

DOI: <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.227>

Artículo

## Estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la Sierra Madre Occidental

### Structure and composition of the vegetation in four sites of the *Sierra Madre Occidental*

Tilo Gustavo Domínguez Gómez<sup>1</sup>, Blanca Nallely Hernández González<sup>2</sup>, Humberto González Rodríguez<sup>2\*</sup>, Israel Cantú Silva<sup>2</sup>, Eduardo Alanís Rodríguez<sup>2</sup> y María del Socorro Alvarado<sup>3</sup>

#### Abstract

The structure and composition of tree species were evaluated in the *Sierra Madre Occidental*, in the area of *El Salto, Pueblo Nuevo*, state of *Durango*, Mexico. Four study sites (2 500 m<sup>2</sup>) were established, where 10 plots of 100 m<sup>2</sup> were randomly located. The registered variables were individual height (m), diameter at breast height (cm), and projected crown area (m<sup>2</sup>). The dominance of each species was quantitated according to its basal area, and its density, according to the number of individuals. The importance value index (IVI) was then calculated. The diversity and species richness were estimated using the Shannon-Wiener diversity index (H') and the Margalef index (DMg), respectively, and Bray-Curtis ordination was utilized to obtain the similarity between sites. The results show that there were 18 tree species belonging to 9 genera. The *Santa Bárbara* site exhibited the largest number of species (9), while *ejido Adolfo Ruíz Cortines* had the smallest (6 species). *Quercus sideroxyla* is the most ecologically important species in *ejido Adolfo Ruíz Cortines* and *ejido El Brillante*, followed by *Quercus durifolia* in S2, and *Pinus cooperi* was the most important species in the *Santa Bárbara* reserve site. *Santa Bárbara* had the highest Shannon diversity index (1.51), and *ejido Banderas* had the lowest (0.93). The highest values for the Margalef index (1.79) corresponded to the *Santa Bárbara* reserve site (S4), and the lowest (0.97), to *ejido El Brillante* (S2). The Bray-Curtis ordination revealed similarity (25.59 %) between *ejido Adolfo Ruíz Cortines* and *ejido El Brillante*, indicating a tendency to heterogeneity.

**Key words:** Heterogeneity, Margalef index, Shannon-Wiener index, importance value index, Bray-Curtis ordination, species richness.

#### Resumen:

Con el objetivo de evaluar la estructura y composición de especies en bosques de El Salto, Pueblo Nuevo, Durango, se establecieron cuatro sitios de estudio (2 500 m<sup>2</sup>), donde se ubicaron aleatoriamente 10 parcelas de 100 m<sup>2</sup>. Las variables registradas fueron altura (m), diámetro a la altura de pecho (cm) y área de copa (m<sup>2</sup>); la dominancia se calculó a partir del área basal y la densidad, de acuerdo con el número de árboles; se determinó el índice de valor de importancia (IVI). La diversidad y la riqueza de especies se estimaron utilizando los índices de *Shannon-Wiener* (H') y *Margalef* (DMg). La similitud se obtuvo con el modelo de *Bray-Curtis*. Se identificaron 18 especies distribuidas en nueve géneros. El sitio 2 presentó la mayor diversidad (9 especies), y el de menor correspondió al S1 (6 taxones). En este y en el S3, *Quercus sideroxyla* registró el valor más alto de importancia ecológica; en S2, le correspondió a *Quercus durifolia* y en S2 a *Pinus cooperi*. El índice de *Shannon-Wiener* (1.51) y el de *Margalef* (1.79) más grandes se obtuvieron en este último sitio y el menor (0.93) en el ejido Banderas; mientras que el más bajo (0.97) para el de *Margalef* en el ejido El Brillante. El modelo de *Bray-Curtis* evidenció semejanza entre S1 y S3, con un valor de 25.59 %. Valores que indican tendencia a la heterogeneidad de los sitios.

**Palabras clave:** Heterogeneidad, índice de *Margalef*, índice de *Shannon-Wiener*, índice de valor de importancia, modelo de ordenación *Bray-Curtis*, riqueza de especies.

Fecha de recepción/Reception date: 12 de marzo de 2018

Fecha de aceptación/Acceptance date: 7 de septiembre de 2018

1División de Estudios de Posgrado. Instituto Tecnológico de El Salto. México.

2Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. México. Correo-e: [humberto.gonzalezr@uanl.mx](mailto:humberto.gonzalezr@uanl.mx)

3Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. México.

## Introducción

México forma parte de los 10 países megadiversos y con mayor superficie de bosques primarios en el mundo. La nación se ubica en el cuarto sitio en riqueza de especies (Semarnat, 2011). Posee una superficie arbolada superior a 64.8 millones de hectáreas, de las cuales 52 % corresponden a bosques templados (Challenger, 1998; Conafor, 2012), mismos que se distribuyen en la Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y Sierra Madre del Sur (FAO, 2005; Granados *et al.*, 2007).

La Sierra Madre Occidental (SMO) es el complejo montañoso más grande de México, se extiende por casi 1 200 km desde el noreste de Sonora (30°35' N), hasta el norte de Jalisco (21°00' N). A pesar de su gran importancia ambiental y económica, todavía es deficientemente conocida su composición y estructura vegetal (González-Elizondo *et al.*, 2012; Graciano-Ávila *et al.*, 2017a).

La clasificación de unidades y tipos de vegetación, representan una importante herramienta para el mejor manejo, aprovechamiento y conservación de los ecosistemas (González-Elizondo *et al.*, 2012).

Durango es uno de los estados mexicanos más importantes desde el punto de vista de la producción maderable y de la conservación de sus recursos, entre sus regiones destaca el área de El Salto, que posee bosques con coníferas de escasa distribución, como son los géneros *Picea*, *Abies* y *Pseudotsuga* (Aguirre *et al.*, 2003).

La estructura de la vegetación se refiere a la distribución del componente arbóreo, tanto en el plano horizontal como en el vertical. Básicamente, la estructura horizontal está dada por la distribución dasométrica (área basal y volumen por categoría diamétrica); así como por la abundancia, frecuencia y dominancia. El área basal es un indicador útil del potencial productivo de un bosque (Finegan, 1992). La composición describe al número de familias, géneros y especies que se registran dentro del bosque al momento de realizar un inventario. Los componentes que se consideran para complementar mejor la información acerca de la composición, se enfocan en la diversidad, riqueza de especies y la similaridad de la especie, entre otras (Louman *et al.*, 2001).

Aunque la conservación de la diversidad es parte integral del manejo forestal, existen evidencias de que esta y la estructura dimensional de los taxa han cambiado de manera drástica por la dinámica del ecosistema, debido a los efectos de eventos naturales y actividades antrópicas, como ciclones, huracanes, tornados, plagas, enfermedades, aprovechamiento forestal, cambios de uso de suelo e incendios forestales (Vetaas y Chaudhary, 1998; Hernández *et al.*, 2013; Medrano *et al.*, 2017).

Entre los estudios cuantitativos que describen la composición y estructura de la vegetación en la SMO, destacan las investigaciones realizadas por García-Arévalo (2008), Valenzuela y Granados (2009), De León *et al.* (2013), Delgado *et al.* (2016) y Medrano *et al.* (2017). A pesar de que la región de El Salto, está integrada por diversas condiciones topográficas, propias de las zonas montañosas, existe escasa información sobre la composición y estructura de especies; aportación importante al conocimiento para su incorporación a los programas de conservación o aprovechamiento forestal. Por tanto, los supuestos teóricos que enmarcan la presente investigación expresan que no hay diferencias en la composición y estructura de la vegetación en los sitios de estudio.

Para ello, se cuantificó una serie de registros como parámetros dasométricos de altura total (m) y diámetros de copas ( $m^2$ ), este último se estimó a partir de la longitud del largo (norte-sur) por ancho (oriente-poniente) de la copa de cada individuo, con el fin de conocer la cobertura parcial y total de las especies presentes por sitio.

Se determinaron los indicadores ecológicos de: abundancia (A), dominancia (D), frecuencia (F) y valor de importancia (VI), y se compararon los resultados entre sitios.

Por tanto, que el objetivo de la presente investigación fue describir la estructura y composición de la vegetación en cuatro sitios de la SMO, México, para colaborar con el conocimiento biológico como un instrumento útil que contribuya a la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas forestales.

## Materiales y Métodos

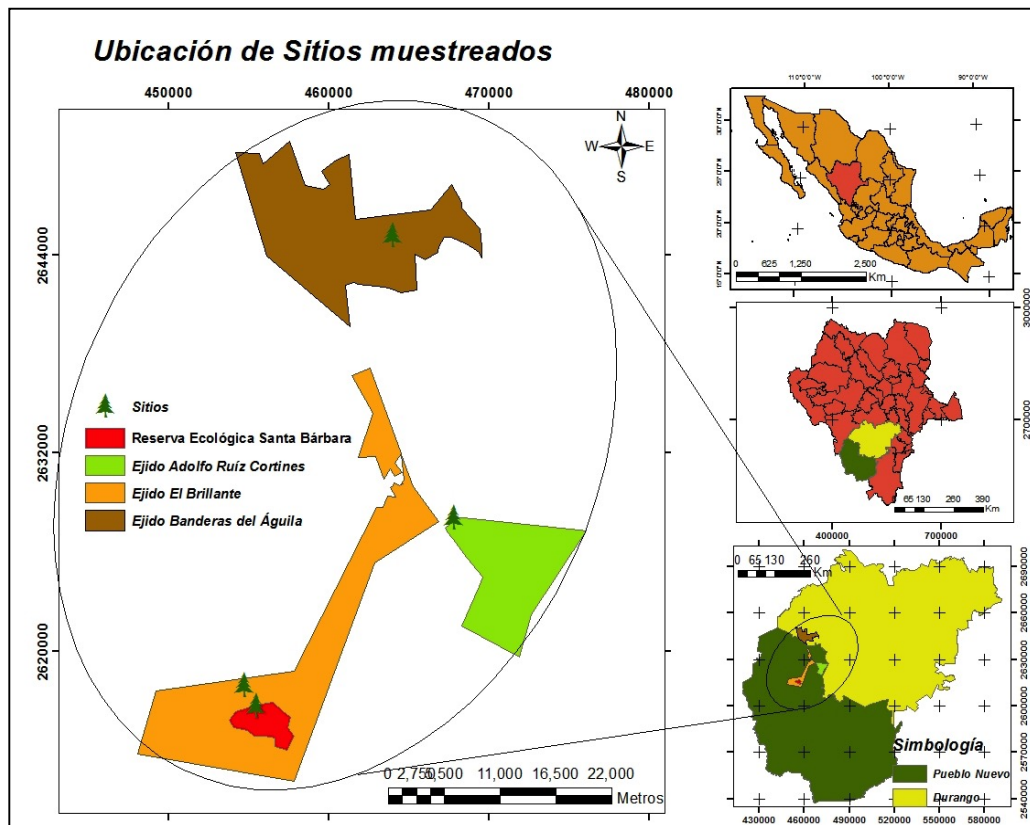
El estudio se llevó a cabo durante el verano del año 2016, en cuatro sitios ubicados en el estado de Durango, México (Figura 1). El sitio 1 (S1), se ubicó en Adolfo Ruíz Cortines, perteneciente al municipio Pueblo Nuevo, Durango, su localización geográfica corresponde a 23°44'39.82" N y 105°18'23.99" O. La altitud varía de 2 450 a 2 650 m; con una superficie de 4 223.83 ha<sup>-1</sup>. El clima es templado subhúmedo, con lluvias en verano y precipitación invernal de 5 a 10.2 mm; temperatura media anual es de 18 °C, con una precipitación media anual de 800 mm (García, 1981).

En el predio los tipos de suelo corresponden a Litosol y Regosol. Las comunidades vegetales más importantes están compuestas por bosques mezclados con especies del género *Pinus* y *Quercus*, además de algunas arbustivas; los tipos de vegetación más representativos son: el bosque de pino, bosque de pino-encino y el bosque de encino-pino (INEGI, 2010).

El sitio 2 (S2), Banderas del Águila, municipio Durango, cuya ubicación geográfica es 23°58'33.01" N y 105°22'54.99" O; con una altitud de 2 400 m; el predio tiene una superficie de 2 100 ha<sup>-1</sup>. El clima es semifrío-templado subhúmedo; con temperatura anual de 0 a 22 °C y una precipitación anual de 400 a 1 200 mm (García, 1981). Los suelos son Litosol, Regosol y Cambisol; con profundidad media de 10 cm, textura media y 18 % de pedregosidad (INEGI, 2010). El tipo de vegetación predominante corresponde a bosque de *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltld., *Pinus cooperi* C.E. Blanco, *Pinus durangensis* Martínez, *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltld. & Cham., *Pinus teocote* Schiede ex Schltld. & Cham., *Quercus durifolia* Seemen ex Loes, *Quercus rugosa* Née y *Quercus sideroxyla* Bonpl. (INEGI, 2010).

El sitio 3 (S3), El Brillante pertenece al municipio Pueblo Nuevo, Durango; se ubica a (23°40'30" N, 105°30'30" O), con una altitud que varía de 2 670 a 2 750 m. Según García (1981), predomina el clima semifrío-subhúmedo con lluvias en verano, así como clima templado-subhúmedo con lluvias en verano. La precipitación promedio media anual es de 1 200 mm, con una superficie de 9 516 ha<sup>-1</sup>. De acuerdo con INEGI (2010), los tipos de suelo que predominan son Cambisol, Regosol y Litosol. La vegetación corresponde al bosque de *Pinus* y *Quercus*, con presencia de arbustos, como *Arctostaphylos pungens* Kunth y *Quercus microphylla* Née (INEGI, 2010).

El sitio 4 (S4), se ubica en Santa Bárbara (23°39'39.12" N, 105°26'7.03" O), cerca de 24 km al norte del trópico del cáncer y aproximadamente a 23 kilómetros al sur de El Salto, con una altitud de 2 721 m, una superficie de 65 ha<sup>-1</sup>; precipitación promedio anual de 800 mm (García, 1981); suelos de tipo Litosol y Regosol. El valle de Santa Bárbara tiene una corriente permanente y está protegido contra vientos secos. En este sitio, en particular, ocurren tres especies de coníferas: *Picea chihuahuana* Martínez, *Abies durangensis* Martínez y *Pseudotsuga menziesii* Mirb. (Franco), en un área limitada de casi 20 ha<sup>-1</sup>, son taxa raros en México y en Durango, constituyen relictos protegidos con un alto estado de conservación. En particular, es significativa la presencia de *Picea chihuahuana*. La proximidad de este rodal al Trópico del Cáncer proporciona un clima poco frecuente para el desarrollo del género *Picea*, solamente otra de sus especies ocurre en Asia, en una localidad de latitud similar (Gordon, 1968). El área que corresponde a la parcela Santa Bárbara no está sometida a ningún tipo de manejo, debido a que fue decretada como Área Natural Protegida a nivel estatal en el año 2008.



**Figura 1.** Área de estudio.

Las parcelas establecidas en Adolfo Ruíz Cortines, Banderas del Águila y El Brillante, tienen un programa de manejo forestal que consiste en tratamientos silvícolas de cortas de selección que se caracteriza por dos condiciones: los rodales son de edad no uniforme y la regeneración nunca pierde la protección (o competencia) de las clases de edad mayores que se encuentran a su alrededor. El método implica extraer árboles individuales (o pequeños grupos de ellos) y la regeneración crece en su lugar, requiere especies tolerantes, capaces de establecerse y sobrevivir bajo las condiciones de estas pequeñas aberturas en el dosel del rodal.

En las unidades de manejo intervenidas con el tratamiento silvícola de selección (SEL), la corta se dirige, principalmente, a las categorías de diámetros superiores, y es prioritaria en individuos plagados, enfermos, con daños físicos, suprimidos, y muertos en pie; pero, cuando se presentan condiciones de alta densidad, la remoción es necesaria en todas las categorías diamétricas (Umafor, 2010).

### **Composición y estructura de la vegetación**

Se ubicaron 10 parcelas de muestreo al azar, con dimensiones de 10 m × 10 m en cada sitio de estudio, en una parcela previamente establecida (2 500 m<sup>2</sup>) y representativa del sitio. La ubicación geográfica se registró utilizando un navegador GPS (*Garmin*, Modelo Rino 650). García *et al.* (2010) y Alanís-Rodríguez *et al.* (2011) utilizaron dimensiones de muestreo similares para caracterizar la vegetación arbórea en bosques templados de Colombia y el norte de México, respectivamente.

Durante el verano del 2016, en cada unidad se cuantificó la densidad por especie vegetal (solo cuando la mitad o más del individuo se localizaba dentro de los límites de la unidad de muestreo), a los árboles presentes, se les midió parámetros dasométricos de diámetro normal (*d*, cm), con forcípula forestal marca *Haglöf*, modelo *Mantax Blue 950Mm*, altura total (*h*, m) con hipsómetro *Vertex Láser IV* marca *Haglöf*, modelo *HS102*, y cobertura de copas (m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>) con cinta métrica marca *Truper*, modelo *CM112 50 m*; esta última se estimó a partir de la longitud del largo

(norte-sur), por ancho (oriente-poniente) de cada copa, con el fin de conocer la cobertura parcial y total de las especies presentes por sitio.

Se determinaron los indicadores ecológicos de: abundancia (A), dominancia (D), frecuencia (F) y valor de importancia (VI) (Brower *et al.*, 1997; Magurran, 2004). Para la diversidad de especies, se utilizó el Índice de Diversidad *Shannon-Wiener* (Matteucci *et al.*, 1999). Para aplicar el índice, el muestreo debe ser aleatorio y todas las especies de una comunidad vegetal tienen que estar presentes en la muestra (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

La diversidad beta, se obtuvo con base en un modelo de ordenación *Bray-Curtis*, el cual es una representación gráfica de la variación de la composición vegetal. El análisis se basa en un algoritmo que permite analizar la similitud de las muestras mediante el cálculo del porcentaje de similitud (0-100 %) en una medida de distancia (Beals, 1984). Este método es uno de los más apropiados para el análisis multivariado fitosociológico; se desarrolló con el programa *BioDiversity Pro 2.0* (McAleece *et al.*, 1997).

Para estimar la dominancia de las especies se utilizaron los datos de cobertura (Matteucci y Colma, 1982; Heiseke y Foroughbakhch, 1985).

### **Análisis estadístico**

Los índices de diversidad (*Shannon-Wiener*) y riqueza (*Margalef*) de especies, se les aplicó un análisis de varianza, con un criterio de clasificación (Steel y Torrie, 1980). De acuerdo a las pruebas estadísticas de *Kolmogorov-Smirnov*, *Shapiro-Wilk* (con la corrección de *Lilliefors*) y *Levene* (Brown y Forsythe, 1974), los datos mostraron homogeneidad de varianzas y una distribución normal. Estadísticamente se analizaron mediante la prueba de comparación de medias de *Tukey* con un nivel de significancia de  $p=0.05$  (Steel y Torrie, 1980); con el fin de detectar diferencias en los índices de diversidad (*Shannon-Wiener*) y riqueza (*Margalef*) de especies, entre las medias de los sitios (Steel y Torrie, 1980; Ott, 1993). Todos los procedimientos estadísticos se realizaron de acuerdo al paquete estadístico SPSS (por sus siglas en inglés, *Statistical Package for the Social Sciences*, versión estándar lanzada 13.0 para *Windows*, SPSS Inc., Chicago, IL USA) (SPSS, 2004).

## Resultados y Discusión

### Composición florística

Se registraron 1 020 individuos de árboles y arbustos, con una altura promedio de 6.2 m para los cuatro sitios y se identificaron 18 especies, pertenecientes a seis familias. De ellas, las de mayor riqueza fueron: Pinaceae (10), Fagaceae (3), Cupressaceae (2) y Ericaceae (2), que agrupan 94 % de los taxa registrados. La familia Betulaceae solo tuvo un taxón. Las familias con mayor número de géneros fueron: Pinaceae con (4) y Cupressaceae con (2), que representan 66 % del total registrado en los cuatro sitios de estudio. Las restantes solo tuvieron un género. Respecto a las especies destacaron: *Pinus* (7), *Quercus* (3) y *Arbutus* (2); *Abies*, *Alnus*, *Picea* y *Pseudotsuga* solo presentaron un taxón.

En relación con el número de individuos para los cuatro sitios de estudio sobresalieron: Pinaceae (393), Fagaceae (486) y Ericaceae (76); mientras que las familias con la menor cantidad fueron: Cupressaceae (47) y Betulaceae (18). En cuanto a familias, géneros, especies e individuos por sitio, se tiene que a S1 y S3 les correspondieron el mayor número de familias (5), seguido de sitio S2 (4) y S4 (3). Los sitios con más géneros (5) fueron S1 y S3, seguido de S2 (4), en el S4 se identificaron 3 géneros. El sitio que presentó más especies fue S4 (9), y en orden descendiente S1, S2 (8) y S3 (6). *Quercus sideroxylla* fue la mejor representada en los sitios S3 (323) y S1 (81). *Q. durifolia* (69), en S2 y *Pinus cooperi* (58) en el S4. Para *Alnus acuminata* Kunth, *Pinus cooperi* y *Quercus rugosa*, se registró un individuo en los sitios S1 y S2, en S4, *Quercus sideroxylla* (4) y *Alnus acuminata* (19) en el sitio S3. De los 1 020 individuos cuantificados, el sitio con el número más alto de individuos fue S3 (512), seguido de S1 (206), S4 (168), y S2 (134).

En la SMO destacan los estudios florísticos realizados por De León *et al.* (2003), García-Arévalo (2008), Valenzuela y Granados (2009), Aragón-Piña *et al.* (2010), Delgado *et al.* (2016) y Graciano-Ávila *et al.* (2017b), los cuales señalan que Pinaceae y Fagaceae fueron las más abundantes; como lo demuestran Sánchez-González (2008) y González-Elizondo *et al.* (2012), quienes indican que la alta abundancia de estas familias se debe



a que incluyen 46 % de las especies de pinos de México y 34 % de los encinos. Asimismo, se ha confirmado que son las dominantes en los bosques de Durango (Graciano-Ávila *et al.*, 2017a) y, recientemente, Zúñiga *et al.* (2018) documentan los más altos valores de importancia para los géneros *Pinus* y *Quercus*.

Ambas familias son de gran interés económico en los ecosistemas forestales del país, cuyo aprovechamiento entre los años 1900-2012 fue de 129 (80.1 %) y 141 (8.8 %) millones de m<sup>3</sup> en rollo, respectivamente, que equivale a 94.8 % de la producción nacional, y constituye la primera reserva nacional forestal; que genera entre 25 y 30 % de la producción nacional maderable (Semarnat, 2014). Otros estudios (Mendoza, 1993; Gavilán y Rubio, 2005) señalan que dicha dominancia podría deberse a los tratamientos silvícolas; de modo que las intervenciones silviculturales estén orientadas a crear las condiciones apropiadas, sobre todo de luz, para el establecimiento de las especies deseables comercialmente, lo que minimiza el número de especies en el ecosistema.

En las condiciones de manejo forestal tradicional hay poco control sobre el proceso o el funcionamiento del sistema para mantener la diversidad de especies, requisito imprescindible, en el manejo forestal sustentable (Kazana *et al.*, 2005). Por lo que, un tratamiento silvícola correcto tiene un efecto sobre la composición y la estructura de los bosques, y produce madera y otros servicios ambientales (Promis *et al.*, 2010).

### **Diversidad de especies en los sitios de estudio**

La prueba de análisis de la varianza detectó diferencias significativas en la diversidad de especies para la combinación entre sitios (Cuadro 1), la cual se debe a que en al menos algún sitio no presenta semejanza en la riqueza específica y en el número de individuos.



**Cuadro 1.** Resultados del Análisis del Varianza para el índice de diversidad de *Shannon-Wiener* y el de riqueza *Margalef*.

Índice	Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Valor F	Valor p
<i>Shannon-Wiener</i>	Entre Sitios	2.004	3	0.668	12.265	<0.001
	Dentro de Sitios	1.960	36	0.054		
	Total	3.964	39			
<i>Margalef</i>	Entre Sitios	4.663	3	1.554	19.114	<0.001
	Dentro de Sitios	2.928	36	0.081		
	Total	7.591	39			

Por consiguiente, el sitio S3 (512) destaca por el número de individuos, seguido de S1 (206), S4 (168) y S2 con (134). Esta tendencia en el número de individuos coincide con el rango de individuos reportado por Aragón-Piña *et al.* (2010), Delgado *et al.* (2016) y Graciano-Ávila *et al.* (2017b), mientras que Nívar-Cháidez y González-Elizondo (2009), Ramírez *et al.* (2003), López-Hernández *et al.* (2017) observaron un promedio menor.

La prueba de análisis de comparación de medias para el índice de diversidad de *Shannon-Wiener* y el de riqueza *Margalef* se ilustran en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Índices de *Shannon-Wiener* y el de riqueza *Margalef* para los cuatro sitios de estudio.

Sitio de estudio	Índice	
	<i>Shannon-Wiener</i>	<i>Margalef</i>
Adolfo Ruíz Cortines	1.357 ±0.067ab	1.426 ±0.075b
Banderas del Águila	1.102 ±0.063bc	0.986 ±0.109c
El Brillante	0.934 ±0.079c	9.970 ±0.109c
Santa Bárbara	1.512 ±0.083a	1.793 ±0.053a

Los valores representan la media  $\pm$  error estándar (n=10). Valores con letras diferentes en una misma columna, difieren estadísticamente con un nivel de significancia  $p=0.05$  de acuerdo a la prueba de comparación de medias o método de *Tukey DHS*.

La diversidad de especies de *Shannon-Wiener* fue del orden de (S2) 0.93, (S3) 1.10, (S1) 1.35 y (S4) 1.51; mientras que el índice de *Margalef* tuvo valores en la riqueza de especies (S3) 0.97, (S2) 0.98, (S1) 1.42 y (S4) 1.79. El promedio para los cuatro sitios de estudio fue de 1.29 y de 1.22, respectivamente. Las taxa más importantes fueron *Pinus leiophylla* y *Pinus durangensis*, lo que significa mayor dominancia estructural y un nivel de competitividad mayor.

De acuerdo con Margalef (1972), Magurran (2004) y Ramírez (2006), la diversidad es considerada baja cuando los valores son menores a 2, media de 3 a 5 y alta cuando superan 5; por lo anterior, la diversidad para los sitios de estudio se considera baja, de manera similar a la diversidad de especies registrada en la región de El Salto, Durango (Návar-Cháidez y González-Elizondo, 2009; Delgado *et al.*, 2016; Graciano-Ávila *et al.*, 2017a; Medrano *et al.*, 2017), con valores de diversidad de 1.33, 1.19, 1.81 y 1.94.

La variación en la diversidad de especies está dada por condiciones edafoclimáticas, ecológicas y por la conversión del terreno a la agricultura y ganadería extensiva, así como a diversas actividades antrópicas, en consecuencia, se genera la presencia de diferentes comunidades vegetales (Aragón-Piña *et al.*, 2010; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2011; Ramírez *et al.*, 2013; López-Hernández *et al.*, 2017).

El sitio (S4) presentó mayor diversidad, lo que de acuerdo a Gordon (1968) podría responder a su localización dentro de un valle, que presenta una corriente permanente y está protegido contra vientos secos, rodeado al sur y al este por una meseta de bosques de pino y en el lado occidental presenta una pendiente escarpada que constituye una depresión conocida como Quebrada del Infierno. Ocurren tres coníferas: *Picea chihuahuana*, *Abies durangensis* y *Pseudotsuga menziesii*. Especies raras en México y en Durango, que se distribuyen como relictos

protegidos con un alto estado de la conservación. Especialmente significativa es la presencia de *Picea chihuahuana*.

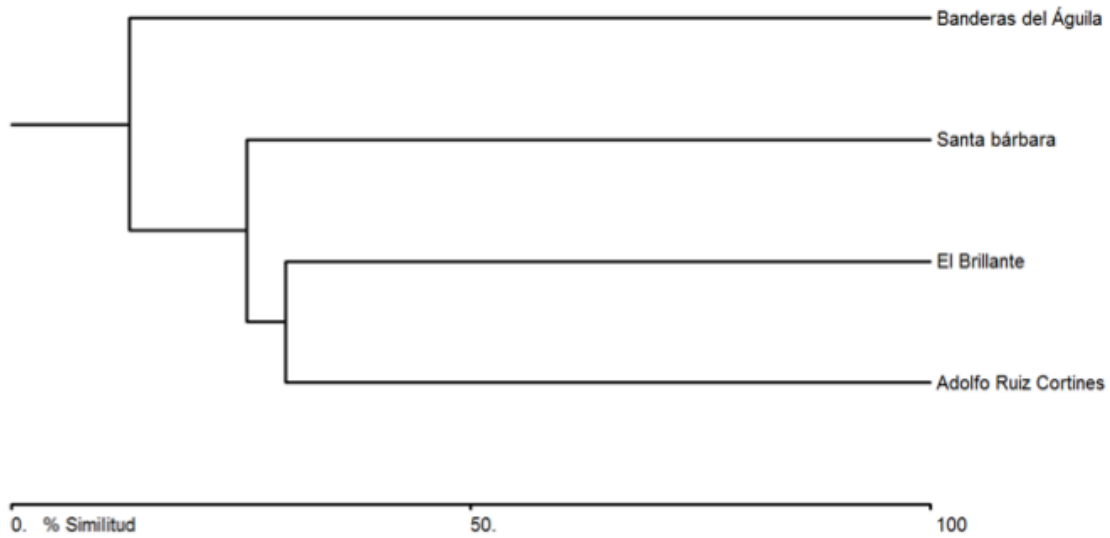
La proximidad de este rodal al Trópico de Cáncer proporciona un clima poco frecuente para el género *Picea*; solamente, otra especie del género crece en Asia en una localidad de latitud similar. Además de lo anterior, el sitio (S4) carece de manejo forestal, ya que se ubica en una reserva ecológica. El sitio (S2) fue el menos diverso, a consecuencia del cambio de uso de suelo de área forestal hacia ganadería extensiva. Asimismo, la variación en la diversidad de especie en gran parte, puede deberse a la cantidad de precipitación histórica registrada en cada sitio.

Návar-Cháidez y González-Elizondo (2009) mencionan que la diversidad disminuye con el aumento en el área basal removida. Los hábitats con baja fertilidad reducen la diversidad, a través de estrés por nutrientes, y que la alta fertilidad evita las limitaciones impuestas por el estrés, lo que resulta en comunidades simplificadas (Rosenzweig y Abramsky, 1993; Tilman y Pacala, 1993).

### **Similitud florística**

La composición florística en los cuatro sitios están representadas por 18 especies, los cuales comparten solo una (*Juniperus deppeana* Steud.); mientras que *Arbutus xalapensis* Kunth, la comparten los sitios S1, S2 y S3; *Pinus cooperi*, los sitios S2, S3, S4; y *Quercus sideroxylla*, los sitios S1, S3, S4; destacan por su valor de importancia las dos últimas.

De acuerdo al dendrograma de ordenación *Bray-Curtis* (Figura 2), se aprecia que los sitios evaluados presentan una baja similitud. Los sitios con mayor similitud fueron el S1 y S3, con 29.81 %, una similitud de 25.59 % con el S4 y, finalmente, el S2 12.94 % de similitud con el siguiente grupo (Cuadro 3).



**Figura 2.** Dendrograma de ordenación *Bray-Curtis* de los sitios de estudio.

**Cuadro 3.** Matriz de similitud del análisis *cluster Bray-Curtis* entre los sitios de estudio.

	<b>Banderas del Águila</b>	<b>El Brillante</b>	<b>Santa Bárbara</b>
Adolfo Ruíz Cortines	12.94	29.81	9.09
Banderas del Águila	*	4.33	1.99
El Brillante	*	*	25.59

García *et al.* (2010) citan resultados similares para dos bosques naturales en Colombia, con una similitud de 37 %, con 21 especies compartidas de 57 identificadas; y concluyen que la baja similitud se debe a la diferencias altitudinal y a características propias de la zona. Ramírez *et al.* (2013) en cuatro sitios de estudio del noreste de Nuevo León, registran que aquéllos ubicados dentro del mismo gradiente altudinal fueron semejantes en cuanto a su composición de especies. Los autores argumentan que la disimilitud entre sitios responde a la precipitación histórica registrada y a las características de cada ecosistema, así como la diferencia en el gradiente altitudinal.

Luna *et al.* (2015) al evaluar el efecto de prácticas silvícolas en la composición y diversidad de un bosque, registraron que la similitud de especies entre los tratamientos evaluados aumenta con el tiempo de aplicación y es influenciada por las condiciones bióticas y abióticas del ecosistema que resultan del tratamiento silvícola.

A pesar de situarse en intervalos de altitud y presentar temperaturas promedio similares en general, los sitios de estudio presentaron una baja similitud que varió de 0.13 a 0.40, lo que constituye un ejemplo de la complejidad ecológica de la SMO (Delgado *et al.*, 2016). Sin embargo, la mayor desigualdad entre sitios ( $S2$  y  $S4 = 1.99$ ), posiblemente, se explica por la distancia entre ellos, las diferencias de las características de cada sitio; el sitio ( $S2$ ) presenta actividad de cambio de uso suelo, áreas de bosques por pastura para la ganadería extensiva, y una baja precipitación; mientras que, en el sitio ( $S4$ ) existen relieves, pendientes pronunciadas con variadas quebradas moderadas, y cañones con fuentes de agua, alta humedad, y la precipitación más alta, respecto a los demás sitios; además, se encuentra dentro de un área natural protegida (ANP), con actividades ecoturísticas, científicas y de educación.

### **Indicadores ecológicos en los sitios de estudio**

Los resultados correspondientes a las variables ecológicas para cada uno de los cuatro sitios evaluados se resumen en los cuadros 4, 5, 6 y 7.



**Cuadro 4.** Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio Adolfo Ruíz Cortines.

Especie Vegetal	Densidad (N·ha <sup>-1</sup> )	Dr (%)	Frecuencia	Fr (%)	Área de Copa (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	ACr (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Abr (%)	IVI (%)
<i>Alnus acuminata</i>	10	0.49	1	1.89	64	0.31	0.05	0.13	0.83
<i>Arbutus xalapensis</i>	190	9.22	8	15.09	2 194	10.68	3.78	8.16	10.82
<i>Juniperus deppeana</i>	60	2.91	4	7.55	494	2.41	0.58	1.26	3.91
<i>Pinus durangensis</i>	630	30.58	10	18.87	5 828	28.38	14.49	31.24	26.9
<i>Pinus leiophylla</i>	80	3.88	4	7.55	432	2.11	0.79	1.72	4.38
<i>Pinus teocote</i>	190	9.22	8	15.09	1 898	9.24	3.84	8.3	10.87
<i>Quercus rugosa</i>	90	4.37	8	15.09	1 039	5.06	2.7	5.83	8.43
<i>Quercus sideroxylla</i>	810	39.32	10	18.87	8 585	41.80	20.11	43.37	33.85
Total	2 060	100	53	100	20 537	100	46.38	100	100

Dr = Densidad relativa; Fr = Frecuencia relativa; Acr = Área de copa relativa;  
 Abr = Área Basal; IVI = Índice de Valor de Importancia (Dr+Fr+ABr) /3.

**Cuadro 5.** Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio Banderas del Águila.

Especie Vegetal	Densidad (N·ha <sup>-1</sup> )	Dr (%)	Frecuencia	Fr (%)	Área de Copa (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	ACr (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Abr (%)	IVI (%)
<i>Arbutus chiapensis</i>	70	5.22	3	8.57	444	2.80	0.56	2.27	5.36
<i>Arbutus xalapensis</i>	110	8.21	3	8.57	365	2.30	0.45	1.80	6.19
<i>Juniperus deppeana</i>	20	1.49	2	5.71	120	0.76	0.21	0.86	2.69
<i>Pinus cooperi</i>	10	0.75	1	2.86	75	0.48	0.07	0.29	1.30
<i>Pinus engelmannii</i>	80	5.97	6	17.14	1 641	10.34	3.73	15.08	12.73
<i>Pinus leiophylla</i>	350	26.12	9	25.71	6 834	43.08	12.96	52.36	34.73
<i>Quercus durifolia</i>	690	51.49	10	28.57	6 247	39.38	6.59	26.63	35.57
<i>Quercus rugosa</i>	10	0.75	1	2.86	139	0.87	0.18	0.72	1.44
Total	1 340	100	35	100	15 864	100	24.75	100	100

Dr= Densidad relativa; Fr= Frecuencia relativa; Acr= Área de copa relativa;  
 ABr= Área Basal; IVI = Índice de Valor de Importancia (Dr+Fr+ABr) /3.

**Cuadro 6.** Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio El Brillante.

Especie Vegetal	Densidad (n·ha <sup>-1</sup> )	Dr (%)	Frecuencia	Fr (%)	Área de Copa (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	ACr (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Abr (%)	IVI (%)
<i>Alnus acuminata</i>	170	3.32	3	6.38	592	2.15	0.88	1.96	3.89
<i>Arbutus xalapensis</i>	390	7.62	10	21.28	1 200	4.37	1.09	2.43	10.44
<i>Juniperus deppeana</i>	190	3.71	5	10.64	808	2.94	0.71	1.59	5.31
<i>Pinus cooperi</i>	680	13.28	10	21.28	9 998	36.36	26.8	59.33	31.30
<i>Pinus strobiformis</i>	460	8.98	9	19.15	6 507	23.66	6.52	14.43	14.19
<i>Quercus sideroxyla</i>	3 230	63.09	10	21.28	8 391	30.52	9.15	20.26	34.87
Total	5 120	100	47	100	27 498	100	45.17	100	100

Dr = Densidad relativa; Fr = Frecuencia relativa; Acr = Área de copa relativa;  
 Abr = Área Basal; IVI = Índice de Valor de Importancia (Dr+Fr+ABr) /3.

**Cuadro 7.** Variables ecológicas para las especies identificadas en el sitio Santa Bárbara.

Especie Vegetal	Densidad (n·ha <sup>-1</sup> )	Dr (%)	Frecuencia	Fr (%)	Área de Copa (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	ACr (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> ·ha <sup>-1</sup> )	Abr (%)	IVI (%)
<i>Abies durangensis</i>	60	3.57	5	8.47	1 693	4.82	4.27	5.04	5.7
<i>Cupressus lusitanica</i>	200	11.9	7	11.86	1 620	4.61	2.03	2.4	8.72
<i>Juniperus deppeana</i>	350	20.83	10	16.95	2 910	8.28	10.64	12.56	16.78
<i>Picea chihuahuana</i>	100	5.95	5	8.47	3 267	9.30	9.68	11.42	8.62
<i>Pinus cooperi</i>	580	34.52	9	15.25	13 506	38.44	31.07	36.67	28.82
<i>Pinus durangensis</i>	80	4.76	6	10.17	3 356	9.55	9.57	11.29	8.74
<i>Pinus strobiformis</i>	70	4.17	4	6.78	1 713	4.88	1.41	1.67	4.21
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	210	12.5	10	16.95	4 116	11.72	6.84	8.07	12.51
<i>Quercus sideroxyla</i>	30	1.79	3	5.08	2 949	8.39	9.21	10.88	5.92
Total	1 680	100	59	100	35 134	100	84.73	100	100

Dr = Densidad relativa; Fr = Frecuencia relativa; Acr = Área de copa relativa;  
 Abr = Área Basal; IVI = Índice de Valor de Importancia (Dr+Fr+ABr) /3.

Los cuatro sitios de estudio presentaron una cobertura de 9 063.5 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>. López-Hernández *et al.* (2017) observaron una cobertura similar (8 462.76 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup>), al evaluar un bosque templado en la región este del estado de Puebla. Graciano *et al.*



(2009), señalan en el ejido la Campana en la SMO, una cobertura de 8 838.35 m<sup>2</sup> ha<sup>-1</sup> en sitios con vegetación similar a la de la presente investigación. Las variaciones en la cobertura pueden deberse, en gran parte, a la precipitación pluvial histórica recibida en cada sitio. Valenzuela y Granados (2009) refieren que en zonas montañosas como las de la SMO permanecen templadas, con una precipitación alta, lo que propicia cambios en la estructura y composición de la vegetación.

Piedra (2016) indica que los cambios no solo se deben a cuestiones ambientales, sino a las actividades de manejo como la distribución del material leñoso o la construcción de obras de conservación de suelo, como el acordonamiento, las cuales estimulan la acumulación de hojarasca y, en consecuencia, dificultan la germinación de semilla.

Challenger *et al.* (2009) documentan que la cobertura de la vegetación es afectada por diversas actividades, entre las que destacan: destrucción del hábitat, sobreexplotación, especies invasoras, contaminantes y cambio climático.

El IVI calculado indica que en los cuatro sitios la dominancia corresponde a *Pinus* spp., seguido de *Quercus* spp., lo que se debe a que sus especies tienen importancia económica en la SMO, por lo que al aplicar los métodos silvícolas se favorece que su densidad, frecuencia, cobertura y área basal sea mayor. No obstante, las dominancias genéricas hacen que en un mismo sitio se observen bosques de pino-encino o encino-pino, lo que concuerda con lo documentado en el Ordenamiento Ecológico del estado de Durango para los bosques templados de la zona (Semarnat, 2007).

El estudio comparativo entre sitios contiguos permitió detectar variaciones estructurales y de composición que ocurren dentro de un mismo ecosistema. Aunque en términos generales, una misma especie de conífera o de latifoliada puede desarrollarse en diversos grados de pendiente, otros taxa tienen preferencias por topofomas particulares (Martínez *et al.*, 2013).

La asociación de *Pinus cooperi* var. *ornelasis* Martínez (Blanco) y *Pinus durangensis* con otros taxones de *Pinus* y *Quercus*, es de las más representativas en la SMO de Durango; similares a las registradas por Márquez y González (1998), Márquez *et al.* (1999) y González *et al.* (2007) y González-Elizondo (2012).

Guzmán (2009), consigna que cuando una especie alcanza el valor de importancia más alto, hay una clara dominancia ecológica y es común que unas cuantas especies, con los valores de importancia más altos representen la población más importante. Por el contrario, cuando la competencia en el sitio está repartida en varias especies, ninguna de ellas supera 50 % del valor de importancia.

## **Conclusiones**

La Sierra Madre Occidental juega un papel económico y ecológico muy importante para México, no solo como uno de los principales proveedores de madera del país, sino como de importantes servicios ambientales. Los resultados sugieren que, si bien se trata de comunidades vegetales heterogéneas y de baja similitud, *Pinus cooperi ornelasis*, *P. durangensis*, *P. leiophylla*, *Quercus durifolia* y *Q. sideroxyla* tienen valores altos de importancia ecológica por su frecuencia, densidad, dominancia y cobertura. No obstante, la valoración de los índices *Shannon* y *Margalef*, colocan a la región como de baja diversidad, lo cual indica que las condiciones biofísicas en las que se desarrollan las comunidades vegetales influyen para marcar sus diferencias. Se observa que en el sitio con mayor diversidad, además de su condición biofísica, existe un antecedente de reserva forestal.

Se aportan elementos descriptivos que deben ser considerados tanto por los manejadores forestales, como por la población local en la toma de decisiones.

## **Agradecimientos**

A los proyectos Ciclos Biogeoquímicos en Bosques de la Sierra Madre Occidental, de la Región de El Salto, Durango, México Proyecto TECNM. 5746.16-P, y Deposición de Hojarasca en tres Sitios de la Sierra Madre Occidental, Durango, México. Proyecto SEP-ITM-ITESA-PTC-002, de los cuales se derivó la presente investigación.

## **Conflicto de intereses**

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## **Contribuciones por autor**

Tilo Gustavo Domínguez Gómez: toma de datos de campo, elaboración, redacción y corrección del documento; Blanca Nallely Hernández González: organización, análisis de datos elaboración, redacción y corrección; Humberto González Rodríguez: corrección del documento y análisis estadístico; Israel Cantú Silva: análisis de datos y corrección del documento; Eduardo Alanís Rodríguez: corrección del documento y análisis estadístico; María del Socorro Alvarado: organización de datos, elaboración, redacción y corrección.

## **Referencias**

Aguirre C., O. A., G. Hui., K. V. Gadow V y J. Jiménez P. 2003. Análisis estructural de bosques naturales en Durango, México.

<http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/1037-B1.HTM> (15 de marzo de 2017).

Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M. Pando-Moreno, O. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. 2011. Caracterización de la regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del parque ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(1): 31-39.

<http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.05>.

Aragón-Piña, E. E., A. Garza-Herrera, M. S. González-Elizondo y I. Luna-Vega. 2010. Composición y estructura de las comunidades vegetales del rancho El Duranguense, en la Sierra Madre Occidental, Durango, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 81(3): 771-787.

Beals, E. W. 1984. Bray-Curtis ordination: An effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Advances in Ecological Research* 14: 1-56.

Brower, J. E., J. H. Zar and C. N. Von Ende. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. 4<sup>th</sup> edition. McGraw-Hill. Boston, MA USA. 273 p.

Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México; Pasado, Presente y Futuro. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 847 pp.

Challenger, A., R. Dirzo., J. C. López A., E. Mendoza., A. Lira N e I. Cruz. 2009. Factores de cambio y estado de la biodiversidad. *In*: Dirzo, R., R. González y I. J. March (comps.). Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. Conabio. México, D.F., México. pp. 37-73.

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2012. Inventario Nacional Forestal y de Suelos, informe del 2004-2009 CONAFOR.

<http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/portal/infys/temas/resultados-2004-2009> (18 de enero de 2018).

De León M., G. D., A. García A., S. Andrade H y A. Ruíz M. 2013. Distribución de la vegetación a través de un transecto sobre la Sierra Madre Occidental de Durango, México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 9(1): 30-40.

Delgado, Z. D. A., S. A. Heynes S., M. D. Mares Q., M. L. Piedra L., F. I. Retana R., K. Rodríguez C., A. I. Villanueva H., M. S. González E y L. Ruacho G. 2016. Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 7(33): 94-107. <https://doi.org/10.29298/rmcf>.

Finegan, B. 1992. El Potencial del Manejo de los Bosques Húmedos Secundarios Neotropicales de las Tierras Bajas. Serie Técnica. Informe Técnico Núm. 188. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales Núm. 5. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 28 p.

García C., C. Suarez C y M. Daza. 2010. Estructura y diversidad florística de dos bosques naturales (Buenos Aires, Dpto Cauca, Colombia). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias* 8(1): 74-82.

- García-Arévalo, A. 2008. Vegetación y flora de un bosque relictual de *Picea chihuahuana* Martínez del norte de México. *Polibotánica* 25: 45-68.
- García, M. E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. México, D.F., México. 252 p.
- Gavilán, R. G. y A. Rubio. 2005. ¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal? *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 20: 93-98.
- González E., M. S., M. González E. y M. A. Márquez L. 2007. Vegetación y ecorregiones de Durango. Plaza y Valdés Editores-Instituto Politécnico Nacional. México, D. F., México. 219 p.
- González-Elizondo, M. S., M. González-Elizondo, J. A. Tena-Flores, L. Ruacho-González y I. L. López-Enríquez. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403.
- Gordon, A. G. 1968. Ecology of *Picea chihuahuana* Martínez. *Ecology* 49(5): 880-896.
- Graciano-Ávila, G., O. A. Aguirre C., E. Alanís R y J. E. Lujan S. 2017a. Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12): 535-542.
- Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, Ó. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza y A. Mora-Olivo. 2017b. Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques* 23(3): 137-146. doi: 10.21829/myb.2017.2331480.
- Granados, S. D., G. F López R y M. A. Hernández G. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 13(1): 67-83.

- Guzmán L., M. A. 2009. Distribución, sistemática, y algunos aspectos ecológicos del mezquite *Prosopis* spp. (L.) en el estado de Nuevo León, México. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. San Nicolás de los Garza, N. L., México. 197 p.
- Heiseke, D. y R. Foroughbakhch. 1985. El matorral como recurso forestal. Reporte Científico. Facultad de Silvicultura y Manejo de Recursos Renovables 1: 1-31.
- Hernández, J., O. A. Aguirre C., E. Alanís R., J. Jiménez P y M. A. González T. 2013. Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(3):189-199. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.08.052>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2010. Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos Durango, Durango.  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/10/10005.pdf>. (25 febrero de 2018).
- Kazana, V., F. Bonnieux, P. Campos, A. Palacin, L. Caparrós, P. Croitorou, A. Gatto, M. Kazaklis, J. Merlo, C. Paoli and L. Zadnik. 2005. MEDMONT: Tools for evaluating investment in the mountain Mediterranean areas-An integrated framework for sustainable development. Final Report. Mediterranean Agronomic Institute of Chania (MAI.Ch). Alsyllion Agrokepion, Chania, Grecia. 255 p.
- López-Hernández, J. A., Ó. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monarrez-Gonzalez, 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:10.21829/myb.2017.2311518.
- Louman, B., D. Quiroz y M. Nilson. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedo con énfasis en América Central. Serie Técnica. Manual Técnico Núm. 46. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p.

Luna, B. L., P. Hernández R., A. Velázquez M., A. Gómez G y M. Acosta M. 2015. El sotobosque en la composición y diversidad de áreas bajo manejo forestal en Santa Catarina Ixtepeji, Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 21(1): 109-121. doi: 10.5154/r.rchscfa.2014.08.037.

Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing. Oxford, UK. 256 p.

Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is there an upper limit to diversity. *Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences* 44: 211-235.

Márquez, L., M. A y M. S. González E. 1998. Composición y estructura del estrato arbóreo de un bosque de pino-encino en Durango, México. *Agrociencia* 32(4): 413-419.

Márquez, L., M. A., M. S. González E y R. Álvarez Z. 1999. Componentes de la diversidad arbórea en bosques de pino encino de Durango, México. *Madera y Bosques* 5(2): 67-78.

Martínez, A. P., C. Wehenkel, J. C. Hernández D., M. González E., J. Corral R and A. Pinedo Á. 2013. Effect of climate and physiography on the density of tree and shrub species in Northwest Mexico. *Polish Journal of Ecology* 61(2): 295-307.

Matteucci, S. D. y A. Colma. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*, Serie Biología, Monografía 22. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, DC USA. 168 p.

Matteucci, S. D., A. Colma y L. Pla. 1999. Biodiversidad vegetal en el árido falconiano (Venezuela). *Interciencia* 24: 300-307.

Mcaleece, N., P. J. D. Lamshead and G. L. J. Paterson. 1997. *Biodiversity Professional (V.2.0)*. Natural History Museum and Scottish Association for Marine Science.

<http://www.sams.ac.uk/research/software/software/?searchterm=Biodiversity%20Pro> (13 de marzo de 2018).

- Medrano M., M. J., F. J. Hernández, S. Corral R y J. A. Nájera L. 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(40): 57-68.
- Mendoza B., M. A. 1993. *Conceptos básicos de manejo forestal*. 1ª edición. Limusa-UTEHA. México, D.F., México 161 p.
- Mostacedo, B y S. Fredericksen. 2000. *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. BOLFOR. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 92 p.
- Návar-Cháidez, J. J. y S. González-Elizondo. 2009. Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica* 27: 71-87.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2005. *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales 2005: Informe nacional, FRA2005*. Roma, Italia: 253 p.
- Ott, L. 1993. *An introduction to statistical methods and data analysis*. 2<sup>nd</sup> edition. Duxbury Press. Boston, MA USA. 775 p.
- Piedra L., N. L. 2016. *Caracterización de composición y estructura de los extratos herbáceos y arbustivos en un ensayo de aclareos de Pueblo, Nuevo y San Dimas Durango*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional CIIDIR. Victoria de Durango, Dgo., México. 63 p.
- Promis, A., J. Caldentey y M. Ibarra. 2010. Microclima en el interior de un bosque de *Nothofagus Pumilio* y el efecto de una corta de regeneración. *Bosque (Valdivia)* 31 (2): 129-39. doi:10.4067/S0717-92002010000200006.
- Ramírez G., A. 2006. *Ecología: métodos de muestreo y análisis de población y comunidades*. 1ª edición. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 272 p.
- Ramírez L., R. G., T. G. Domínguez G., H. González R., I. Cantú S., M. V. Gómez M., J. I. Sarquís R y E. Jurado. 2013. Composición y diversidad de la vegetación en cuatro sitios del noreste de México. *Madera y Bosques* 19(2): 59-72.



- Rosenzweig, M. L. and Z. Abramsky. 1993. How are diversity and productivity related? *In*: Ricklefs, R. E. and D. Schluter (eds.). Species Diversity in Ecological Communities. Historical and Geographical Perspectives. The University of Chicago Press. Chicago, IL USA. pp. 52-65.
- Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques* 14(1): 107-120.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2007. Ordenamiento Ecológico del Estado de Durango. Gobierno del Estado de Durango-SEMARNAT. Durango, Dgo., México. 194 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2014. Ecosistema terrestres, el medio ambiente en México 2013-2014. [http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen14/02\\_ecosistemas/2\\_4.html](http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen14/02_ecosistemas/2_4.html) (1 de febrero de 2018).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2011. Anuario estadístico de la producción forestal 2009. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/gestionambiental/forestalsuelos/Anuarios/> Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos (5 de febrero de 2018).
- Statistical Package for the Social Sciences Inc. (SPSS). 2004. SPSS para Windows. Version 13.0. SPSS Inc. Chicago, IL USA. n/p.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. 2<sup>nd</sup> edition. McGraw-Hill Book Company. New York, NY USA. 633 p.
- Tilman, D. and S. Pacala. 1993. The Maintenance of Species Richness in Plant Communities. *In*: Ricklefs, R. E. and D. Shuleter (eds.). Species diversity in ecological communities. The University of Chicago Press. Chicago, IL USA. pp. 13-25.
- Unidad de Manejo Forestal (UMAFOR). 2010. Estudio regional forestal de la unidad de manejo forestal UMAFOR 1002. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F., México. 347 p.

Valenzuela N., L. M y D. Granados S. 2009. Caracterización fisonómica y ordenación de la vegetación en el área de influencia de El Salto, Dgo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 29-41.

Vetaas, O. R. and R. P. Chaudhary. 1998. Scale and species-environment relationships in a central Himalayan oak forest, Nepal. *Plant Ecology* 134(1): 67-76.

Zúñiga V., J. M., E. A. Martínez López., C. Navarrete G., J. J. Graciano L., D. Maldonado A y B. Cano M. 2018. Análisis ecológico de un área de pago por servicios ambientales hidrológicos en el ejido La Ciudad, Pueblo Nuevo, Durango, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 26(73): 27-36.