la especie  $i$ , y  $S$  la superficie de muestreo (ha).

La dominancia relativa se evaluó mediante:

$$D_i = \frac{Ab_i}{S}$$

$$DR_i = \left( \frac{D_i}{\sum D_i} \right) * 100$$

Donde  $D_i$  es la dominancia absoluta,  $DR_i$  es la dominancia relativa de la especie  $i$  respecto a la dominancia total,  $Ab$  el área de copa de la especie  $i$  y  $S$  la superficie muestreada (ha).

La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$F_i = \frac{P_i}{NS}$$

$$FR_i = \left( \frac{F_i}{\sum F_i} \right) * 100$$

Donde  $F_i$  es la frecuencia absoluta,  $FR_i$  es la frecuencia de la especie  $i$  respecto a la frecuencia total,  $P_i$  es el número de sitios en la que está presente la especie  $i$  y  $NS$  el número total de sitios de muestreo. El índice de valor de importancia ( $IVI$ ) se define como:

$$IVI = \frac{AR_i + DR_i + FR_i}{3}$$

## RESULTADOS

**Composición.** En la vegetación remanente, se registraron 8 familias, 10 géneros y 11 especies (Tabla 1). La familia con mayor número de especies fue Fabaceae, con *Acaia rigidula*, *Acacia farnesiana*, *Havardia pallens* y *Eysenhardtia texana*.

En la regeneración, se registraron 11 familias, 12 géneros y 12 especies (Tabla 1). Se observaron dos familias con dos especies cada una; Rutaceae con *Amyris texana* y *Zanthoxylum fagara*, y Fabaceae con *Havardia pallens* y *Eysenhardtia texana*. Las otras ocho familias presentaron un solo espécimen cada una.

**Riqueza y diversidad.** Los resultados de la diversidad alfa en el Área de Conservación e Investigación RENAC (ACIRENAC) calculados mediante el índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) fue de 1.92 para el total de la vegetación, 2.00 para la regeneración y 1.58 para la vegetación remanente. El índice de diversidad de Margalef ( $D_{Mg}$ ) para el total de la vegetación resultó en un valor de 2.23, mismo valor que se obtuvo en la regeneración, el valor obtenido para la vegetación remanente fue de 1.89.

**Diversidad beta.** El Análisis de similitud florística evaluado mediante el Índice de Jaccard ( $J_{ij}$ ) muestra que existe una similitud florística del 64.29%, donde nueve de 14 especies son comunes.

**Tabla 1.** Listado florístico (ordenado alfabéticamente de acuerdo a la familia) de la vegetación remanente y de la regeneración del área de estudio. Abreviaturas: Vr (vegetación remanente), Rg (Regeneración) Arb (Arbustiva), P (Palatable) T (Tóxica) Sin descripción (N/D). La palatabilidad es de acuerdo a Martínez *et al.* (1997).

| Familia     | Nombre Científico                               | Nombre común    | Vr | Rg | Forma de Vida | Palatabilidad |
|-------------|---|-----------------|----|----|---------------|---------------|
| Cannabaceae | <i>Celtis laevigata</i> Willd.                  | Palo blanco     | x  | x  | Arb           | N/D           |
| Ebenaceae   | <i>Diospyros texana</i> Sheele.                 | Chapote         | x  | x  | Arb           | N/D           |
| Fabaceae    | <i>Eysenhardtia texana</i> Sceele               | Vara dulce      | x  | x  | Arb           | N/D           |
| Fabaceae    | <i>Havardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose | Tenaza          | x  | x  | Arb           | P             |
| Fabaceae    | <i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.            | Huizache        | x  |    | Arb           | P             |
| Fabaceae    | <i>Acacia rigidula</i> Benth.                   | Chaparro prieto | x  |    | Arb           | P             |
| Oleaceae    | <i>Forestiera angustifolia</i> Torr.            | Panalero        |    | x  | Arb           | N/D           |
| Rhamnaceae  | <i>Ramnus humboldtiana</i> Willd. ex Schult.    | Coyotillo       | x  | x  | Arb           | T             |
| Rubiaceae   | <i>Randia obcordata</i> S. Watson.              | Crucillo        | x  | x  | Arb           | N/D           |

|             |  |               |   |   |     |     |
|-------------|--|---------------|---|---|-----|-----|
| Rutaceae    | <i>Amyris texana</i> (Buckley) P. Wilson.          | Barreta china |   | x | Arb | P   |
| Rutaceae    | <i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.               | Colima        | x | x | Arb | N/D |
| Salicaceae  | <i>Neopringlea integrifolia</i> (Hemsl.) S. Watson | Corvagallina  | x | x | Arb | N/D |
| Ulmaceae    | <i>Celtis pallida</i> Torr.                        | Granjeno      | x | x | Arb | P   |
| Verbenaceae | <i>Lantana camara</i> L.                           | Lantana       |   | x | Arb | P   |

**Indicadores Ecológicos.** La abundancia absoluta fue 1950 N ha<sup>-1</sup>, la especie más abundante de la vegetación remanente del ACIRENAC es *Havardia pallens*, con el 41.54% del total de los individuos registrados, seguida de *Zanthoxylum fagara* con 32.31% así como *Acacia farnesiana* y *Celtis laevigata* con 6.15 y 4.62% respectivamente (Tabla 2). El área basal fue de 5.90 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> y el área de copa 16110 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>, donde las tres principales especies (*Havardia pallens*, *Zanthoxylum fagara* y *Acacia farnesiana*) presentan el 75.40 y el 76.99% respectivamente. El volumen es de 14.70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, donde *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara* presentan el 56.23%. Las cinco especies con mayor IVI fueron *Havardia pallens*, *Zanthoxylum fagara*, *Acacia farnesiana*, *Celtis pallida* y *Celtis laevigata*, las cuales juntas representan el 86.57% del valor de importancia de la vegetación remanente del ACIRENAC.

**Tabla 2.** Nombre científico con datos de abundancia, frecuencia, dominancia en IVI de la vegetación remanente en el ACIRENAC.

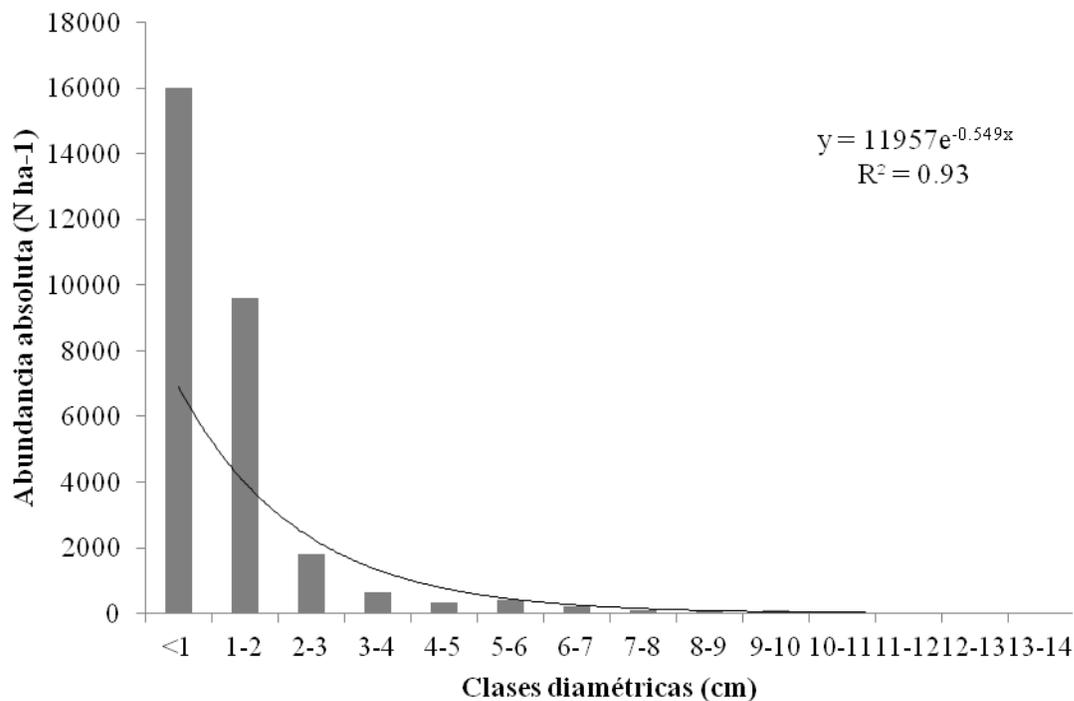
| ESPECIES                        | ABUNDANCIA         |            | ÁREA BASAL                      |            | ÁREA DE COPA                    |            | FRECUENCIA |            | VOLUMEN                         |            | IVI        |
|---------------------------------|--------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|------------|------------|---------------------------------|------------|------------|
|                                 | N ha <sup>-1</sup> | %          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | %          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | %          | Sitios     | %          | m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> | %          |            |
| <i>Havardia pallens</i>         | 810.00             | 41.54      | 1.84                            | 31.19      | 5603.29                         | 34.78      | 9.00       | 20.00      | 4.37                            | 29.75      | 32.11      |
| <i>Zanthoxylum fagara</i>       | 630.00             | 32.31      | 1.62                            | 27.36      | 5492.42                         | 34.09      | 10.00      | 22.22      | 3.89                            | 26.48      | 29.54      |
| <i>Acacia farnesiana</i>        | 120.00             | 6.15       | 1.00                            | 16.85      | 1308.32                         | 8.12       | 6.00       | 13.33      | 2.50                            | 16.98      | 9.20       |
| <i>Celtis pallida</i>           | 90.00              | 4.62       | 0.38                            | 6.41       | 1316.82                         | 8.17       | 5.00       | 11.11      | 0.92                            | 6.25       | 7.97       |
| <i>Celtis laevigata</i>         | 120.00             | 6.15       | 0.54                            | 9.18       | 964.78                          | 5.99       | 5.00       | 11.11      | 1.53                            | 10.40      | 7.75       |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 60.00              | 3.08       | 0.20                            | 3.44       | 332.82                          | 2.07       | 3.00       | 6.67       | 0.52                            | 3.55       | 3.94       |
| <i>Diospyros texana</i>         | 40.00              | 2.05       | 0.17                            | 2.89       | 566.09                          | 3.51       | 2.00       | 4.44       | 0.59                            | 3.99       | 3.34       |
| <i>Neopringlea integrifolia</i> | 40.00              | 2.05       | 0.07                            | 1.12       | 186.45                          | 1.16       | 2.00       | 4.44       | 0.17                            | 1.13       | 2.55       |
| <i>Acacia rigidula</i>          | 20.00              | 1.03       | 0.07                            | 1.13       | 179.00                          | 1.11       | 1.00       | 2.22       | 0.17                            | 1.14       | 1.45       |
| <i>Rhamnus humboldtiana</i>     | 10.00              | 0.51       | 0.02                            | 0.27       | 136.25                          | 0.85       | 1.00       | 2.22       | 0.04                            | 0.24       | 1.19       |
| <i>Randia obcordata</i>         | 10.00              | 0.51       | 0.01                            | 0.16       | 24.05                           | 0.15       | 1.00       | 2.22       | 0.01                            | 0.09       | 0.96       |
| <b>Total general</b>            | <b>1950</b>        | <b>100</b> | <b>5.90</b>                     | <b>100</b> | <b>16110</b>                    | <b>100</b> | <b>45</b>  | <b>100</b> | <b>14.70</b>                    | <b>100</b> | <b>100</b> |

Las especies presentes en la regeneración de los sitios estudiados en el ACIRENAC presentaron una abundancia absoluta de 27400 N ha<sup>-1</sup>, donde destacan con mayor abundancia *Celtis laevigata* y *Havardia pallens*, con el 28.47% (7,800 N ha<sup>-1</sup>) y 26.28% (7,200 N ha<sup>-1</sup>) de la abundancia total observada respectivamente, seguida de *Zanthoxylum fagara* con 12.41% (3,400 N ha<sup>-1</sup>) (Tabla 3). Las especies que presentaron mayores valores de área basal y área de copa en la regeneración fueron *Havardia pallens*, *Celtis laevigata* y *Zanthoxylum fagara*, presentando el 62.28 y 66.16% de los valores de valores porcentuales de la comunidad. Las especies con mayor frecuencia fueron *Celtis laevigata*, *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara*, representando el 67% del total en el ACIRENAC. *Lantana camara* y *Celtis pallida*, registraron la menor frecuencia en el área de estudio (juntas el 2.19%). Las cinco especies que en la regeneración mostraron mayor IVI fueron *Havardia pallens*, *Celtis laevigata*, *Zanthoxylum fagara*, *Forestiera angustifolia* y *Randia obcordata*, representan juntas el 80.13% del IVI en el área de estudio.

**Tabla 3.** Nombre científico con datos de abundancia, frecuencia y dominancia de la vegetación presente en la regeneración de los sitios estudiados del ACIRENAC.

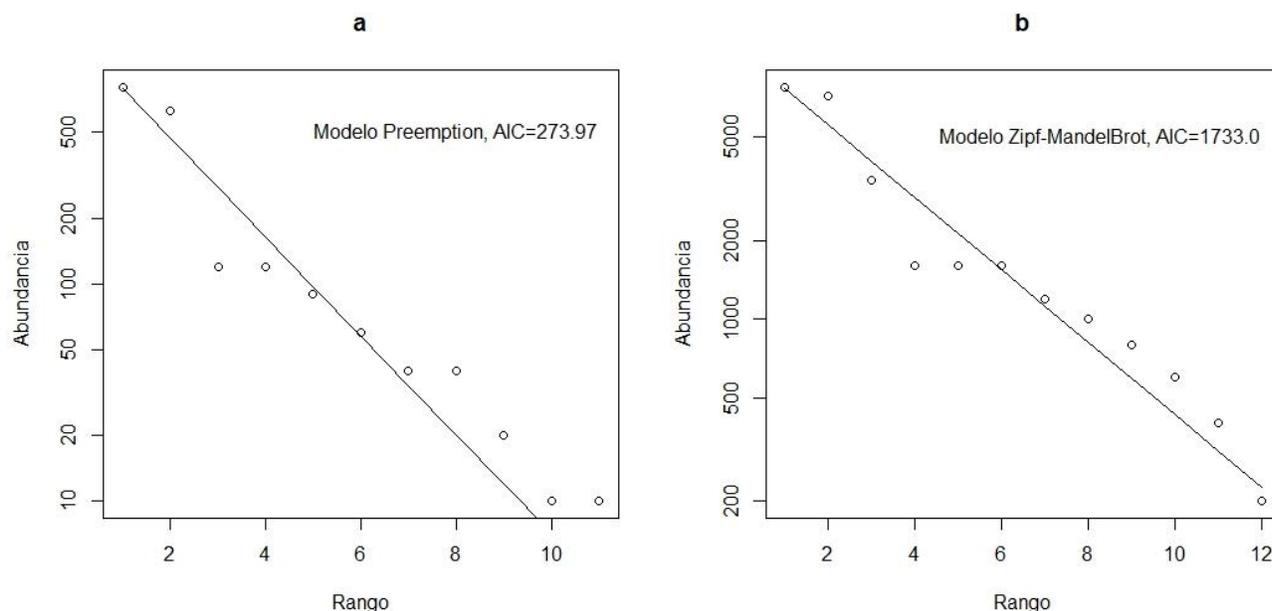
| Nombre científico               | ABUNDANCIA        |            | ÁREA BASAL                      |            | ÁREA DE COPA                    |            | FRECUENCIA |            | IVI        |
|---------------------------------|-------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                                 | Nha <sup>-1</sup> | %          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | %          | m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> | %          | Sitios     | %          |            |
| <i>Havardia pallens</i>         | 7200              | 26.28      | 0.66                            | 30.31      | 2854.68                         | 43.17      | 36         | 26.28      | 31.91      |
| <i>Celtis laevigata</i>         | 7800              | 28.47      | 0.30                            | 13.89      | 810.48                          | 12.26      | 39         | 28.47      | 23.06      |
| <i>Zanthoxylum fagara</i>       | 3400              | 12.41      | 0.39                            | 18.08      | 709.80                          | 10.73      | 17         | 12.41      | 11.85      |
| <i>Forestiera angustifolia</i>  | 1600              | 5.84       | 0.17                            | 8.00       | 681.53                          | 10.31      | 8          | 5.84       | 7.33       |
| <i>Randia obcordata</i>         | 1600              | 5.84       | 0.27                            | 12.64      | 414.98                          | 6.27       | 8          | 5.84       | 5.98       |
| <i>Neopringlea integrifolia</i> | 1200              | 4.38       | 0.12                            | 5.38       | 469.27                          | 7.10       | 6          | 4.38       | 5.28       |
| <i>Amyris texana</i>            | 1600              | 5.84       | 0.07                            | 3.01       | 112.31                          | 1.70       | 8          | 5.84       | 4.46       |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 800               | 2.92       | 0.06                            | 2.93       | 273.12                          | 4.13       | 4          | 2.92       | 3.32       |
| <i>Rhamnus humboldtiana</i>     | 1000              | 3.65       | 0.03                            | 1.43       | 151.70                          | 2.29       | 5          | 3.65       | 3.20       |
| <i>Diospyros texana</i>         | 600               | 2.19       | 0.04                            | 1.80       | 32.73                           | 0.49       | 3          | 2.19       | 1.62       |
| <i>Lantana camara</i>           | 400               | 1.46       | 0.05                            | 2.35       | 85.61                           | 1.29       | 2          | 1.46       | 1.40       |
| <i>Celtis pallida</i>           | 200               | 0.73       | 0.00                            | 0.18       | 17.11                           | 0.26       | 1          | 0.73       | 0.57       |
| <b>Total general</b>            | <b>27400</b>      | <b>100</b> | <b>2.17</b>                     | <b>100</b> | <b>6613.3</b>                   | <b>100</b> | <b>137</b> | <b>100</b> | <b>100</b> |

Respecto a la densidad de individuos por hectárea registradas en la comunidad vegetal (remanente y regeneración), se observa que existe un decremento exponencial ( $R^2 = 0.93$ ) conforme aumenta el diámetro de los mismos (Figura 2), siendo la clase menor a 1 cm de diámetro la que presentó mayor número de individuos con más de 650 N ha<sup>-1</sup>.



**Fig. 2.** Gráfico de clases diamétricas para la vegetación remanente de ACIRENAC.

Respecto a las curvas de rango/abundancia para las dos condiciones remanente y regeneración (fig. 3), de acuerdo al criterio de AIC, la vegetación remanente mostró un mejor ajuste con el modelo de Preemption (AIC=273.97), perteneciente a la familia de la serie geométrica, mientras que la curva de rango abundancia de la comunidad de la regeneración ajustó mejor al modelo de Zipf-Mandelbrot, de la familia de la serie logarítmica, (AIC = 1733.0). Las especies con mayor abundancia en la vegetación remanente fueron *Havardia pallens* (Fabaceae) y otras 4 especies de la misma familia y en la regeneración *Celtis laevigata* y la presencia de solo dos especies de la Familia fabaceae.



**Fig. 3.** Curvas de rango/abundancia para las dos condiciones a) remanente y b) regeneración, y el modelo ajustado y valor de ajuste de acuerdo al criterio de Akaike.

## DISCUSIÓN

El número de familias reportadas en nuestro estudio para la vegetación remanente y la regeneración (10 familias de especies arbóreas y arbustivas), se encuentra por debajo de las reportadas para el MET descrito en otros estudios para el municipio de Linares en sistemas maduros, con 14 (Mora Donjuán *et al.*, 2013) y 15 familias (Dominguez Gómez *et al.*, 2013). Sin embargo, están dentro del rango del número de familias (10-12) reportadas tanto para sistemas secundarios recuperados luego de usos de suelo moderados e intensivos respectivamente (Alanís Rodríguez *et al.*, 2013), y como para prístinos con 10 familias observadas (García Hernández & Jurado, 2008). Esta variabilidad en el número de familias encontradas en el MET ha sido reconocida en diversos estudios, y explicada tanto por las distintas historias de uso del suelo a partir de las cuáles estas comunidades se recuperan (Alanís Rodríguez *et al.*, 2013), así como también por la alta variabilidad en las condiciones edáficas y de relieve presentes en el municipio y en la región (Estrada-Castillón *et al.*, 2011; García Hernández & Jurado, 2008). Como se observa en otros estudios del MET, en nuestro trabajo la familia Fabaceae fue la más diversa y mejor representada. Esto es explicado tanto por la variabilidad fisiográfica y topográfica del municipio (Mora Donjuán *et al.*, 2013) como de la región (Estrada Castillón *et al.*, 2004, 2005), así como por la gran capacidad que tiene esta Familia para soportar las condiciones propias de las zonas áridas, como el estrés hídrico (H. González-Rodríguez *et al.*, 2011a; González-Rodríguez *et al.*, 2011b; González Rodríguez & Cantú Silva, 2012) y el escaso nitrógeno presente en el suelo (Celaya & Castellanos-Villegas, 2011).

La vegetación remanente presentó 12 especies, un número inferior al registrado para el MET por Alanís-Rodríguez *et al.* (2013) en sistemas secundarios recuperados luego de usos como la agricultura (19 especies), la ganadería extensiva (24 especies), y la matarrasa (20 especies), pero similar a lo registrado por estos autores para ganadería intensiva (11 especies); asimismo,

fue menor que las 21 especies reportadas por Mora-Donjuán *et al.* (2013) en sitios con un historial de uso similar, aunque con un mayor tiempo de recuperación (34 años de recuperación, vs 10 años de nuestro estudio), y al reportado para el MET en condiciones prístinas, en la cual fueron reportadas 16 especies por García-Hernández y Jurado (2008). El menor número de especies respecto a los sitios mejor conservados puede ser resultado del tipo de uso del suelo al que fue sometido el sitio. El ajuste al modelo preemption (serie geométrica) apoya en parte nuestra interpretación, toda vez que los modelos de la serie geométrica han sido utilizados como un indicador indirecto de impactos ambientales por distintos autores (Artigas, y Lima 2015). La regeneración presentó 11 especies, un número menor a la observada en la vegetación remanente, y también inferior a la observada en los casos anteriormente citados. Esto pudiera ser asociado con la presencia de un factor limitante adicional, que sería la luz. Quinteros *et al.* (2010) reconocen una disminución significativa en el número de especies en el sotobosque de un bosque de *Nothofagus antarctica*, asociada a las condiciones limitantes de luz. El ajuste de la curva de rango-abundancia de la regeneración al modelo Zipf-Mandelbrot refuerza nuestra interpretación; este tipo de distribución resulta cuando uno o unos pocos factores dominan la ecología de la comunidad (Pielou 1975; Magurran, 2004; Martella *et al.*, 2012). Las curvas de acumulación de especies de la serie logarítmica sugieren la repartición diferencial de recursos por parte de las especies: En nuestro estudio, *Celtis laevigata* y la presencia de solo dos especies de la familia Fabaceae, con factor limitante luz (fig. 4). Este modelo de serie logarítmica ha sido reportado para matorrales regenerados en España (Artigas y García, 2015), y maduros en el matorral espinoso tamaulipeco (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2018). Estos autores observaron que donde existe cubierta del dosel y además esta es densa, la riqueza y diversidad de especies disminuyen, y se presenta un aumento en la dominancia de algunas especies tolerantes a la sombra.

El área basal de la comunidad vegetal fue de  $8.07 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  (remante  $5.90 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y regenerada  $2.17 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), valor inferior a lo reportado por Leal *et al.* (2018) en una comunidad vegetal regenerada después de actividad pecuaria con mayor tiempo de abandono (20 años de recuperación, vs 10 años de nuestro estudio) con un valor de  $13.76 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ . El área de copa del estrato remante fue de  $16,110 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ , lo que indica una cobertura del dosel superior al 100% y por lo tanto una sobreposición de las copas. Esta condición de cobertura superior al 100% ha sido reportada por Mora Donjuán *et al.* (2013) y Graciano-Ávila *et al.* (2018) en el matorral espinoso tamaulipeco en condición prístina y madura, con valores de  $13,973 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  y  $16,671 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  respectivamente. El volumen en el estrato remante fue de  $14.70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , valor menor a lo registrado por Leal *et al.* (2018) en una comunidad vegetal regenerada después de 20 años a la actividad pecuaria con un valor de  $26.74 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

En este contexto, en nuestro estudio observamos como especies con mayor IVI en el dosel (correspondiente a la vegetación remanente) a *Havardia pallens* (32.11%), *Zanthoxylum fagara* (29.54%), y *Acacia farnesiana* (9.20%) (Tabla 3); mientras que en la regeneración dominaron *Havardia pallens* (31.91%), *Celtis laevigata* (23.06%) y *Zanthoxylum fagara* (11.85%) (Tabla 4). Si bien es cierto que en nuestro estudio la correspondencia entre las especies que dominan el dosel (conformado por la vegetación remanente), es alta respecto a las especies que dominan la regeneración, también lo es que existe evidencia de que éstas últimas son especies tolerantes a la sombra (Bush & Auken, 1986; Jurado *et al.*, 2006; Souza *et al.*, 2014); en particular *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara* son especies que han sido reportadas como parte de la vegetación madura y prístina del MET (García-Hernández & Jurado, 2008; Mora Donjuán *et al.*, 2013), mientras que *Celtis laevigata* en la vegetación homóloga de las planicies inundables del sur de Texas. La comunidad vegetal remanente del ACIRENAC coincide con las comunidades evaluadas por Estrada *et al.* (2005) y Domínguez *et al.* (2013), donde mencionan que *Zanthoxylum fagara* es un elemento estructuralmente importante en el matorral submontano, como también lo son en la comunidad contigua de matorral espinoso tamaulipeco. Además, el presente trabajo afirma lo que García-Hernández y Jurado (2008) mencionan, que *Zanthoxylum fagara* es la especie más abundante registrada en el matorral submontano del centro de Nuevo León.

*Havardia pallens* es una especie resistente a las actividades post pecuarias y los incendios forestales lo que puede también explicar su dominancia (Graciano-Ávila *et al.*, 2018).

En las clases diamétricas, se observó un decremento exponencial en la abundancia de los individuos conforme el diámetro es mayor, mostrando un alto número de individuos menores a 6 centímetros. Esto indica que la comunidad vegetal presenta un alto número de individuos regenerando tal como lo observado por Mora-Donjuán *et al.* (2013) para un MET maduro. Esta información concuerda con los resultados de Pequeño-Ledezma *et al.* (2012) y Alanís *et al.* (2008) en comunidades vegetales del MET con historial de disturbio. Asimismo, la similitud florística intermedia-alta entre la vegetación remanente y la regeneración sugiere que las especies en común con mayor abundancia (*Celtis laevigata*, *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara*) tienen la capacidad de establecerse en el estrato alto y también en el bajo, tolerando la sombra.

El valor del índice de diversidad de Shannon es similar al registrado por Mora-Donjuán *et al.* (2013), quienes evaluaron una comunidad vegetal madura del MET. Esto indica que, pese a que la comunidad vegetal evaluada presenta un historial de disturbio, la composición vegetal presenta una diversidad compleja, similar a la madura. El índice de diversidad de Shannon ( $H'$ ) para el total de la vegetación del sitio fue de 1.92, sin embargo para el caso de la vegetación remanente y la regeneración obtuvimos unos valores de 2 y 1.58, respectivamente, esto se debe a que, a pesar de ser una comunidad vegetal que está regenerando después de un disturbio por actividad pecuaria, aún es pobre en la diversidad de especies, debido a la extracción selectiva de las mismas., lo que contrasta con los resultados presentados por Alanís Rodríguez *et al.* (2008) quienes presentaron resultados mayores a 3.

En el caso de riqueza de especies calculada mediante el índice de Margalef, los valores presentados por Mora-Donjuán *et al.* (2013) ( $D_{Mg}$ ) 2.26 en una comunidad madura del matorral espinoso tamaulipeco, resultan muy similares a los obtenidos en el presente estudio ( $D_{Mg}$ ) 2.23.

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, se destacan las siguientes conclusiones: (1) a diez años del inicio de las actividades de restauración pasiva, consistente únicamente en la exclusión de fuentes de impactos, la comunidad vegetal estudiada presenta una riqueza y diversidad de especies típica en comparación con otras asociaciones vegetales de clima árido y semiárido del noreste de México, (2) tanto el patrón de clases diamétricas, como el índice de similitud de Jaccard sugieren que una activa dinámica de la regeneración en la comunidad vegetal, (3) la curva de dominancia-diversidad de las especies de la comunidad regenerativa sugiere que la regeneración de la comunidad se ajusta al patrón de dominancia-diversidad de la regeneración observada en matorrales relativamente en buen estado de conservación, y (4) la familia con mayor importancia por su contribución a la comunidad es la Fabaceae, mientras que las especies más importantes son *Havardia pallens*, *Zanthoxylum fagara*, y *Celtis laevigata*, familia y especies típicas de comunidades vegetales maduras del MET y submontano.

## LITERATURA CITADA

Alanís-Rodríguez E., Mora-Olivo A., Marroquín de la Fuente J. S. 2020. Muestreo ecológico de la vegetación. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 245 p. ISBN: 978-607-27-1307-9. [https://www.researchgate.net/publication/343137042\\_Muestreo\\_Ecologico\\_de\\_la\\_vegetacion](https://www.researchgate.net/publication/343137042_Muestreo_Ecologico_de_la_vegetacion)

- Alanís-Rodríguez, E., A. Valdecantos-Dema, P. A. Canizales-Velázquez, A. Collantes-Chávez-Costa, E. Rubio-Camacho y A. Mora-Olivo. 2018. Análisis estructural de un área agroforestal en una porción del matorral xerófilo del noreste de México. *Acta Botánica Mexicana* 125: 133-156. <https://doi.org/10.21829/abm125.2018.1329>
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Aguirre-Calderón, Ó., Treviño Garza, E., Jurado Ybarra, E., & González Tagle, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. In *Ciencia-Uanl* (Vol. 11, Issue 1). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2565728.pdf>
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aurelio González Tagle, M., Israel, J., & Yamallel, Y. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Researchgate.Net*. <https://www.researchgate.net/publication/260513978>
- Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental: Ciencia y Política Pública*, 1(1), 6–16. [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
- Artigas, R. C., & García, J. R. A. (2015). Análisis comparativo de la estructura y biodiversidad de un sabinar litoral y su sucesión en el Espacio Natural Doñana. *Geographicalia*, (67), 29-51. [https://doi.org/10.26754/ojs\\_geoph/geoph.2015671214](https://doi.org/10.26754/ojs_geoph/geoph.2015671214)
- Baraza, E., & Valiente-Banuet, A. (2012). Efecto de la exclusión de ganado en dos especies palatables del matorral xerófilo del Valle de Tehuacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1145–1151. <https://doi.org/10.7550/rmb.22871>
- Brower, J. E., & Zar, J. H. (1984). Field & laboratory methods for general ecology. In *Brown Publishers*.
- Bush, J. K., & Auken, O. W. Van. (1986). Light Requirements of *Acacia smallii* and *Celtis laevigata* in Relation to Secondary Succession on Floodplains of South Texas. *American Midland Naturalist*, 115(1), 118. <https://doi.org/10.2307/2425841>
- Celaya, M., & Castellanos-Villegas, A. (2011). Mineralización De Nitrógeno En El Suelo De Zonas Áridas Y Semiáridas. *Terra Latinoamericana*, 29(3), 343–356. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-57792011000300343](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000300343)
- Comisión Nacional Forestal. (2014). *Inventario Estatal Forestal y de Suelos Nuevo León*.
- CONAFOR. (2018). Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2009 - 2014. *Inventario Nacional de Suelos*, 1–200. [http://www.inegi.gob.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/memoriapdf/Memoria\\_VII\\_RNE.pdf](http://www.inegi.gob.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/especiales/memoriapdf/Memoria_VII_RNE.pdf)
- Domínguez Gómez, T. G., González Rodríguez, H., Ramírez Lozano, R. G., Estrada Castellón, A. E., Cantú Silva, I., Gómez Meza, M. V., Villarreal Quintanilla, J. Á., Del Socorro Alvarado, M., & Alanís Flores, G. (2013). *Diversidad Estructural Del Matorral Espinoso Tamaulipeco Durante Las Épocas Seca Y Húmeda*. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v4i17.425>
- Estrada-Castillón, E., Villarreal-Quintanilla, J. A., Jurado-Ybarra, E., Cantú-Ayala, C., García-Aranda, M. A., Sánchez-Salas, J., Jiménez-Pérez, J., & Pando-Moreno, M. (2011). Clasificación, estructura y diversidad del matorral submontano adyacente a la planicie costera del golfo norte en el noreste de México. *Botanical Sciences*, 90(1), 37–52. <https://doi.org/10.17129/botsci.384>
- Estrada Castellón, E., Villarreal Quintanilla, J. Á., & Jurado, E. (2004). Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México EDUARDO. In *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México* (Issue 73). <https://doi.org/10.21829/abm73.2005.1003>
- Estrada Castellón, E., Villarreal Quintanilla, J. Á., & Jurado, E. (2005). Leguminosas Del Norte Del Estado De Nuevo León, México. *Acta Botanica Mexicana*, 73, 1. <https://doi.org/10.21829/abm73.2005.1003>
- García Hernández, J., & Jurado, E. (2008). Caracterización del matorral con condiciones prístinas en Linares, N.L., México. *Ra Ximhai Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable Ra*, 4, 1–21. [http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art\[1\]1Matorral.pdf](http://www.uaim.edu.mx/webraximhai/Ej-10articulosPDF/Art[1]1Matorral.pdf)

- González-Rodríguez, H., Cantú-Silva, I., Ramírez-Lozano, R. G., Gómez-Meza, M. V., Sarquis-Ramírez, J., Coria-Gil, N., Cervantes-Montoya, J. R., & Maiti, R. K. (2011a). Xylem water potentials of native shrubs from northeastern Mexico. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 61(3), 214–219. <https://doi.org/10.1080/09064711003693211>
- González-Rodríguez, Humberto, Cantú-Silva, I., Ramírez-Lozano, R. G., Gómez-Meza, M. V., Pando-Moreno, M., & López-Hernández, J. M. (2011b). Potencial Hídrico Xilemático En Cuatro Especies Arbustivas Nativas Del Noreste De México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XVII(Especial), 97–109. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.080>
- González Rodríguez, H., & Cantú Silva, I. (2012). Adaptación a la sequía de plantas arbustivas de matorral espinoso tamaulipeco. In *Ciencia UANL* (Vol. 4, Issue 4). <http://eprints.uanl.mx/891/>
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, Ó. A., Rubio-Camacho, E. A., & González-Tagle, M. A. (2018). Estructura Y Diversidad Post-Incendio En Un Área Del Matorral Espinoso Tamaulipeco Structure and Diversity After Fire in an Area of Tamaulipan Thornscrub. *Polibotánica*, 0(45). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.7>
- Hanselka, C. W., Ragsdale, B. J., & Rector, B. (1988). Texas Agricultural Extension Grazing Systems for Profitable Ranching. In *oaktrust.library.tamu.edu*. [https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/86923/pdf\\_1244.pdf?sequence=1](https://oaktrust.library.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/86923/pdf_1244.pdf?sequence=1)
- INEGI. (1988). *Conjunto de las cartas de topografía, geología, uso de suelo y edafología, (escala 1:250000 y 1:50000) de la República Mexicana*.
- INEGI. (2005). *Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000. Serie III (continuo nacional)*.
- INEGI. (2010). *Carta de Aguas superficiales: escala 1:250 000*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2012). *Guía para la interpretación de cartografía : Uso del suelo y vegetación*. [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Jurado, E., García, J. F., Flores, J., & Estrada, E. (2006). Leguminous seedling establishment in Tamaulipan thornscrub of northeastern Mexico. *Forest Ecology and Management*, 221(1–3), 133–139. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.011>
- Leal, N.A., Alanís, E., Mata, J.M., Treviño, E.J., Yerena, J.I. 2018. Composición y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco regenerado post-ganadería en el noreste de México. *Polibotánica* 45: 75-88. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.6>
- Magurran, A. (2004). *Diversidad ecológica y su medición* (Ediciones Vedral. (ed.)).
- Martella, M. B., Trumper, E. V., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano, G., & Gleiser, R. M. (2012). Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *REDUCA (Biología)*, 5(1), 71–115. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/917>
- Martínez, A., Molina, V., González S, F., Marroquín, J. S., & Navar Ch, J. (1997). Observations of white-tailed deer and cattle diets in Mexico. *Journal of Range Management*, 50(3), 253–257. <https://doi.org/10.2307/4003725>
- Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís-Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., Rodríguez, H. G., & Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 4(3), 361–371. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-11242013000300007](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242013000300007)
- Molina-Guerra, V.M., Mora-Olivo, A., Alanís-Rodríguez, E., Soto-Mata, B., & Patiño-Flores, A. M. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México*. Editorial Universitaria dela Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 114 Pp.
- Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M. A., Yerena Yamalle, J. I., & Cuellar Rodríguez, L. G. (2013). Estructura, Composición Florística Y Diversidad Del Matorral Espinoso Tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1–2), 29. <https://doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.435>

**Recibido:**  
3/mayo/2020

**Aceptado:**  
15/febrero/2021

- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlinn, D., ... Wagner H. (2017). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.4-3. Retrieved from <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/vegan.pdf>
- Pequeño-Ledezma, M. Á., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yereña-Yamallel, J. I., Cuellar-Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *CienciaUAT*, 7(1), 48. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v7i1.39>
- Pielou, E.C., 1975. Ecological diversity. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Quinteros, P., Hansen, N., & Kutschker, A. (2010). Composition and diversity of the understory of ñire (*Nothofagus antarctica*) forests in relation to forest structure. *Ecologia Austral*, 20(3), 225–234. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-78650773047&partnerID=40&md5=f724286ca5de4a0f9d12be2dcba0ebb4>
- Souza, A., Forgiarini, C., Solon, J.L., Oliveira, J.M.(2014). Detecting ecological groups from traits: a classification of subtropical tree species based on ecological strategies. *Springer*, 37(4), 441–452. <https://doi.org/10.1007/s40415-014-0084-z>
- Ulrich, W., Soliveresb, S., Thomas, A. D., Dougilld, A. J., & Maestre, F. T. (2016). Environmental correlates of species rank-abundance distributions in global drylands. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 20, 56-64. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2016.04.004>