



**Acta Botanica  
Mexicana**

# Composición, diversidad y estructura de especies leñosas en los bosques templados de Monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes, México

## Composition, diversity and structure of woody species in temperate forests of Monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes, Mexico

Víctor Manuel Martínez-Calderón<sup>1</sup>, Joaquín Sosa-Ramírez<sup>2,3</sup>, María Elena Siqueiros-Delgado<sup>1</sup>,  
Vicente Díaz-Núñez<sup>2</sup>

### Resumen

**Antecedentes y Objetivos:** Dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF), Aguascalientes, México, se han llevado a cabo algunos estudios sobre la composición, diversidad y dinámica de los bosques templados en zonas bajas; en este trabajo se estudia Monte Grande, su zona más alta. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la composición, la diversidad y la estructura de las comunidades de especies leñosas en los bosques templados de Monte Grande, dentro del ANPSF.

**Métodos:** Los individuos con un diámetro basal  $\geq 5$  cm se midieron en 32 transectos de 300 m<sup>2</sup>. Se realizó una agrupación por medio de un análisis cluster y posteriormente los datos se analizaron mediante pruebas de Kruskal-Wallis y ANOVA para encontrar diferencias entre asociaciones vegetales. Los datos analizados incluyeron densidad, área basal, altura, valor de importancia relativa, riqueza y número de especies efectivas.

**Resultados clave:** Veintiséis especies leñosas (nueve géneros y ocho familias) se identificaron en cinco asociaciones: bosque de encino de *Quercus sideroxylo-Quercus rugosa*, bosque de encino de *Quercus potosina-Arctostaphylos pungens*, bosque mixto de *Quercus-Pinus*, bosque mixto de *Juniperus-Quercus* y bosque de *Juniperus*. El bosque de *Q. sideroxylo-Q. rugosa* presentó la mayor área basal (53 m<sup>2</sup>/ha) y el bosque de *Quercus-Pinus*, la mayor densidad (2200 ind/ha). El número de especies efectivas oscila entre 1.50-4.03<sup>D</sup> y 1.27-3.24<sup>D</sup>. La abundancia de *A. pungens* y *J. deppeana*, consideradas pioneras, fue alta.

**Conclusiones:** La estructura y diversidad de las asociaciones presentaron diferencias debidas a su composición, condiciones en las que se desarrollan e historial de manejo de Monte Grande. La información generada proporciona un marco de referencia para la toma de decisiones en relación con la conservación y aprovechamiento de los bosques de la región.

**Palabras clave:** bosque de encino, bosque mixto, composición florística, conservación, especies efectivas, Sierra Madre Occidental.

### Abstract:

**Background and Aims:** Within the Natural Protected Area Sierra Fría (ANPSF), Aguascalientes, Mexico, some studies have been carried out on the composition, diversity and dynamics of temperate forests in lowlands; in this work we studied Monte Grande, its highest area. The aim of this study was to characterize the composition, diversity and structure of the woody species communities in the temperate forests of Monte Grande, within the ANPSF.

**Methods:** Individuals with a basal diameter  $\geq 5$  cm were measured in 32 transects of 300 m<sup>2</sup>. A grouping by cluster analysis and subsequently Kruskal-Wallis and ANOVA tests were performed to find differences between plant associations. The analyzed data included density, basal area, height, relative importance value, richness and effective number of species.

**Key results:** Twenty-six woody species (nine genera and eight families) were identified in five associations: *Quercus sideroxylo-Quercus rugosa* oak forest, *Quercus potosina-Arctostaphylos pungens* oak forest, *Quercus-Pinus* mixed forest, *Juniperus-Quercus* mixed forest and *Juniperus* forest. The *Q. sideroxylo-Q. rugosa* forest had the largest basal area value (53 m<sup>2</sup>/ha), and the *Quercus-Pinus* forest had the highest density (2200 ind/ha). The effective number of species varied between 1.50-4.03<sup>D</sup> 1.27-3.24<sup>D</sup>. The abundance of *A. pungens* and *J. deppeana*, considered pioneers, was high.

**Conclusions:** The structure and diversity of the associations presented differences due to their composition, the conditions in which the associations develop, and the management history of Monte Grande. The generated information provides a reference frame for decision making in relation to the conservation and use of the forests of the region.

**Key words:** conservation, effective species, floristic composition, mixed forest, oak forest, Sierra Madre Occidental.

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Básicas, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes, México.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Aguascalientes, Centro de Ciencias Agropecuarias, Av. Universidad 940, Ciudad Universitaria, 20100 Aguascalientes, Aguascalientes, México.

<sup>3</sup>Autor de correspondencia: jsosar@correo.uaa.mx

Recibido: 4 de diciembre de 2020.

Revisado: 5 de febrero de 2021.

Aceptado por Moisés Méndez Toribio: 3 de agosto de 2021.

Publicado Primero en línea: 12 de agosto de 2021.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 128(2021).



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Citar como: Martínez-Calderón, V. M., J. Sosa-Ramírez, M. E. Siqueiros-Delgado y V. Díaz-Núñez. 2021. Composición, diversidad y estructura de especies leñosas en los bosques templados de Monte Grande, Sierra Fría, Aguascalientes, México. Acta Botanica Mexicana 128: e1829. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1829>

e-ISSN: 2448-7589

## Introducción

Los bosques templados son comunidades dominadas principalmente por especies de coníferas y *Quercus* L., presentes generalmente en climas templados y fríos (Rzedowski, 2006). En México se encuentran, en su mayoría, en los sistemas montañosos del país, así como en serranías y montañas aisladas en el Altiplano y además entremezclados en las planicies tropicales (Challenger y Soberón, 2008); albergan especies de gran relevancia para la investigación científica, de alta importancia por los servicios ecosistémicos que proveen y de alto interés para la economía nacional (Sánchez et al., 2003).

Similar a lo que ocurre en el mundo, en México se ha observado una disminución en la superficie boscosa; de 1976 a 2007 se perdieron 8806 km<sup>2</sup> de bosque templado (Rosete-Vergés et al., 2014). Esa pérdida amenaza su conservación, pues son vulnerables a disturbios antrópicos como la extracción de madera, la ganadería y los incendios forestales (Challenger, 2003; Rzedowski, 2006), lo que llega a ocasionar cambios en la estructura de los bosques y genera comunidades en distintas fases de sucesión (Álvarez-Yépiz et al., 2008; Calderón-Aguilera et al., 2012; Almazán-Núñez et al., 2016). Esto hace necesario generar información cuantitativa en los bosques templados, ya que además de su amplia distribución nacional, son la base de la industria maderera en México (Sáenz-Romero et al., 2003; Zacarias-Eslava et al., 2011). Cabe destacar que, a diferencia de los bosques tropicales y mesófilos de montaña, los bosques templados han sido poco estudiados, lo que provoca que la información disponible de las zonas templadas sea comparativamente escasa (Zacarias-Eslava et al., 2011).

La gestión forestal requiere de datos acerca de la estructura, crecimiento, producción y regeneración natural de los bosques para detectar cambios en su estado (Aguirre et al., 2008). Las características estructurales de la comunidad son un buen indicador de la biodiversidad del sistema y es fácilmente modificable a través de prácticas de silvicultura, por lo que su adecuado conocimiento es indispensable para garantizar una gestión sostenible (Del Río et al., 2003). Por eso, los estudios sobre la composición, estructura y diversidad de la vegetación aportan datos importantes para establecer estrategias y lograr un uso sustentable de los recursos forestales (López-Hernández et al., 2017). Esta infor-

mación apoya la toma de decisiones en el manejo de áreas boscosas donde se observan procesos de sucesión natural y efectos antropogénicos (Zacarias-Eslava et al., 2011; López-Hernández et al., 2017).

En el estado de Aguascalientes la vegetación de clima templado cubre aproximadamente 30.48% de su superficie total; los bosques mixtos y de *Quercus* son los más abundantes y se distribuyen principalmente en el Área Natural Protegida Sierra Fría (ANPSF) (Siqueiros et al., 2016). Los disturbios antrópicos ocurridos a principios del Siglo XX en esta ANP provocaron, sobre todo en las zonas accesibles, una fragmentación del bosque (Minnich et al., 1994; Chapa-Bezanilla et al., 2008). Sin embargo, a finales de la década de 1950, el ANPSF inició un proceso de regeneración (Minnich et al., 1994). Las especies que mayormente han colonizado los sitios que han sido impactados con actividades humanas son *Juniperus deppeana* Steud. y *Arctostaphylos pungens* Kunth (Díaz-Núñez et al., 2016).

En el ANPSF se han realizado varios estudios, los cuales van desde el análisis de la distribución de especies leñosas y los factores que la determinan hasta el reconocimiento de la dinámica temporal de los paisajes (Chapa-Bezanilla et al., 2008; Díaz-Núñez et al., 2012, 2016). Sin embargo, existen sitios dentro del ANP que no han sido estudiados y la estructura de su vegetación es aún desconocida; es el caso del bosque templado en la propiedad comunal "Monte Grande". Este es un sitio de difícil acceso dentro del ANPSF que no cuenta con información sobre la estructura de su vegetación; ni ha sido tomado en cuenta, gran parte de su extensión, para realizar estudios a pesar de ser considerado una zona importante en la conservación de los recursos en Aguascalientes (CONABIO, 2008). Monte Grande, al ser el sitio de mayor altitud (Siqueiros et al., 2016), presenta condiciones climáticas distintas en temperatura y precipitación, lo que debería derivar en que la composición y la estructura difieran en comparación con las zonas de menor altitud dentro del ANP. Lo anterior hace necesario realizar estudios en la zona para lograr un mayor entendimiento de los bosques templados de Aguascalientes, dado el desconocimiento que aun impera en los bosques templados del país.

Los estudios sobre la estructura de los bosques templados en el ANPSF son importantes por la función que

cumplen en ella. Los bosques templados del sitio de estudio y el resto del ANP funcionan como proveedores de beneficios económicos y brindan servicios ecosistémicos, especialmente hidrológicos, pues el ANP tiene una disponibilidad hídrica estimada de 51.3 millones de metros cúbicos y está rodeada de zonas semiáridas y agrícolas que dependen de la captación de agua por parte de los bosques del ANPSF (COTAS, 2006; Martín-Clemente et al., 2015; Sosa-Ramírez et al., 2015). Estos beneficios hidrológicos son compartidos mayormente en los estados de Aguascalientes y Zacatecas (COTAS, 2006).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio consistió en caracterizar la composición, la diversidad y la estructura de las comunidades de especies leñosas en los bosques templados de Monte Grande dentro del ANPSF, y de esta manera generar información base para futuras investigaciones y apoyar la correcta toma de decisiones para el manejo y conservación de los recursos forestales. La hipótesis de trabajo sugiere que predominarán las especies de sucesión secundaria en la comunidad debido a la influencia del manejo que se ha llevado a cabo en Monte Grande en décadas anteriores.

## Materiales y Métodos

### Descripción del área de estudio

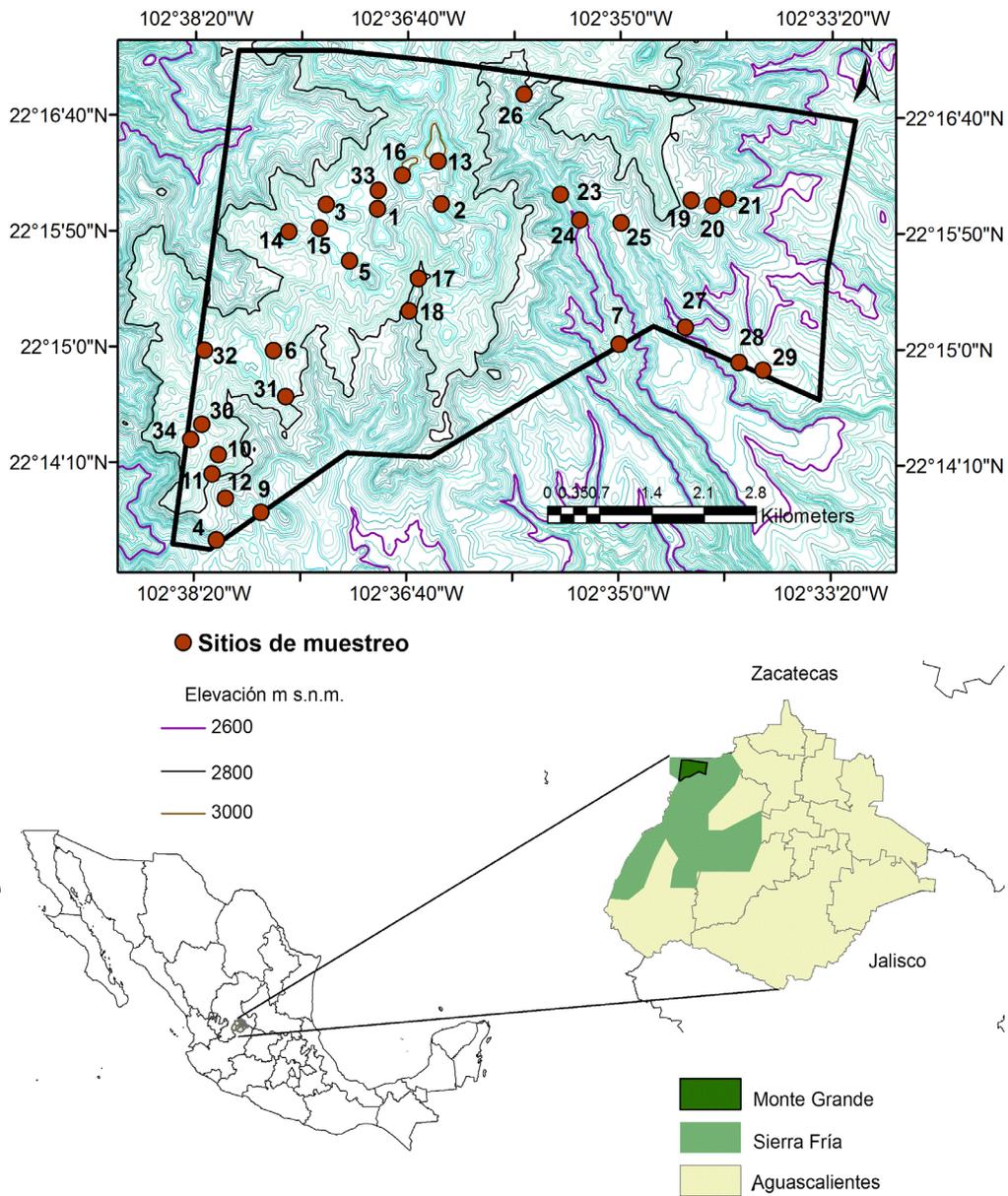
El estudio se realizó en los bosques de la propiedad comunal Monte Grande, Aguascalientes, México. El área cuenta con una superficie de 3852 ha, está ubicada en la parte noroeste del ANPSF entre las coordenadas 102°38'22" a 102°33'12" longitud oeste y 22°17'01" a 22°13'27" latitud norte (Fig. 1). Presenta una altitud de 2480 a 3030 m, siendo la zona de mayor altitud en el estado. En el área de estudio la vegetación está dominada por bosques templados de *Quercus*, *Pinus-Quercus*, *Juniperus-Quercus*, así como por matorral templado y algunas zonas de pastizal templado, siendo una de las propiedades mejor conservadas en el ANPSF (CONABIO, 2008). El clima es de tipo templado subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 12-18 °C y precipitación media anual de 600-800 mm; el ANPSF pertenece a la región hidrológica Lerma-Santiago (INEGI, 2000; CONAFOR, 2014). Los suelos en su mayoría son someros de tipo luvisol y se presentan rocas de tipo ígnea extrusiva (CONABIO, 2008).

Monte Grande es la propiedad comunal con mayor extensión dentro del ANPSF, en la cual aún se encuentran sitios conservados en zonas de difícil acceso (Minnich et al., 1994). En la actualidad, el manejo de la propiedad está enfocado a la protección de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Las actividades de aprovechamiento concluyeron desde hace aproximadamente cuatro décadas y el acceso a propiedades colindantes de Aguascalientes y Zacatecas fueron cerrados (L. Suarez, com. pers., 2018).

### Diseño de muestreo

Se elaboró un plan de muestreo estratificado (Daget y Gordon, 1982), con el fin de cubrir las distintas asociaciones boscosas que pudieran encontrarse en el área de estudio. Los estratos de muestreo se delimitaron con base en la altitud, geoforma del sitio (terrenos planos, cóncavos y convexos) y exposición solar (N, S, E, O). La geoforma se obtuvo con base en la pendiente, donde terrenos planos=sitios con pendiente  $\leq 10\%$ , terrenos cóncavos=baja pendiente y depresión ( $>10\%$  y  $<25\%$ ), y terrenos convexos=alta y media pendiente ( $>25\%$ ). La altitud se dividió en tres estratos cada 200 m: I)  $<2600$ , II) 2600-2800, III)  $>2800$ , siendo los últimos dos estratos los que presentan la mayor extensión.

Se analizaron 32 sitios conforme al diseño de muestreo (Fig. 1, Cuadro 1) durante 2017 y 2018. En cada sitio se estableció una parcela de 300 m<sup>2</sup> (50 × 6 m) con el lado mayor de manera perpendicular a la pendiente para facilitar el trabajo en sitios de alta inclinación. En cada una de las parcelas se contaron y midieron todas las especies arbóreas y arbustivas con un diámetro  $\geq 5$  cm (Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012). El diámetro fue medido a 20 cm ( $d_{0,20}$ ) sobre la base del suelo, debido a que las especies presentaron múltiples bifurcaciones a mayor altura y desde la base del fuste (Alanís-Rodríguez et al., 2012); en especial especies como *Arctostaphylos pungens* y *Juniperus deppeana*, así como especies de *Quercus* que llegan a presentar múltiples bifurcaciones desde la base, lo que hace recomendable medir el diámetro a la base para conocer el área basal (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974). Cuando el árbol presentó dos o más bifurcaciones a partir de la base, se midieron el diámetro de cada fuste y la altura del fuste principal. Cuando el árbol presentó una o más bifurcaciones a partir de una altura  $\geq 1.50$  m, se midió únicamente el



**Figura 1:** Ubicación de la localidad de Monte Grande, dentro del polígono del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México.

**Cuadro 1:** Matriz de sitios de muestreo en niveles altitudinales, geofoma del sitio y exposición solar de la ladera derivados del sistema de muestreo en Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México. \*Plano=sitios con pendiente ≤10%; Cóncava=baja pendiente y depresión (>10% y <25%); Convexa=alta y media pendiente (>25%).

Niveles altitudinales	Geofoma del sitio								Plano	Total
	Cóncava				Convexa					
	N	S	E	O	N	S	E	O		
<2600 m	0	1	0	1	0	0	0	0	3	5
2600-2800 m	1	2	1	2	1	2	1	1	2	13
>2800 m	1	0	0	1	3	2	1	2	4	14
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>9</b>	<b>32</b>

fuste principal. Se tomó la altura total con ayuda de un altímetro (Haga GmbH + Co KG, Alemania), tomando el límite de la rama más alta como la altura máxima.

Las especies fueron identificadas *in situ*. No obstante, los taxones desconocidos o de los que existieron dudas, se recolectaron muestras para su posterior identificación por medio de claves dicotómicas de floras del estado de Aguascalientes y Jalisco (González, 1986; De la Cerda, 1999; Siqueiros, 1999), en el herbario de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (HUAA).

### Análisis de la información

La riqueza encontrada y la eficiencia del muestreo se evaluaron mediante curvas de acumulación de especies. Esto se realizó a partir de los datos de la abundancia de las especies encontradas en los sitios muestreados y por medio de los estimadores no paramétricos ACE, Chao-1, Jackknife y Bootstrap. Dichos índices, basados en la abundancia de las especies por sitio, cuantifican la cantidad de especies de baja densidad que pudieron haber sido omitidas por el muestreo (Colwell et al., 2012). Estos estimadores fueron generados con el programa EstimateS v. 9.1 (Colwell, 2016).

### Diversidad

Con los datos de abundancia recabados sobre las especies presentes en cada sitio, se realizó un agrupamiento para definir las asociaciones vegetales en la zona de estudio. Lo anterior se realizó por medio de un análisis cluster. Este análisis fue realizado mediante el programa PC ORD v. 6.0 (McCune y Mefford, 2011) y se consideró como medida de distancia el índice de Sørensen (Bray-Curtis) y el promedio grupal como método de ligamiento. La distancia de corte se definió conforme a lo observado en campo (composición y fisonomía), para ajustar el agrupamiento a la realidad actual observada en Monte Grande.

La diversidad alfa de cada sitio y la asociación se estimaron mediante el número efectivo de especies (Jost, 2006). Esta forma de expresar la diversidad permite comparar la magnitud en la diferencia de diversidad de dos o más comunidades (Moreno et al., 2011). Se empleó la diversidad verdadera de orden cero ( ${}^0D$ ) que equivale a la riqueza de especies ( ${}^0D=S$ ), ya que es insensible a la abundancia de los individuos. Al igual que se utilizó la diversidad verda-

dera de orden 1 ( ${}^1D$ ) y orden 2 ( ${}^2D$ ), donde se considera la abundancia proporcional de cada especie. La diversidad de orden 1 se puede calcular directamente a partir de la expresión del índice de Shannon,  ${}^1D=exp(H')$ ; mientras que la de orden 2 se obtiene a partir del índice de Simpson,  ${}^2D=1/S'$  (Jost, 2006; Moreno et al., 2011).

### Estructura

Las características estructurales de la vegetación se determinaron calculando la densidad de las especies (ind/ha), definida como el número de individuos en el área de muestreo; dominancia a partir del área basal ( $m^2/ha$ ) y frecuencia (número de veces que cada especie aparece en los sitios). Se obtuvieron datos de altura promedio de todos los individuos por sitio (0.03 ha) y la altura máxima (m). Esta última se estimó tomando al individuo más alto de cada muestreo (Zacarías-Eslava et al., 2011). El área basal se determinó de la siguiente manera (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974):

$$AB = \pi (d/2)^2$$

donde  $d$  representa el diámetro y  $\pi$  la constante 3.1416. Para conocer la importancia ecológica de las especies registradas en cada asociación del sitio de estudio, se calculó el valor de importancia relativa (Mueller-Dombois y Ellenberg, 1974; Zacarías-Eslava et al., 2011):

$$VIR = (FR + DR + ABR) / 3$$

donde FR representa la frecuencia relativa; DR, la densidad relativa y ABR, el área basal relativa.

### Análisis estadístico

Se evaluó si existieron diferencias entre las asociaciones muestreadas en cuanto a variables de diversidad de especies, así como variables estructurales (densidad, área basal y altura). Para lo anterior se realizaron pruebas de Shapiro-Wilk para comprobar el supuesto estadístico de normalidad. Se realizó una prueba de análisis de varianza (ANOVA) de una vía ( $P \leq 0.05$ ) cuando los datos presentaron una distribución normal, en caso contrario (datos sin una distribución normal) se procedió a realizar una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ( $P \leq 0.05$ ). Al presentar diferencias significativas las pruebas anteriores se hicieron comparaciones múltiples mediante la prueba Tukey HSD ( $P \leq 0.05$ ), para variables que cumplieron el supuesto de normalidad, y una comparación por pares mediante de una prueba no

paramétrica de Kruskal-Wallis ( $P \leq 0.05$ ), para variables que no cumplieron el supuesto. Esto para conocer cuáles atributos evaluados difieren o no entre cada una de las asociaciones identificadas. Lo anterior se realizó en el programa InfoStat v. 2016 (Di-Rienzo et al., 2016).

## Resultados

### Composición y diversidad

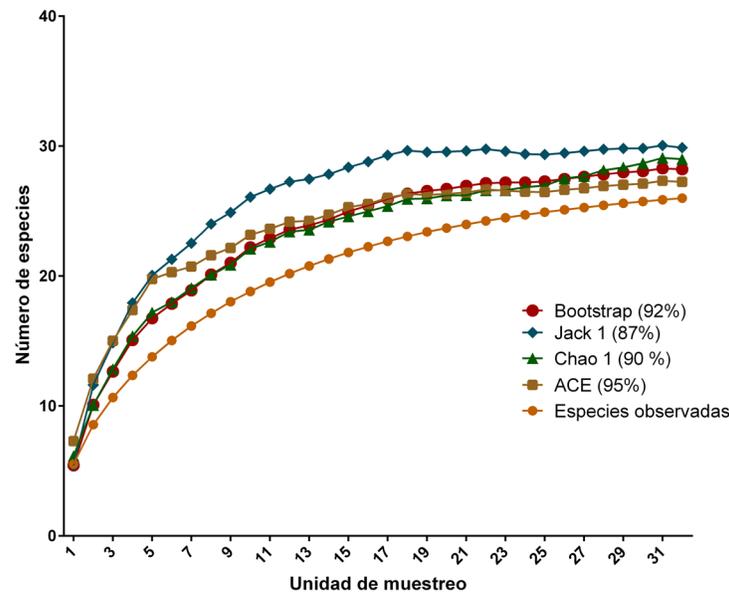
Se registraron 26 especies en nueve géneros y ocho familias. Las familias mejor representadas en cuanto al número de especies fueron Fagaceae (nueve especies), Pinaceae (seis) y Ericaceae (cuatro). Los géneros mejor representados fueron

*Quercus* (nueve especies), *Pinus* L. (seis), *Arbutus* L. (tres) y *Juniperus* L. (tres), los demás incluyen una especie (Cuadro 2). El número total de especies registradas en las unidades de muestreo fue menor al predicho por la curva de acumulación de especies construida con estimadores no paramétricos. Los estimadores indicaron que el muestreo de especies representó entre 87% (Jackknife) y 95% (ACE) del número total potencialmente presente en Monte Grande (Fig. 2).

El análisis de agrupamiento muestra una vegetación heterogénea. Se obtuvieron cinco asociaciones (denominadas por los elementos dominantes). La primera separación se presenta con el grupo de mayor presencia de especies

**Cuadro 2:** Listado de especies registradas en Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México.

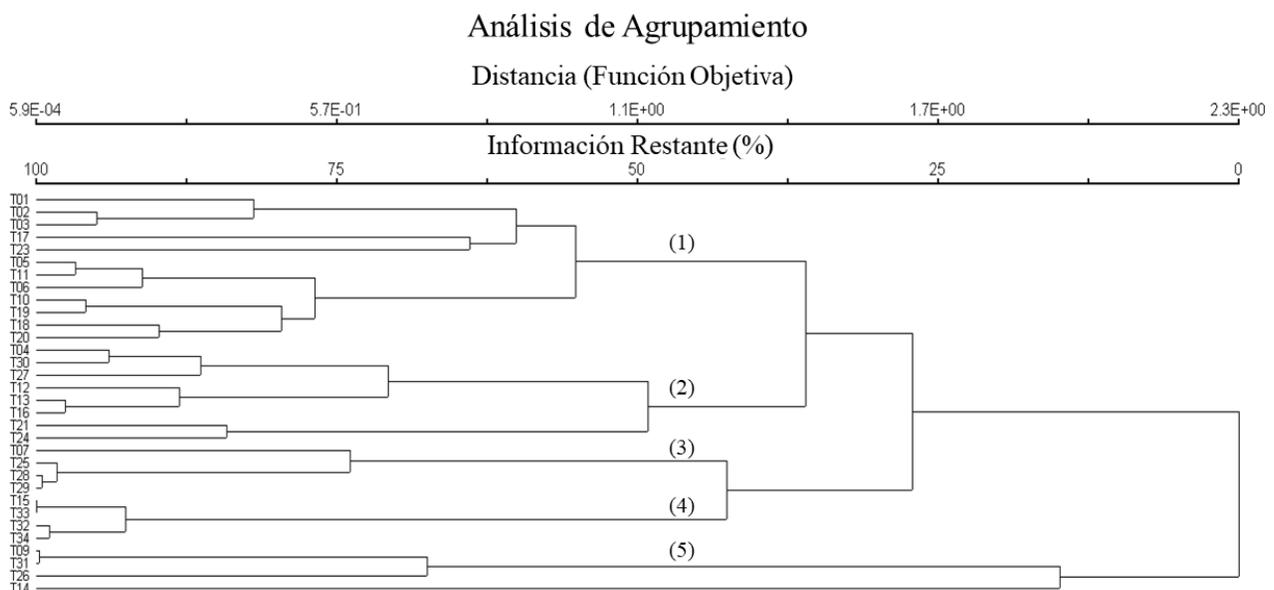
División	Familia	Especie	Hábito de crecimiento
Gymnospermae	Pinaceae	<i>Pinus devoniana</i> Lindl.	árbol
		<i>Pinus durangensis</i> Martínez	árbol
		<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	árbol
		<i>Pinus lumholtzii</i> B.L. Rob. & Fern	árbol
		<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	árbol
		<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	árbol
	Cupressaceae	<i>Juniperus deppeana</i> Steud	árbol
		<i>Juniperus durangensis</i> Martínez	arbusto/árbol
		<i>Juniperus martinensis</i> Pérez de la Rosa	árbol
Angiospermae			
Magnoliidae	Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i> Kunth	arbusto/árbol
Monocotyledoneae	Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	árbol
Eudicotyledoneae	Ericaceae	<i>Arbutus arizonica</i> (A. Gray) Sarg.	árbol
		<i>Arbutus tessellata</i> P.D. Sørensen	árbol
		<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	árbol
		<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	arbusto
		<i>Quercus castanea</i> Née	árbol
	Fagaceae	<i>Quercus eduardii</i> Trel.	árbol
		<i>Quercus grisea</i> Liebm.	árbol
		<i>Quercus jonesii</i> Trel.	árbol
		<i>Quercus laeta</i> Liebm.	árbol
		<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	árbol
		<i>Quercus potosina</i> Trel.	árbol
		<i>Quercus rugosa</i> Née	árbol
		<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	árbol
		<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	árbol
	Garryaceae	<i>Garrya ovata</i> Benth.	arbusto
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	árbol	



**Figura 2:** Curvas de acumulación de especies generadas con 32 sitios muestreados en Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México. Las curvas fueron realizadas según las especies observadas, su abundancia y estimadores no paramétricos basados en la abundancia. Se presenta el valor de complementariedad (porcentaje del número total de especies registrado en los 32 sitios de muestreo, respecto de aquel esperado por los estimadores no-paramétricos).

de *Pinus* (5), la segunda separación entre los sitios con mayor dominancia de *Juniperus* (3 y 4) y *Quercus* (1 y 2), con una similitud de 23.7%. En el grupo de los *Quercus* se separan a 35.9% de similitud por dominancia de *Q. sideroxyla* y *Q. potosina*. Las cinco asociaciones observadas fueron: (1)

bosque de encino *Quercus sideroxyla-Quercus rugosa*, (2) bosque de encino *Quercus potosina-A. pungens*, (3) bosque mixto de *Juniperus-Quercus*, (4) bosque de *Juniperus*, (5) bosque mixto de *Quercus-Pinus* (Fig. 3). Los bosques de encino *Q. sideroxyla-Q. rugosa* y de encino *Q. potosina-A.*



**Figura 3:** Dendrograma que muestra el agrupamiento de cinco asociaciones vegetales identificadas en Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México: 1. Bosque de encino *Quercus sideroxyla-Q. rugosa*; 2. Bosque de encino *Q. potosina-Arctostaphylos pungens*; 3. Bosque mixto de *Juniperus-Quercus*; 4. Bosque de *Juniperus*; 5. Bosque mixto de *Quercus-Pinus*. Usando como medida de similitud el índice de Sørensen (Bray-Curtis).

*pungens* tuvieron la mayor distribución en la zona de estudio. El bosque de *Q. sideroxylla-Q. rugosa* se encontró principalmente a altitudes mayores a 2800 m y a menor altitud en fondo de cañadas. El bosque de *Q. potosina-A. pungens* figura a 2600-3000 m, en sitios con suelos someros, alta pendiente y exposiciones sur. Las tres asociaciones restantes presentaron distribución restringida. El bosque de *Juniperus* se presentó a altitudes mayores a 2800 m en sitios de poca pendiente y suelos profundos; mientras que el bosque de *Juniperus-Quercus* en altitudes menores a 2600 m, de la misma forma en sitios de poca pendiente y suelos profundos. El bosque mixto de *Quercus-Pinus* mayormente se observó entre 2600-2800 m s.n.m. en suelos someros y calcáreos.

La diversidad de especies fue significativamente diferente entre asociaciones, tanto en riqueza ( $F=4.83$ , g.l.=4,  $P=0.0047$ ), diversidad de orden 1 ( $F=4.34$ , g.l.=4,  $P=0.0080$ ) y orden 2 ( $F=3.26$ , g.l.=4,  $P=0.0272$ ). El bosque mixto de *Quercus-Pinus*, seguido del bosque de *Q. sideroxylla-Q. rugosa* y bosque de *Q. potosina-A. pungens*, presentó la mayor diversidad. En el bosque de *Juniperus-Quercus* y el bosque de *Juniperus* se encontró el menor valor de diversidad (Cuadro 3). Esto representa, en número de especies efectivas que el bosque de *Juniperus* es 2.68 veces menos diverso que el bosque mixto de *Quercus-Pinus* y 2.42 veces menos diverso que los bosques de *Quercus*.

## Estructura

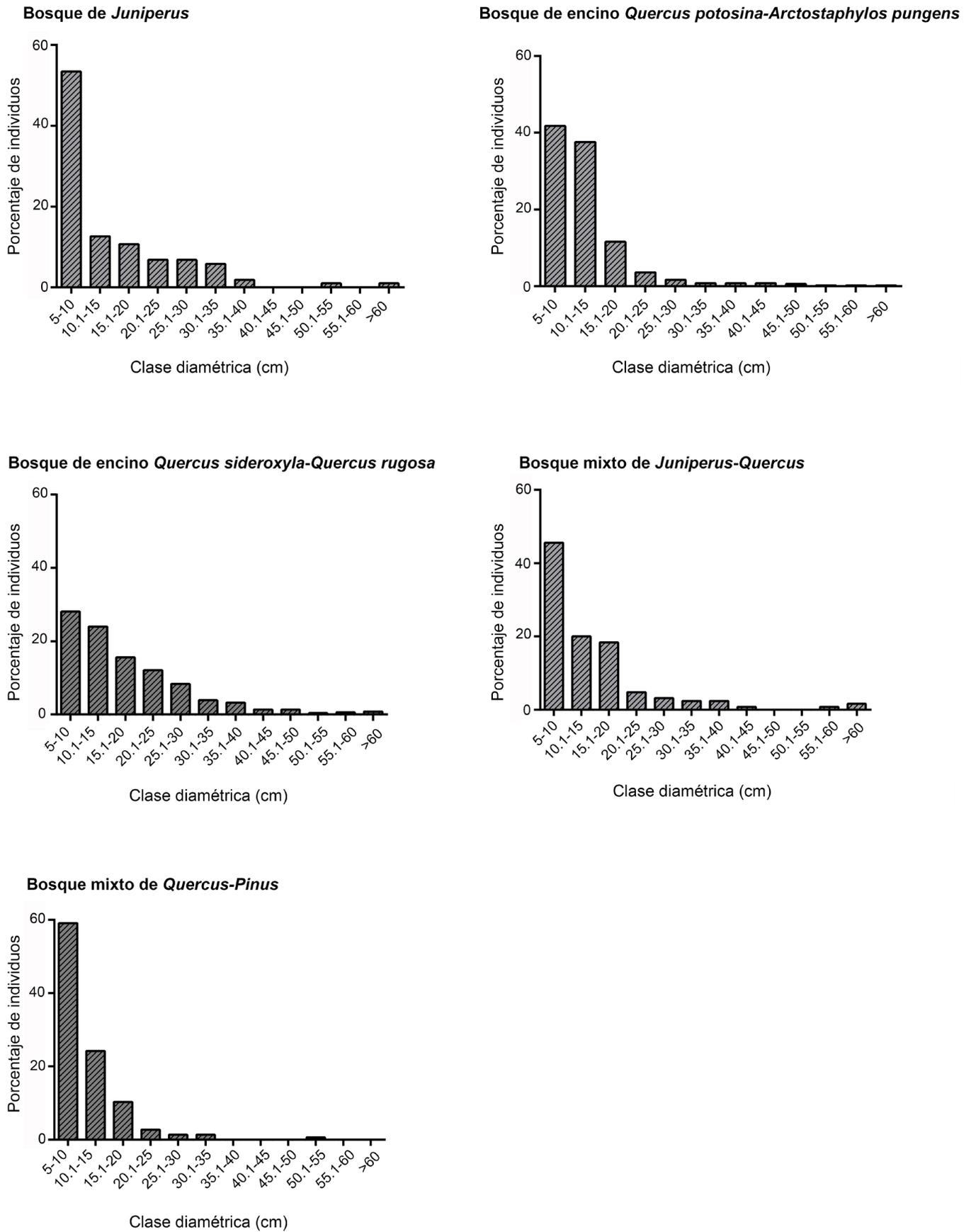
La densidad ( $H=12.81$ , g.l.=4,  $P=0.0121$ ), el área basal ( $H=9.54$ , g.l.=4,  $P=0.048$ ), y la altura promedio ( $H=22.50$ , g.l.=4,  $P=0.0002$ ) fueron significativamente diferentes entre las asociaciones identificadas (Cuadro 3). El bosque de *Quercus-Pinus*, seguido del bosque de *Q. potosina-A. pungens* y *Q. sideroxylla-Q. rugosa*, presentaron la mayor densidad. El bosque de *Juniperus* y *Juniperus-Quercus* presentaron los valores más bajos en esta variable.

En el área basal solo se presentaron diferencias significativas entre el bosque de *Q. sideroxylla-Q. rugosa* y el bosque de *Q. potosina-A. pungens*, teniendo el valor mayor y menor respectivamente. Las asociaciones presentaron una distribución diamétrica principalmente en las primeras clases diamétricas, de 5 a 25 cm (Fig. 4). Las especies con mayor diámetro promedio pertenecen a los géneros *Arbutus* y *Pinus*, y las de menor diámetro medio son arbutos como *Arctostaphylos pungens* y *Garrya ovata* Benth.

Cuatro de las asociaciones encontradas no difieren estadísticamente en su altura; únicamente el bosque de encino *Q. sideroxylla-Q. rugosa* presenta diferencias significativas, con valores de altura promedio mayores. Las especies que alcanzaron mayor altura en individuos viejos son *Q. sideroxylla* (18 m), *Q. rugosa* (15 m), *Arbutus xalapensis* Kunth (14 m) y *Pinus durangensis* Martínez (14 m), dentro de las asociaciones donde se llegan a observar. En las cin-

**Cuadro 3:** Valores promedio ( $\pm$  desviación estándar) de diversidad y estructura para las asociaciones identificadas a partir del análisis de agrupamiento en Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México. Los valores con una letra común no son significativamente diferentes ( $P>0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey para variables de diversidad y Kruskal-Wallis para variables estructurales.

Asociación vegetal	Bosque de <i>Juniperus</i> (BJ)	Bosque mixto de <i>Juniperus-Quercus</i> (BJQ)	Bosque de encino <i>Quercus potosina-Arctostaphylos pungens</i> (BQC)	Bosque mixto de <i>Quercus-Pinus</i> (BQP)	Bosque de encino <i>Quercus sideroxylla-Quercus rugosa</i> (BQS)
Número de sitios	4	4	8	3	12
<b>Diversidad</b>					
Riqueza promedio ( <i>S</i> )	2.75 $\pm$ 0.96 a	4.25 $\pm$ 0.50 ab	6.13 $\pm$ 2.95 b	7.00 $\pm$ 2.00 b	6.42 $\pm$ 1.44 b
Especies efectivas ( <sup>1</sup> <i>D</i> )	1.50 $\pm$ 0.26 a	2.52 $\pm$ 0.59 ab	3.64 $\pm$ 1.82 b	4.03 $\pm$ 1.11 b	3.86 $\pm$ 1.17 b
Especies efectivas ( <sup>2</sup> <i>D</i> )	1.27 $\pm$ 0.13 a	2.14 $\pm$ 0.71 ab	3.08 $\pm$ 1.57 ab	3.24 $\pm$ 0.88 b	3.12 $\pm$ 1.18 ab
<b>Datos estructurales</b>					
Densidad (ind/ha)	867 $\pm$ 221 a	992 $\pm$ 307 a	1622 $\pm$ 498 b	2200 $\pm$ 600 b	1278 $\pm$ 649 ab
Área basal (m <sup>2</sup> /ha)	37.58 $\pm$ 14.6 ab	36.08 $\pm$ 18.3 ab	36.41 $\pm$ 8 a	37.11 $\pm$ 9.3 ab	53.56 $\pm$ 29.3 b
Altura promedio (m)	3.65 $\pm$ 0.44 a	4.05 $\pm$ 0.45 a	4.62 $\pm$ 1.29 a	4.00 $\pm$ 0.23 a	8.57 $\pm$ 1.61 b
Altura máxima (m)	9	14	13	14	18



**Figura 4:** Distribución de la estructura horizontal por tipo de asociación vegetal de Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México.

co asociaciones la especie que presentó menor altura fue *A. pungens* (Cuadro 4). En el caso del bosque de encino *Q. sideroxyla-Q. rugosa*, el estrato arbustivo es más escaso, no obstante, en cañadas húmedas, las especies de menor altura fueron *Prunus serotina* Ehrh. y en ocasiones *Litsea glaucescens* Kunth.

Las especies con mayor valor de importancia relativa (VIR) son similares entre las asociaciones vegetales, como es el caso de *A. pungens*, *J. deppeana*, *Q. sideroxyla* y *Q. potosina*, que son especies de amplia distribución en la zona de estudio (Cuadro 4). Otras especies que llegan a tener un VIR alto son *Q. jonesii*, *P. lumholtzii* y *P. durangensis*

**Cuadro 4:** Valores estructurales y de Importancia Relativa en bosques templados de Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México. Alt (altura  $\pm$  desviación estándar), D/ha (densidad ind/ha), Dr (densidad relativa), AB/ha (área basal m<sup>2</sup>/ha), Abr (área basal relativa), F (frecuencia), Fr (frecuencia relativa), VIR (Valor de importancia relativa). Los tres valores más altos de VIR se muestran en negritas.

Asociación/Especie	Alt	D/ha	Dr	AB/ha	Abr	F	Fr	VIR
<b>Bosque de encinos <i>Q. potosina-A. pungens</i></b>								
<i>Quercus potosina</i> Trel.	4.05 $\pm$ 1.60	871	52.25	13.25	40.50	8	16.67	<b>36.47</b>
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	2.79 $\pm$ 1.03	446	26.75	5.25	16.05	8	16.67	<b>19.82</b>
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	5.40 $\pm$ 1.41	83	5.00	3.46	10.57	6	12.50	<b>9.36</b>
<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	6.76 $\pm$ 3.24	100	6.00	3.50	10.70	5	10.42	9.04
<i>Quercus rugosa</i> Née	7.06 $\pm$ 3.20	75	4.50	4.29	13.12	3	6.25	7.96
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	5.50 $\pm$ 2.65	21	1.25	1.29	3.95	3	6.25	3.82
<i>Arbutus arizonica</i> (A. Gray) Sarg.	6.88 $\pm$ 2.53	13	0.75	0.83	2.55	3	6.25	3.18
<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	4.23 $\pm$ 1.54	13	0.75	0.13	0.38	2	4.17	1.77
Otros (8)		46	2.75	0.72	2.19	10	20.83	8.59
<b>Total</b>		1622		36.41		55		100
<b>Bosque de encino <i>Q. sideroxyla-Q. rugosa</i></b>								
<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	10.7 $\pm$ 3.6	633	49.57	34.39	64.20	12	14.86	<b>43.12</b>
<i>Quercus rugosa</i> Née	7.49 $\pm$ 3.71	211	16.52	7.75	14.47	9	9.46	<b>14.23</b>
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	9.79 $\pm$ 2.10	89	6.96	4.44	8.30	8	10.81	<b>8.55</b>
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	6.29 $\pm$ 1.61	75	5.87	1.83	3.42	9	12.16	6.99
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	2.57 $\pm$ 1.03	78	6.09	0.42	0.78	8	10.81	5.75
<i>Quercus obtusata</i> Humb. & Bonpl.	6.02 $\pm$ 2.58	69	5.43	1.94	3.63	5	6.76	5.19
<i>Quercus potosina</i> Trel.	4.72 $\pm$ 1.69	56	4.35	0.67	1.24	6	8.11	4.46
<i>Arbutus tessellata</i> P.D. Sørensen	6.96 $\pm$ 3.72	22	1.74	0.89	1.66	5	6.76	3.30
Otros (10)		44	3.48	1.23	2.29	15	20.27	8.42
<b>Total</b>		1278		53.56		74		100
<b>Bosque mixto de <i>Quercus-Pinus</i></b>								
<i>Quercus jonesii</i> Trel.	3.44 $\pm$ 1.49	967	43.94	14.89	40.12	3	13.64	<b>32.57</b>
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	1.77 $\pm$ 0.53	522	23.74	6.56	17.66	3	13.64	<b>18.35</b>
<i>Pinus lumholtzii</i> B.L. Rob. & Fern	5.19 $\pm$ 1.85	189	8.59	3.89	10.48	3	13.64	<b>10.90</b>
<i>Pinus teocote</i> Schltld. & Cham.	4.43 $\pm$ 1.48	178	8.08	2.22	5.99	3	13.64	9.24
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	3.93 $\pm$ 2.61	111	5.05	3.89	10.48	2	9.09	8.21
<i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltld. & Cham.	4.13 $\pm$ 2.72	89	4.04	2.78	7.49	2	9.09	6.87
<i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	5.43 $\pm$ 1.99	78	3.54	1.44	3.89	1	4.55	3.99
<i>Juniperus durangensis</i> Martínez	2.33 $\pm$ 0.58	33	1.52	0.22	0.60	2	9.09	3.73
Otros (2)		33	1.52	1.22	3.29	3	13.64	6.15
<b>Total</b>		2200		37.11		22		100

Cuadro 4. Continuación.

Asociación/Especie	Alt	D/ha	Dr	AB/ha	Abr	F	Fr	VIR
<b>Bosque mixto de <i>Juniperus-Quercus</i></b>								
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	3.88±2.30	592	59.66	22.58	62.59	4	23.53	<b>48.59</b>
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	2.65±0.72	192	19.33	2.58	7.16	3	17.65	<b>14.71</b>
<i>Quercus potosina</i> Trel.	5.19±0.99	83	8.40	4.17	11.55	4	23.53	<b>14.49</b>
<i>Quercus grisea</i> Liebm.	4.36±1.03	75	7.56	2.50	6.93	3	17.65	10.71
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	6.17±0.29	25	2.52	3.67	10.16	1	5.88	6.19
<i>Quercus eduardii</i> Trel.	7.0±0.2	17	1.68	0.25	0.69	1	5.88	2.75
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	8.0±0.5	8	0.84	0.33	0.92	1	5.88	2.55
<b>Total</b>		992		36.08		17		100
<b>Bosque de <i>Juniperus</i></b>								
<i>Juniperus deppeana</i> Steud	3.40±1.41	775	89.42	28.00	74.50	4	33.33	<b>65.75</b>
<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	6.13±0.85	50	5.77	7.67	20.40	4	33.33	<b>19.83</b>
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	2.60±0.46	25	2.88	0.25	0.67	3	25	9.52
<i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	5.6 ± 3.66	17	1.92	1.67	4.43	1	8.33	4.90
<b>Total</b>		867		37.58		12		100

en los bosques de *Quercus-Pinus*. En el bosque de encino *Q. sideroxyla-Q. rugosa*, además de *Q. sideroxyla* como la especie con mayor VIR, se encuentra *Q. rugosa* en la segunda posición y *A. xalapensis* en tercer lugar. Estas especies tienen una distribución diamétrica en las primeras clases (<15 cm), con poblaciones en regeneración como es el caso de *Q. jonesii* Trel. y *P. durangensis* (Fig. 5), aunque se llegan a observar individuos con diámetros mayores.

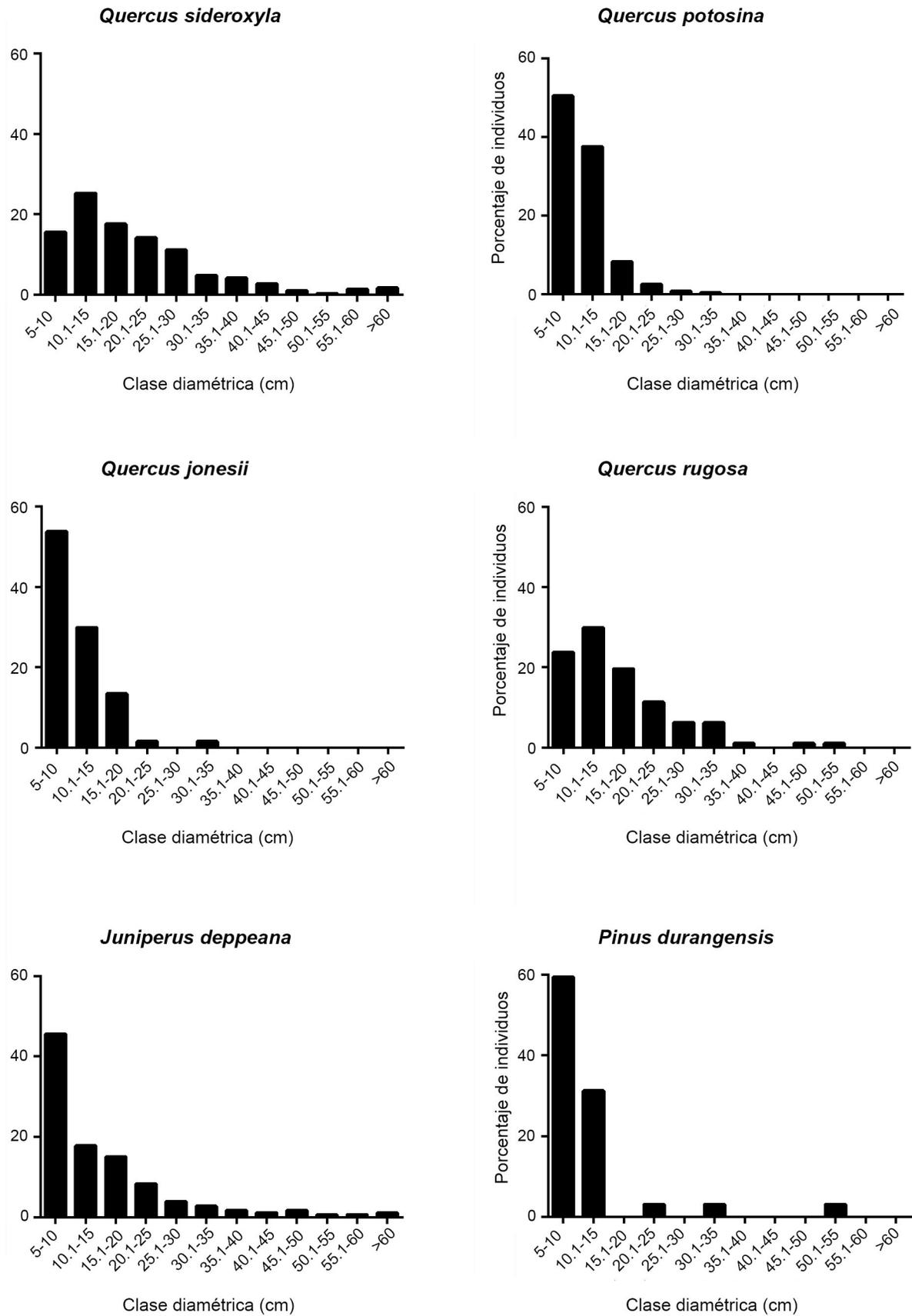
## Discusión

### Composición y diversidad

La composición de plantas leñosas registradas para el área estudiada es representativa de un bosque templado, en cuanto a las familias mejor representadas (Fagaceae, Ericaceae, Pinaceae y Cupressaceae) (Rzedowski, 2006). Los bosques estudiados presentan una composición arbórea y arbustiva, que por su ubicación en la zona sur de la Sierra Madre Occidental y cercanía a otras provincias fisiográficas como son el Altiplano sur y el Eje Neovolcánico, integra taxones que se han reportado en distintas provincias fisiográficas. Monte Grande comparte 10 especies arbóreas con los bosques de *Quercus* de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato (Altiplano sur) (Martínez-Cruz et al., 2009) y comparte 15 con bosques templados de *Pinus-Quercus* en Durango (Sierra Madre Occidental) (Márquez-Linares et al.,

1999; Návar-Cháidez y González-Elizondo, 2009). Los bosques dominados por *Q. sideroxyla* y los de *Quercus-Pinus* son más semejantes en composición florística a los de Durango, mientras que los bosques de *Q. potosina* lo son más a los de Guanajuato, posiblemente debido a que comparte similitudes ambientales entre los sitios, como precipitación (650-800 mm) y temperatura promedio (12-18 °C).

Por otra parte, con 26 especies registradas, Monte Grande presenta una mayor riqueza que la reportada para bosques templados de "El Salto", Durango (18 especies), donde se midieron todas las especies en parcelas de 100 m<sup>2</sup> (Domínguez-Gómez et al., 2018). Fue similar al reportado por Márquez-Linares et al. (1999) en bosques de tres localidades de San Dimas, Durango (27 especies), donde se midieron, igual que en este estudio, individuos con diámetro de 5 cm en parcelas de 500 m<sup>2</sup>. Estos sitios presentan similitud climática (templado subhúmedo) y pertenecen a la misma provincia fisiográfica (Sierra Madre Occidental), solo siendo diferente el manejo que llega a tener cada bosque. En el caso de "El Salto", Durango, puede que esté influenciado por el tratamiento silvícola que tiene, posiblemente presentado una poda selectiva que favorece la presencia de pocas especies (González-Espinosa et al., 1991; Domínguez-Gómez et al., 2018). Por otra parte, la riqueza es menor a la encontrada en bosques de *Quercus* en la Sierra de



**Figura 5:** Distribución diamétrica de algunas de las especies arbóreas más importantes en Monte Grande, dentro del Área Natural Protegida Sierra Fría, Aguascalientes, México. Las especies fueron elegidas por presentar valores altos de valor de importancia relativa (VIR).

Manantlán (34 especies) (Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012). En este caso se usó la misma categoría diamétrica (5 cm) y parcelas de 500 m<sup>2</sup>, la variación en riqueza se puede deber a que el sitio se ve más favorecido con mayor lluvia (1200-1300 mm) y una menor altitud (2000-2450 m).

En los bosques estudiados, la diversidad encontrada sugiere que son bosques poco diversos, aunque esto es común en bosques templados de México. Los valores aquí encontrados (1.50-3.86 <sup>1</sup>D) son comparables a otros bosques templados del país, transformando la diversidad encontrada en otros estudios de Shannon-Wiener a especies efectivas (<sup>1</sup>D = exp (*H'*)). Siendo similares a los bosques templados de Durango reportados por Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009) donde se mencionan valores de 0.53-1.33 *H'* (1.69-3.78 <sup>1</sup>D), y a los reportados por Martínez-Cruz et al. (2009) donde reportan valores de 1.034 *H'* (2.81 <sup>1</sup>D) para bosques de *Quercus* en Santa Rosa, Guanajuato. En comparación con la diversidad de las zonas más bajas del ANPSF resulta ser menor en algunos casos, reportando diversidades que oscilan entre 0.81-1.63 *H'* (2.24-5.10 <sup>1</sup>D) (Díaz-Núñez et al., 2012).

Los bosques templados son menos diversos en comparación con los bosques tropicales (3.35 *H'*, 28.50 <sup>1</sup>D) (Chazdon, 2003; Maldonado-Sánchez y Maldonado-Mares, 2010). En los bosques templados la altitud es un factor que influye en la riqueza y diversidad de especies, conforme la altitud es mayor y las condiciones climáticas son menos favorables, la diversidad de especies es menor (Kappelle y Van Uffelen, 2006). Monte Grande presenta altitudes de 2480-3030 m, esto puede tener influencia en la riqueza que se presentó en el sitio de estudio en comparación con otros sitios mencionados anteriormente, como es el caso de la Sierra de Manantlán con altitudes de 2000-2450 m (Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012) y algunas de las zonas de menor altitud dentro del ANPSF (Díaz-Núñez et al., 2012; 2016).

## Estructura

La fisonomía de los bosques estudiados coincide con lo reportado por Rzedowski (2006), quien menciona a los bosques de *Juniperus* como comunidades abiertas y de porte bajo (5-8 m). Al igual que menciona que la mayor parte de los bosques de *Quercus* en México están compuestos por comunidades en su mayoría de porte bajo y con alta

densidad. Las densidades entre las asociaciones de Monte Grande varían de 867 a 2200 ind/ha, estos valores son menores, en su mayoría, a los reportados por Domínguez-Gómez et al. (2018), para bosques templados en Durango (2060 ind/ha) y mayores a las registradas por Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel (2012), en bosques de *Quercus* de Sierra de Manantlán, Jalisco (512-887 ind/ha).

Los valores registrados de área basal en la asociación de bosque mixto de *Quercus-Pinus* (37.11 m<sup>2</sup>/ha) presentan diferencias poco mayores con lo reportado por Márquez-Linares et al. (1999), donde se mencionan 24.87 a 26.82 m<sup>2</sup>/ha en bosques de *Pinus-Quercus* en Durango. El área basal del bosque de *Q. sideroxylla-Q. rugosa* es comparable a la encontrada en los bosques dominados por *Q. sideroxylla* de Durango con 46.38 m<sup>2</sup>/ha (Domínguez-Gómez et al., 2018). Esto es debido a que la composición de especies es parecida entre Monte Grande y los bosques estudiados en Durango. Las anteriores comparaciones muestran la alta variación en los bosques templados de México, posiblemente debido a las fluctuaciones climáticas y edáficas en las que se desarrollan (Rzedowski, 2006). Otro factor que no se puede dejar de mencionar es el papel del aprovechamiento con fines de producción económica y manejo, el cual es distinto en cada caso de acuerdo con la fisonomía y actividades en la región del bosque estudiado (Rzedowski, 2006; Martínez-Cruz et al., 2009).

En comparación con otras zonas previamente estudiadas en el ANPSF (en su mayoría zonas de 2400-2600 m), la composición y abundancia llega a ser distinta con Monte Grande, en especial en bosques de *Quercus-Pinus* y en bosques de *Quercus*. En el primer caso por la presencia de *Q. jonesii* y *P. lumholtzii*, que son poco comunes en las zonas bajas (Díaz-Núñez et al., 2012). En bosques de *Quercus* por la dominancia y amplia distribución de *Q. sideroxylla* en Monte Grande, y en comparación en zonas bajas que solo se llega a encontrar en sitios con cañadas húmedas. La densidad llega a ser similar (712-1515 ind/ha) mientras que el área basal es menor en las zonas bajas (16.1-30.96 m<sup>2</sup>/ha) (Díaz-Núñez et al., 2016).

En relación con la altura del arbolado, esta se encontró, en su mayoría, entre 3.60-5 m. Sin embargo, en la asociación bosque de encino *Q. sideroxylla-Q. rugosa* se observó una distribución con alturas mayores (8.57±1.61

m). En bosques de *Quercus* la altura depende en gran medida del sitio y las condiciones edáficas y climáticas en las que se desarrollan; las especies de mayor altura se llegan a desarrollar en los bosques mesófilos donde tienen mayor humedad y suelos más ricos y profundos (Park, 2001; Rzedowski, 2006). La diferencia de altura del bosque de encino *Q. sideroxylla*-*Q. rugosa*, comparada con las otras asociaciones, posiblemente se deba a la composición de especies y a su respuesta en diversas condiciones ambientales (Álvarez-Moctezuma et al., 1999; Díaz-Núñez et al., 2012). Este bosque presenta mayor densidad de taxa de hábito arbóreo que llega a alcanzar mayor altura, como es el caso del género *Arbutus*, y de especies de encino como *Q. sideroxylla* y *Q. rugosa* que en su mayoría llegan a presentar alturas de 8-15 m (Martínez-Calderón et al., 2017), así como su distribución en sitios con suelos con mayor profundidad y en cañadas. En el caso del bosque mixto de *Quercus-Pinus*, la distribución de alturas, además de estar influenciada por la presencia de taxa de porte bajo y suelos someros, se debe en parte a las diferentes etapas de desarrollo de los pinos con poblaciones de individuos jóvenes. Los valores encontrados ( $4.00 \pm 0.23$  m) son diferentes a los reportados para poblaciones de *Pinus* del país, con alturas que oscilan de 8-25 m (Rzedowski, 2006), lo cual se debe posiblemente a las razones mencionadas anteriormente. Sin embargo, los valores de altura del bosque de *Quercus-Pinus* son similares a los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. de Zacatecas ( $4.25 \pm 3.09$  m) (Barrera-Zubiaga et al., 2018) que, por su cercanía, pueden tener condiciones ambientes y de sitio muy similares. En este anterior caso se contemplaron especies tanto arbóreas como arbustivas.

Las previas comparaciones sobre la estructura muestran la importancia de llevar a cabo estudios y generar información acerca de los bosques templados. Esto facilitaría realizar comparaciones más amplias respecto a su composición, diversidad y estructura, dada la alta variación climática, estructural y la importancia que presentan para la economía del país. Paradójicamente a su importancia, han sido poco estudiados en comparación a los bosques tropicales y mesófilos de montaña (Martínez-Cruz et al., 2009; Zacarías-Eslava et al., 2011). Así mismo, en el ANPSF hacen falta estudios que permitan comparar zonas y tener ma-

yor información de toda el ANP. Los trabajos que existen son principalmente en zonas de 2400-2600 m, cercanas a la comunidad de "La Congoja". Aunque abordan variables estructurales y de diversidad en estudios de distribución y dinámica (Díaz-Núñez et al., 2012; 2016), no se describe la vegetación de la manera que se aborda en este trabajo, dado a que siguieron otros objetivos. Por lo anterior, sería deseable realizar estudios sobre la diversidad y estructura caracterizando tipos de vegetación y asociaciones en diferentes zonas del ANPSF.

### Estructura y su relación con el disturbio

Los disturbios antrópicos tienen influencia directa en la estructura y regeneración de los bosques (Turner et al., 1998; Park, 2001; Rzedowski, 2006). Los disturbios incrementan la densidad de especies pioneras como *A. pungens*, especie considerada en la mayoría de sus poblaciones, de sucesión secundaria (Siqueiros et al., 2016; Sosa-Ramírez et al., 2016). En el sitio de estudio, esta especie pudo haber sido favorecida por la topografía del lugar, la extracción y producción de carbón en décadas pasadas, así como por incendios de gran magnitud ocurridos en la década de 1950 que causaron pérdidas de bosque de *Pinus-Quercus* y madroño (CONABIO, 2008). Lo anterior se debe a que *A. pungens* es favorecida por suelos superficiales y la presencia de fuego (Márquez-Linares et al., 2006). Esto se reflejó en las densidades en el bosque de encino *Q. potosina*-*A. pungens* y bosque mixto de *Quercus-Pinus*, con presencia de *A. pungens* como un componente presente en el estrato arbustivo. Otra especie indicadora de disturbio es *J. deppeana* (Rzedowski, 2006; Díaz-Núñez et al., 2012) que también tiene altos valores de importancia en los bosques estudiados. Al igual que *A. pungens*, pudo haber sido favorecida por el manejo ya que los bosques de *Juniperus* se desarrollan en sitios con pendientes poco pronunciadas y de fácil acceso. Aunque no fue evaluado en este trabajo, algunas observaciones realizadas muestran que bajo el dosel de *J. deppeana*, en los bosques de *Juniperus*, se llegan a establecer plántulas de *Q. sideroxylla*, *Q. rugosa* y *A. xalapensis*. Esto sugiere una probable tasa de recambio de especies, por lo que se recomendarían realizar futuros estudios para conocer la dinámica de estos bosques.

La presencia de especies arbóreas de porte bajo, así como los patrones de distribución en las clases diamétricas menores de algunas especies, sugieren que las comunidades estuvieron sujetas a disturbios y están en proceso de recuperación. En bosques templados con mayor tiempo de recuperación, y con ausencia de disturbios, se ha mencionado que los diámetros y las áreas basales que presentan son superiores (Sánchez-Rodríguez et al., 2003; North et al., 2004; Cuevas-Guzmán et al., 2011). Las observaciones de individuos con diámetros grandes, como es el caso de *Q. sideroxyla* y *P. durangensis*, así como la distribución diamétrica de especies con mayor valor de importancia en las primeras clases diamétricas (indicando poblaciones juveniles, Fig. 5), sugieren distintas etapas sucesionales, lo cual se debe al aprovechamiento realizado en los bosques estudiados (Sánchez-Rodríguez et al., 2003). Lo anterior es favorable para el objetivo de conservación que tiene actualmente Monte Grande (plan de manejo en revisión), indicando regeneración del bosque. Aunque cabe mencionar que en cañadas de difícil acceso se encuentran bosques de encino de *Q. sideroxyla*-*Q. rugosa* mejor conservados, en términos de composición de especies. Estos bosques presentan poca abundancia de taxones considerados indicadores de disturbios (*A. pungens* y *J. deppeana*) y mayor dominancia de taxones considerados de sitios conservados (*Q. rugosa* y *Arbutus* sp.) (Rzedowski, 2006; Guzmán-Mendoza et al., 2014; Sosa-Ramírez et al., 2016).

En sitios con presencia de especies de pinos como *P. durangensis*, *P. lumholtzii*, *P. teocote* y *P. strobiformis* se observan individuos con clases diamétricas menores. De acuerdo con Bongers et al. (1988), las especies en este patrón presentan una buena reproducción, así como un establecimiento e incorporación natural continuos. Esto es más notorio en *P. durangensis*, donde sus poblaciones están distribuidas en las primeras clases diamétricas (Fig. 5). Lo anterior concuerda con Chapa-Bezanilla et al. (2008), que mencionan el reclutamiento de individuos nuevos y una recuperación moderada en poblaciones de pino, a pesar de las presiones naturales.

En otros bosques de *Quercus-Pinus* en México, se ha observado que los pinos son más abundantes en las primeras etapas de la regeneración, ya que suelen estar adaptados a la radiación solar directa, a diferencia de los encinos;

considerando a los pinos como especies pioneras (González-Espinosa et al., 1991; Almazán-Núñez et al., 2016). Lo anterior discrepa con lo registrado en este estudio. A pesar de que el bosque se encuentra en un estadio temprano de sucesión y los pinos tienen mayor riqueza, difiere con otros bosques debido a la presencia particular de *Q. jonesii*. Esta es una especie de mayor abundancia, adaptada a suelos superficiales y condiciones de mayor luz; que ha sido citada como pionera y nodriza para otras especies de encinos en bosques templados de San Luís Potosí (Castillo-Lara et al., 2008). Lo anterior indicaría que, en los bosques de Monte Grande, *Q. jonesii* también podría estar actuando como especie nodriza, junto con *A. pungens*, para luego ser una comunidad dominada por pinos.

### Implicaciones de manejo

En la actualidad el manejo del área tiene un enfoque de protección a la biodiversidad y conservación de los servicios ecosistémicos. Las actividades de aprovechamiento maderable del arbolado no se realizan desde aproximadamente hace cuatro décadas (Minnich et al., 1994; Sosa Ramírez et al., 2015), ocasionando la recuperación de los bosques, lo cual es favorable para el objetivo actual de Monte Grande. En el caso de los pinos se sugeriría evitar el corte de estos para que continúen su proceso actual de recuperación, y en los sitios con densidad alta de *A. pungens* reducir su número para facilitar la sucesión ecológica. Considerando la presencia de especies en peligro como *Litsea glaucescens* Kunth (SEMARNAT, 2010) y de distribución restringida para el estado como *Pinus strobiformis* (Siqueiros-Delgado et al., 2017), sería deseable continuar con el enfoque actual de conservación y con los apoyos para estos bosques. De esta forma, se puede conservar la presencia de estas especies y continuar con obras de rehabilitación de la propiedad comunal Monte Grande.

Los sitios de altitud más baja en el ANPSF suelen estar sujetos a mayor presión antrópica. Entre las más comunes esta la cacería (legal e ilegal), el aprovechamiento de leña y el pastoreo, además de que el principal problema es la fragmentación del hábitat, por medio de la subdivisión de propiedades y cercado de las mismas (Sosa-Ramírez et al., 2015; 2020). Lo anterior no ocurre en Monte Grande, pues al ser propiedad comunal no se subdivide y solo se tiene

la cerca perimetral de las 3852 ha. Lo anterior favorece el libre tránsito de la fauna; aunado al enfoque de conservación actual, lo hace un sitio adecuado para la conservación de los recursos naturales de Aguascalientes.

## Conclusiones

Se identificaron 26 especies leñosas presentes en Monte Grande, distribuidas en cinco asociaciones: bosque de *Q. sideroxylla-Q.rugosa*, bosque de *Q. potosina-A. pungens*, bosque mixto de *Quercus-Pinus*, bosque mixto de *Juniperus-Quercus* y bosque de *Juniperus*. El bosque de *Juniperus* es la menos diversa por su alta dominancia de una sola especie; mientras que el bosque mixto de *Quercus-Pinus*, bosque de *Q. sideroxylla-Q.rugosa* y bosque de *Q. potosina-A. pungens*, presentaron la mayor diversidad. Se encontraron diferencias en la estructura de las asociaciones debido a su composición, condición en la que se desarrollan e historial de manejo de Monte Grande. Existe una alta abundancia de especies que son consideradas pioneras (*J. deppeana* y *A. pungens*) y una distribución del diámetro de las especies en las primeras clases diamétricas indicando regeneración.

El presente estudio brinda información de referencia para futuras investigaciones y para considerar en la toma de decisiones en cuanto al manejo del área de estudio. De esta forma se puede buscar conservar los recursos y los beneficios que los bosques templados brindan a la población de las zonas semiáridas y agrícolas que dependen de la captación de agua por parte de los bosques del ANPSF, en los estados de Aguascalientes y Zacatecas.

## Contribución de autores

VMC, JSR y VDN realizaron el trabajo de campo; MSD hizo la confirmación taxonómica de los ejemplares. VMC llevó a cabo el análisis de datos y redactó del artículo. Todos los autores contribuyeron a la discusión, revisión y aprobación del manuscrito final.

## Financiamiento

Esta investigación fue financiada por la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) a través de la beca de posgrado otorgada al primer autor.

## Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por la beca para realizar sus estudios. Se agradece a Ramón Cuevas Guzmán por sus valiosas enseñanzas en el análisis de datos estructurales, a los compañeros Ricardo García, Juan Daniel Rendón, Luis Alberto Hernández y Alejandro Ruvalcaba por su ayuda en el trabajo de campo; a José Adrián Calzada, Marcelo de Loera y Alejandro Guadalupe Fierros por su ayuda en campo y guía al sitio de estudio. Agradecemos al editor y revisores anónimos por sus contribuciones para el mejoramiento de este manuscrito.

## Literatura citada

- Aguirre, O., J. J. Corral, B. Vargas y J. Jiménez. 2008. Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3): 281-289. DOI: <https://doi.org/10.35196/rfm.2008.3.281>
- Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M. A. González-Tagle, Ó. A. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. 2012. Composición y diversidad de la regeneración natural en comunidades de *Pinus-Quercus* sometidas a una alta recurrencia de incendios en el noreste de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83(4): 1208-1214. DOI: <https://doi.org/10.7550/rmb.29708>
- Almazán-Núñez, R. C., P. Corcuera, L. Parra-Juárez, J. Jiménez-Hernández y G. M. Charre. 2016. Changes in structure and diversity of woody plants in a secondary mixed pine-oak forest in the Sierra Madre del Sur of Mexico. *Forests* 7(4): 90. DOI: <https://doi.org/10.3390/f7040090>
- Álvarez-Moctezuma, J. G., S. Ochoa-Gaona, B. H. J. De Jong y M. L. Soto-Pinto. 1999. Hábitat y distribución de cinco especies de *Quercus* (Fagaceae) en la Meseta Central de Chiapas, México. *Revista Biología Tropical* 47(3): 351-358. DOI: <https://doi.org/10.15517/RBT.V47I3.19083>
- Álvarez-Yépiz, J. C., A. Martínez-Yrizar, A. Búrquez y C. Lindquist. 2008. Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern México. *Forest Ecology Management* 256(3): 355-366. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.04.049>
- Barrera-Zubiaga, E. J. E., D. Granados-Sánchez, R. L. Granados-Victorino y M. Luna-Cavazos. 2018. Characterization

- of four pinyon pine forests in the state of Zacatecas, Mexico. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 24(3): 275-296. DOI: <https://doi.org/10.5154/rchscfa.2017.03.018>
- Bongers, F., J. Popma, J. Meave y J. Carabias. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetation* 74: 55-80. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00045614>
- Calderón-Aguilera, L., V. Rivera-Monroy, L. Porter-Bolland, A. Martínez-Yrizar, L. Ladah, M. Martínez-Ramos, J. Alcocer, A. Santiago-Pérez, H. Hernández-Aranda, V. Reyes-Gómez, D. Pérez-Salicrup, V. Díaz-Núñez, J. Sosa-Ramírez, J. Herrera-Silveira y A. Búrquez. 2012. An assessment of natural and human disturbance effects on Mexican ecosystems: current trends and research gaps. *Biodiversity and Conservation* 21: 589-617. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10531-011-0218-6>
- Castillo-Lara, P., J. A. Flores-Cano, J. R. Aguirre-Rivera y R. Yeaton. 2008. Dinámica sucesional del encinar de la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Madera y Bosques* 14(1): 21-35. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411215>
- Challenger, A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. In: Sánchez, Ó., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría del medio ambiente y recursos naturales (SEMARNAT). Cd. Mx., México. 316 pp.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres de México. In: *Capital natural de México, Vol. I. Conocimiento actual de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad (CONABIO) Cd. Mx., México. pp. 87-108.
- Chapa-Bezanilla, D., J. Sosa-Ramírez y A. de Alba-Ávila. 2008. Estudio multitemporal de fragmentación de los bosques en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques* 14(1): 37-51. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2008.1411216>
- Chazdon, R. L. 2003. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics* 6(1-2): 51-71. DOI: <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>
- Colwell, R. K. 2016. EstimateS version 9.1.0: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/> (consultado abril de 2019).
- Colwell, R. K., A. Chao, N. J. Gotelli, S. Y. Lin, C. X. Mao, R. L. Chazdon y J. T. Longino. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5(1): 3-21. DOI: <https://doi.org/10.1093/jpe/rtr044>
- CONABIO. 2008. *La Biodiversidad en Aguascalientes: Estudio de estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Instituto de Medio Ambiente del Estado de Aguascalientes (IMAE), Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA). Cd. Mx., México. 385 pp.
- CONAFOR. 2014. *Inventario estatal forestal y de suelos, Aguascalientes*. Comisión Nacional Forestal. Cd. Mx., México. 136 pp.
- COTAS. 2006. *Escenarios del agua 2015 y 2030 en el acuífero interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación: acciones para un desarrollo con sostenibilidad ambiental*. Comité Técnico de Aguas Subterráneas del acuífero interestatal de Ojocaliente-Aguascalientes-Encarnación, A.C., Informe final. México, D.F. México.
- Cuevas-Guzmán, R., E. A. Cisneros-Lepe, E. J. Jardel-Peláez, E. V. Sánchez-Rodríguez, L. Guzmán-Hernández, N. M. Núñez-López y C. Rodríguez-Guerrero. 2011. Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1219-1233. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.741>
- Daget, P. y M. Godron. 1982. Analyse de l'ecologie des espèces dans les communautés. *Ecologia Mediterranea* 8(4): 206.
- De la Cerda, L. M. 1999. *Encinos de Aguascalientes*. 2a ed. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 88 pp.
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigaciones Agrarias: Sistemas de Recursos Forestales* 12(1): 159-176. DOI: <https://doi.org/10.5424/795>
- Díaz-Núñez, V., J. Sosa-Ramírez y D. R. Pérez-Salicrup. 2012. Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica* 34: 99-126.

- Díaz-Núñez, V., J. Sosa-Ramírez y D. R. Pérez-Salicrup. 2016. Vegetation patch dynamics and tree diversity in a conifer and oak forest in central Mexico. *Botanical Sciences* 94(2): 229-240. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.284>
- Di-Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C. W. Robledo. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar> (consultado julio de 2019).
- Domínguez-Gómez, T. G., B. N. Hernández González, H. González Rodríguez, I. Cantú Silva, E. Alanís Rodríguez y M. S. Alvarado. 2018. Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(2): 10-34. DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>
- González, V. L. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Jalisco. Universidad de Guadalajara. Jalisco, México. 240 pp.
- González-Espinosa, M., P. Quintana-Ascencio, N. Ramírez-Marcial y P. Gaytán-Guzmán. 1991. Secondary succession in disturbed *Pinus-Quercus* forests in the highlands of Chiapas, Mexico. *Journal of Vegetation Science* 2(3): 351-350. DOI: <https://doi.org/10.2307/3235927>
- Guzmán-Mendoza, R., J. A. Zavala-Hurtado, G. Castaño-Meneses y J. L. León-Cortés. 2014. Comparación de la mirmecofauna en un gradiente de reforestación en bosques templados del centro occidente de México. *Madera y Bosques* 20(1): 71-83. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2014.201177>
- INEGI. 2000. Conjunto de datos vectoriales. Climas (Unidades climáticas). Continuo Nacional. Escala 1:1,000,000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, México.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113(2): 363-375. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kappelle, M. y J. G. Van Uffelen. 2006. Altitudinal zonation of montane oak forests along climate and soil gradients in Costa Rica. In: Kappelle, M. (ed.). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. pp. 39-50.
- López-Hernández, J. A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monárrez-González, M. A. González-Tagle y J. Jiménez-Pérez. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques* 23(1): 39-51. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Maldonado-Sánchez, E. A. y F. Maldonado-Mares. 2010. Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 26: 235-245.
- Márquez-Linares, M. A., S. González Elizondo y R. Alvarez-Zagoya. 1999. Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, Méx. *Madera y Bosques* 5(2): 67-77. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.1999.521348>
- Márquez-Linares, M. A., E. Jurado y S. González. 2006. Algunos aspectos de la biología de la manzanita (*Arctostaphylos pungens* HBK.) y su papel en el desplazamiento de bosques templados por chaparrales. *Ciencia* 9: 57-64.
- Martín-Clemente, C. R., J. Sosa-Ramírez, M. Maass-Moreno, J. Luna-Ruiz, A. J. Meráz-Jiménez y E. Flores-Ancira. 2015. Comparación de métodos para estimar disponibilidad hídrica en cuencas forestales. *Terra latinoamericana* 33: 17-26.
- Martínez-Calderón, V. M., M. E. Siqueiros-Delgado y J. Martínez-Ramírez. 2017. Checklist of the genus *Quercus* (Fagaceae) of Aguascalientes, México. *Check List* 13(1): 2045. DOI: <https://doi.org/10.15560/13.1.2045>
- Martínez-Cruz, J., O. Téllez-Valdés y G. Ibarra-Manríquez. 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80(1): 145-156. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2009.001.592>
- McCune, B. y M. J. Mefford. 2011. PC-ORD Multivariate analysis of ecological data version 6.0. MjM Software. Gleneden Beach, EUA.
- Minnich, R. A., J. Sosa Ramírez, V. E. Franco, W. J. Barry y M. E. Siqueiros. 1994. Reconocimiento preliminar de la vegetación y de los impactos de las actividades humanas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Investigación y Ciencia* 12: 23-29.
- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N. P. Pavón. 2011. Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(4): 1249-1261. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Mueller-Dombois, D. y H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley. New York, EUA. 547 pp.
- Návar-Cháidez, J. J. y S. González-Elizondo. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* 27: 71-87.

- North, M., J. Chen, B. Oakley, B. Song, M. Rudnicki, A. Gray y J. Innes. 2004. Forest Stand Structure and Pattern of Old-Growth Western Hemlock/Douglas-Fir and Mixed-Conifer Forests. *Forest Science* 50(3): 299-311.
- Olvera-Vargas, M. B. y L. Figueroa-Rangel. 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. *Ecosistemas* 21(1-2): 74-84. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.28>
- Park, A. D. 2001. Environmental influences on post-harvest natural regeneration in Mexican pine-oak forest. *Forest Ecology and Management* 144: 213-223. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00372-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00372-8)
- Rosete-Vergés, F. A., J. L. Pérez-Damián, M. Villalobos-Delgado, E. N. Navarro-Salas, E. Salinas-Chávez y R. Remond-Noa. 2014. El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y Bosques* 20(1): 21-35. DOI: <https://doi.org/10.21829/myb.2014.201173>
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-libro electrónico. México, D.F., México. [https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx\\_Cont.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf) (consultado abril de 2019).
- Sáenz-Romero, C., E. Snively y R. Lindig-Cisneros. 2003. Conservation and restoration of pine forest genetic resources in Mexico. *Silvae Genetics* 52: 233-237.
- Sánchez, Ó., E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis. 2003. Conservación de ecosistemas templados de montaña en México. Instituto Nacional de Ecología (INE) Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Cd. Mx., México. 316 pp.
- Sánchez-Rodríguez, V. E., L. López-Mata, E. García-Moya y R. Cuevas-Guzmán. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 73: 17-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1676>
- SEMARNAT. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5173091&fecha=30/12/2010) (consultado abril de 2021).
- Siqueiros, M. E. 1999. Coníferas del Estado de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 67 pp.
- Siqueiros, M. E., J. A. Rodríguez-Avalos, J. Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz. 2016. Situación actual de la vegetación del estado de Aguascalientes, México. *Botanical Sciences* 94(3): 455-470. DOI: <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.466>
- Siqueiros-Delgado, M. E., R. S. Miguel, J. A. Rodríguez-Avalos, J., Martínez-Ramírez y J. C. Sierra-Muñoz. 2017. Richness and Current Status of Gymnosperm Communities in Aguascalientes, Mexico. *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany* 35(2): 97-105. DOI: <http://dx.doi.org/10.5642/aliso.20173502.06>
- Sosa-Ramírez, J., A. Breceda-Solís, C. L. Jiménez-Sierra, L. I. Iñiguez-Dávalos y A. Ortega-Rubio. 2015. Capítulo XIX. Los ecosistemas de la Sierra Fría en Aguascalientes y su conservación. In: Ortega-Rubio, A., M. J. Pinkus-Rendón e I. C. Espitia-Moreno (eds.). *Las Áreas Naturales Protegidas y la Investigación Científica en México*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., Universidad Autónoma de Yucatán y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. La Paz, Mérida y Morelia, México. Pp. 447-472. <https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/1129/1/PUB-CAPITULOS-LIBROS-980.PDF> (consultado abril de 2021).
- Sosa-Ramírez, J., O. Moreno-Rico, G. Sánchez-Martínez, J. J. Luna-Ruiz y M. E. Siqueiros-Delgado. 2016. Contribución al conocimiento ecológico del chaparral de manzanita (*Arctostaphylos pungens* Kunth) en la Sierra Fría, Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, México. 105 pp.
- Sosa-Ramírez, J., V. Díaz-Núñez, D. R. Pérez-Salicrup, F. Tafuya y L. Porter-Bolland. 2020. Interacción sociedad-paisajes: elementos para el manejo de ecosistemas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 17: 415-433.
- Turner, M. G., W. L. Baker, C. J. Peterson y R. K. Peer. 1998. Factors influencing succession: Lessons from large, infrequent natural disturbances. *Ecosystems* 1: 511-523. DOI: <https://doi.org/10.1007/s100219900047>

Zacarías-Eslava, L. E., G. Cortejo-Tenorio, J. Cortés-Flores, N. González-Castañeda y G. Ibarra-Manríquez. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82(3): 854-869. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.3.684>