

Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus* L.) en la Sierra Madre del Sur, México

Carlos Alberto Mora-Donjuán¹
Olga Nathalia Burbano-Vargas²
Cuahtémoc Méndez-Osorio³
Diego Francisco Castro-Rojas²

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en un bosque de encino en la Sierra Madre del Sur, México y tuvo como objetivo evaluar la diversidad y caracterizar un bosque de pino encino. Se establecieron ocho sitios de 1000 m² en un área con características fisiográficas similares. En los sitios se realizó un censo de todas las especies arbóreas ($d_{0,10m}$), se realizaron mediciones dasométricas de altura (h), diámetro (DAP) y diámetro de copa a cada individuo. Se registró una riqueza específica de 2 especies, ambas pertenecientes al género *Quercus* (*Q. elliptica* y *Q. rugosa*). Se registró una densidad de 313 N.ha⁻¹, 282 (90 %) de la especie *Q. elliptica* y 31 N.ha⁻¹ (10 %) individuos de *Q. rugosa*. Se registró un área basal de 63,3 m²; el taxón que registró mayor dominancia fue *Q. elliptica* con 88,6 %, mientras que *Q. rugosa* registró

Abstract

Evaluation of biodiversity and structural characterization of an oak forest (*Quercus* L.) in the Sierra Madre del Sur, Mexico

The present work was developed in an oak forest in the Sierra Madre del Sur, Mexico and had as objective to evaluate the diversity and to characterize a oak forest. Eight sites of 1,000 m² were established in an area with similar physiographic characteristics. In the sites a census of the entire tree species ($d_{0,10m}$) was carried out, measurements of height (h), diameter (DAP) and cup diameter were made to each individual. A specific richness of two species were recorded, both belonging to the genus *Quercus* (*Q. elliptica* and *Q. rugosa*). A density of 313 N.ha⁻¹, 282 (90%) of the species *Q. elliptica* and

1. Instituto para el Manejo y Conservación de la Biodiversidad A. C. Guerrero, México. biologomora@gmail.com

2. Universidad de la Amazonia, Facultad de Ingeniería; Florencia, Caquetá, República de Colombia; nathaburbano2104@gmail.com; diego.agroecologo@gmail.com

3. Universidad Autónoma de Guerrero, Facultad de Desarrollo Sustentable; Guerrero, México; xtemoc@hotmail.com

Recibido: 17/02/2017
Aceptado: 28/04/2017

el 11,4 %; el índice de Margalef arrojó un valor de 0,18 lo que denota una baja riqueza de especies; el índice de Shannon registró un valor de 0,32 lo que denota una muy baja diversidad; la estructura vertical se determinó con el índice de Pretzsch, el cual registró a *Q. elliptica*, como la más abundante; el taxón que denotó el mayor peso ecológico fue *Q. elliptica* con el 78% mientras que *Q. rugosa*, arrojó un resultado del 22%.

Palabras clave: Bosque de encino, indicadores ecológicos, México, peso ecológico.

Introducción

La diversidad biológica de México ha sido ampliamente reconocida, particularmente por el número de especies de vertebrados y plantas que habitan su territorio (Rzedowski 1978, 1998; Flores y Gerez 1994; Mittermeier, Mittermeier y Robles, 1997; Ceballos, Arroyo y Medellín, 2002), razón por la que se distingue como país megadiverso.

La caracterización estructural se constituye en uno de los fundamentos principales para el entendimiento de la distribución y dominancia espacial de las especies forestales. La variación estructural de las poblaciones forestales depende en gran medida de la composición de especies de las comunidades, de tal forma que una misma especie puede presentar diferente condición estructural de acuerdo a la asociación florística donde se encuentra coexistiendo (Johnson, Shifley y Rogers, 2002). La caracterización estructural de una comunidad vegetal es una manera de estimar la condición de los ecosistemas en un momento determinado y su evolución en el tiempo (Gadow, Sánchez y Álvarez, 2007; Ni, Baiketuerhan, Zhang, Zhao y Gadow, 2014). La estructura de la comunidad es considerada como un indicador de la biodiversidad (Hui y Pommerening 2014).

Los bosques de encino se encuentran ampliamente distribuidos en los macizos montañosos de México; y cubren, aproximadamente 5,5% de la superficie total del país, hallándose la mayor diversidad de especies en un intervalo altitudinal que varía entre los 1200 a 2800 metros sobre el nivel del mar, aunque es posible encontrar especies desde los 200 hasta los 3500 m de altitud (Arizaga, Martínez, Salcedo y Bello, 2009). Los bosques de encino, se caracterizan por una amplia variación florística y estructural (Kappelle 2006), además que son muy importantes por los servicios de abastecimiento como madera, leña, corcho, alimento para el ganado, captura de carbono, mitigación del cambio climático, formación y protección del suelo, mejora de calidad

31 N.ha⁻¹ (10%) individuals of *Q. rugosa* was recorded. A basal area of 63.3 m² was recorded; the taxon that registered the greatest dominance was *Q. elliptica* with 88.6%, while *Q. rugosa* registered 11.4%; The Margalef index showed a value of 0.18 which indicates a low species richness; The Shannon index recorded a value of 0.32 which denotes a very low diversity; The vertical structure was determined with the Pretzsch index, which recorded *Q. elliptica*, as the most abundant; The taxon that denoted the greatest ecological weight was *Q. elliptica* with 78% while *Q. rugosa*, yielded a result of 22%.

Key words: Oak forest, ecological indicators, Mexico, ecological weight.

del aire y agua; culturales, recreativos, paisajísticos, de identidad cultural que ofrecen a la sociedad (Marañón, Padilla, Pérez y Villar, 2014).

Con alrededor de 161 especies, México es el mayor centro de riqueza y evolución de encinos en el continente americano. Se calcula que 109 de ellas son endémicas o exclusivas al país, es decir el 68% de los encinos del continente americano sólo se encuentra en México (Arizaga et al. 2009). Se reconocen dos centros de diversidad, el primero localizado en el sureste de Asia, alberga poco más de 120 especies (Govaerts y Frodin, 1998) y el segundo centro de diversidad genética es México con 161 especies, principalmente en las regiones montañosas, donde comparte espacios con comunidades de coníferas (Valencia, 2004).

En los últimos años se han realizado investigaciones que generan información dasométrica, descriptiva y comparativa de bosques de encino; se han desarrollado diversos estudios enfocados a la distribución, abundancia, aspectos ecológicos (Zavala 1998; Encina y Villareal, 2002; Díaz, Sosa y Pérez, 2012; Sabás, Sosa y Luna, 2015); caracterización y diversidad (Vázquez, Tamarit y Quintanar, 2004; Encina, Zarate, Estrada, Valdés y Villareal, 2009; Ávila, Ángel y López, 2010, Olvera y Figueroa, 2012); usos no leñosos (Luna, Montalvo y Rendón, 2003); regeneración natural (López, Barrera, Oliva, Reyes y Rodríguez, 2013); ecología y fitosanidad (Sosa, Moreno, Sánchez, Siqueiros y Díaz, 2011); estructura y composición florística (León, Vélez y Yepes, 2009; Martínez, Téllez e Ibarra, 2009; Rubio, Romero y Rojas, 2011; Encina, Mata, Meave y Zárate, 2011). A pesar de la diversidad de estudios realizados en México y América Latina hace falta generar más investigaciones relacionadas a este ecosistema; en el Estado de Guerrero existen pocos escritos relacionados con los bosques de encino, no se cuenta con estudios que describan y evalúen las condiciones en las que se encuentra el ecosistema. En la Sierra Madre del Sur en su fracción Guerrero se conoce muy poco la condición biológica, estructura y composición en la que se encuentran estos

bosques; por ello surge la necesidad de desarrollar una investigación enfocada en conocer el estado actual de los bosques de encino en la Sierra Madre del Sur, además con esta investigación se busca sentar bases para implementar programas de restauración ecológica; y conocer su estado nos ayudará a tener herramientas para poder evaluar su condición después de haber sufrido un disturbio; por lo antes mencionado es que pretenden desarrollar los siguientes objetivos; evaluar la biodiversidad y caracterizar la estructura, determinar la riqueza específica y diversidad biológica; estimar el peso ecológico de las especies presentes y realizar un distribución diamétrica de los individuos registrados en un bosque de encino (*Quercus* L.) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se desarrolló en un bosque de encino en la Sierra Madre del Sur en el ejido de Atoyaquillo, Municipio Coyuca de Benítez en el Estado Guerrero, México. El área se ubica en las coordenadas 17° 07' 47" Latitud Norte y 100° 02' 53" Longitud Oeste. La altitud de los sitios de estudio oscila entre 700 y 900 msnm. La precipitación media anual varía entre 900 y 1.200 mm (figura 1).

Análisis de la vegetación

Para cumplir con el objetivo de la investigación se seleccionó un área de bosque de encino en un área de la Sierra Madre del Sur. Se ubicaron y evaluaron ocho sitios de muestreo distribuidos aleatoriamente. Los sitios se establecieron en un área con características fisiográficas similares de pendiente, altitud y exposición. Los sitios de muestreo tuvieron dimensiones de 1000 m² (0,10 ha) cada uno. En los sitios de muestro se realizó un censo

de todas las especies arbóreas ($d_{0,10m}$). A cada individuo se le hicieron mediciones dendrométricas de altura total (h), diámetro (DAP) y diámetro de copa, en sentido norte – sur; este – oeste.

Para cada especie se determinó su abundancia, de acuerdo con el número de árboles; su cobertura, en función del área de copa; y su frecuencia con base en su presencia en los sitios de muestreo. Las variables relativizadas se utilizaron para obtener un valor ponderado a nivel de taxón denominado Índice de Valor de Importancia (IVI), que adquiere valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Análisis de la información

Para evaluar la contribución estructural de las especies en la comunidad de estudio se utilizó la estimación de las siguientes variables estructurales: abundancia, cobertura, frecuencia e índice de valor de importancia. Para estimar la riqueza de especies se utilizó el índice de Margalef (DMg) y para la diversidad alfa el índice de Shannon-Wiener (H') (Magurran, 2004) (Cuadro 1).

Índice de distribución vertical de especies (A). El índice A es una modificación del índice Shannon (Aguirre, 2002; Pretzsch, 2009) en que tres estratos son representados de acuerdo a la altura máxima registrada. El estrato I comprende las alturas con un rango de 80 a 100%, donde el árbol más alto constituye 100%, y a partir del cual se definen las proporciones de los árboles subsiguientes; el estrato II comprende las alturas con 50% - 80% de la altura total registrada, y el estrato III va de 0 a 50% (Aguirre, 2002; Pretzsch, 2009). Del índice A se derivan el Amax, que corresponde al valor máximo de A, dado por el número de especies y zonas de altura; y el Arel, que es la estandarización en porciento del índice A (cuadro 1).

Resultados y discusión

En el área de estudio se registró una riqueza de dos especies (*Quercus elliptica* Née y *Quercus rugosa* Née) ambas pertenecientes al género *Quercus* L. y la familia Fagaceae; León et al 2009, Martínez et al. 2009, Sosa et al. 2011, Sabás et al. 2015, reportaron valores superiores en sus respectivos estudios, donde además de haber registrado el género *Quercus* registraron otras especies. Se contabilizaron 313 N.ha⁻¹ de los cuales 282 (90 %) individuos pertenecen a la especie *Quercus elliptica* y 31 individuos a *Quercus rugosa* (10 %); Encina et al. 2009, Martínez et al. 2009, registraron una densidad mayor a la evaluada en el presente estudio.

Para estimar la riqueza específica de especies se utilizó el índice de Margalef (1951), el cual menciona que un índice con valores menores a 2,00 denotan una baja riqueza de especies y por el contrario valores cercanos a

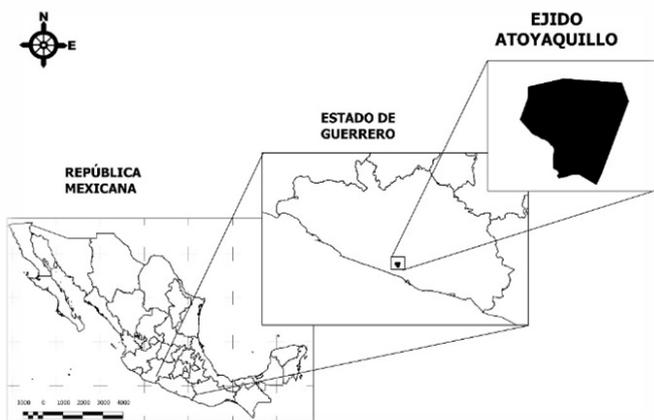


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Figure 1. Location of the study area.

Fórmula		Donde:
$De = \frac{N_i}{S}$	$De_{rel} = \left(\frac{De}{\sum_{j=1} De} \right) * 100$	<ul style="list-style-type: none"> • De = densidad absoluta • Derel = densidad relativa por especie • Ni = número de individuos de la especie i • S = superficie de muestreo (ha)
$D_i = \frac{G_i}{S}$	$D_{i,rel} = \left(\frac{D_i}{\sum_{j=1} D_j} \right) * 100$	<ul style="list-style-type: none"> • Do = dominancia absoluta • Dorel = dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total • Gi = área basal de la especie i • S = superficie (ha).
$Fr = \frac{P_i}{NS}$	$Fr_{rel} = \left(\frac{Fr}{\sum_{j=1} Fr} \right) * 100$	<ul style="list-style-type: none"> • Fr = frecuencia absoluta • Frrel = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total • Pi = número de sitios en los que está presente la especie i • NS = el número total de sitios de muestreo.
$IVI = \frac{D_{C_{rel}} + D_{O_{rel}} + Fr_{rel}}{3}$		<ul style="list-style-type: none"> • Derel = densidad relativa por especie respecto a la densidad total • Dorel = dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total • Frrel = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total
$D_{Mg} = \frac{(s-1)}{\ln(N)}$		<ul style="list-style-type: none"> • DMg = índice de Margalef • s = Número de especies presentes • ln = Logaritmo natural • N = número total de individuos
$H' = -\sum_{i=1}^s P_i * \ln(P_i)$		<ul style="list-style-type: none"> • H' = índice de Shannon-Wiener • S = número de especies presentes • N = número total de individuos
$P_i = \frac{n_i}{N}$		<ul style="list-style-type: none"> • ni = número de individuos de la especie • ln = logaritmo natural
$A = -\sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln p_{ij}$	$A_{max} = \ln(S * Z)$	<ul style="list-style-type: none"> • S = Número de especies presentes • Z = el número de estratos en altura
	$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S * Z)} * 100$	<ul style="list-style-type: none"> • Pij = el porcentaje de especies en cada zona y se estima mediante la siguiente ecuación $p_{ij} = n_{i,j}/N$; donde $n_{i,j}$ = número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y N = número total de individuos.

5,00 o superiores reflejan una riqueza de especies alta; al obtener un valor de 0,18 en este índice se refleja una muy baja riqueza de especies; sin embargo cabe mencionar que este tipo de bosque por lo general es homogéneo en riqueza y diversidad de especies.

Para estimar la diversidad biológica del ecosistema en estudio se calculó el índice de Shannon. Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5, aunque su valor normal está

entre 2 y 3; valores inferiores a 2 se consideran bajos y superiores a 3 son altos. No tiene límite superior o en todo caso lo da la base del logaritmo que se utilice (Shannon 1948). El valor registrado para este índice fue 0,32 lo que denota una muy baja diversidad en el área; investigaciones como las de Martínez et al. 2009, Ávila et al. 2010 obtuvieron valores similares a los registrados en este estudio, esto nos indica la baja diversidad biológica de este tipo de ecosistemas dominados por el género Quercus; un factor a tomar en cuenta es la alelopatía (Sampietro, 2010) observada en las comunidades donde

predomina el encino; Marín y Betancur (1997), Díaz et al. (2012) obtuvieron valores superiores a los que se registraron en el presente estudio, pero cabe señalar que estos autores evaluaron bosques de encino no puros.

Se estimó una cobertura de 19 621 m²ha⁻¹; superior al 100% de la superficie muestreada lo que significa sobre posición de copas; del total del área de copa *Quercus elliptica* registró 17 174 m² ha⁻¹ lo que representa el 88 %, mientras que *Quercus rugosa* presentó 2 447 m² ha⁻¹ que corresponde al 12 %; Martínez et al. (2009), Ávila et al. (2010), Rubio et al. (2011), Sosa et al. (2011), registraron una cobertura muy inferior a la registrada en este estudio en bosques que no estaban dominados por el género *Quercus*.

La frecuencia absoluta evalúa el número de N veces que una especie se presenta en los sitios de muestreo. La especie *Quercus elliptica* estuvo presente en todos los sitios de muestreo, es decir se registró ocho veces (100 %), por lo que corresponde a *Quercus rugosa* solo se presentó en seis sitios de los ocho que se muestrearon (75 %); esto significa que en dos de los sitios solo se presentó *Quercus elliptica* como única especie dominante; Marín y Betancur (1997), León et al. (2009), registraron a *Quercus humboldtii* como la especie con mayor frecuencia; Martínez et al. (2009) reportan a *Quercus coccolobifolia* como la especie con mayor frecuencia; Rubio et al. (2011) mencionan en su escrito a *Quercus candicans* como la especie más frecuente en su área de muestreo.

Peso ecológico o índice de Valor de Importancia (IVI). La especie que denotó el mayor peso ecológico en el estudio fue *Quercus elliptica* con el 78 %, mientras que *Quercus rugosa* arrojó un resultado de 22 % (cuadro 2). Estudios como los de Marín y Betancur (1997), Encina et al. (2009), León et al. (2009), Rubio et al. (2011) reportan a otras especies del género *Quercus* como los taxos con el IVI más alto. Debido a la gran diversidad del género *Quercus* y su amplia distribución por el territorio mexicano y el continente americano suele ser poco probable que las especies abundantes, dominantes y frecuentes sean las mismas en todas las superficies; y por lo tanto las

especies con el mayor IVI no suelen repetirse en los estudios evaluados, aunque puede haber excepciones.

La zona de estudio registró un área basal de 63,3 m² (100 %), el taxón que registro mayor dominancia fue *Q. elliptica* con el 88,6 % del área basal ocupada, mientras que *Q. rugosa* registró el 11,4 % (figura 2). Encina et al. (2009), Encina et al. (2011); registraron a *Q. greggii* y *Q. fusiformis* como las especies con mayor área basal ocupada en la superficie evaluada en sus respectivas investigaciones, los mismos autores reportan un área basal total menor a la registrada en este estudio donde evaluaron la composición de un bosque de encino en la Sierra de Zapalinamé y en la planicie costera del Noreste, México respectivamente. Ávila et al. (2010) registraron a *Q. humboldtii* como la especie con mayor área basal en un estudio que realizaron en la reserva biológica Chachalú, Colombia. A pesar de que las especies dominantes en cuanto área basal difieren con el estudio presentado se puede observar que en todos los casos (incluyendo este) el género dominante es *Quercus*, además de que en este caso y en lo demás encontrados es el género con más peso ecológico.

En el histograma se observan pocos individuos en la clase diamétrica de 10, esto indica un baja regeneración de especies o bajo nivel de reclutamiento de individuos, esto puede estar asociado a la sobre posición de copas; más del 100 % de cobertura foliar, que no permite el paso de la luz para la germinación de nuevos individuos; la mayor parte de los individuos (más del 50%) se encuentran en las categorías de 15, 20, 25 y 30, esto denota un ecosistema en plena maduración; también se observa una cantidad importante de organismos en las últimas categorías, estos se encuentran en la última etapa del ciclo biológico.

La estructura vertical del área de estudio se determinó con el índice de Pretzsch, el cual requiere definir tres pisos altitudinales en la población. El índice genera un valor de cero hasta un valor máximo. El valor cero significa que la comunidad arbórea está representada por una sola especie y formada por un solo piso; el valor máximo se obtiene cuando el total de las especies

Cuadro 2. Peso ecológico de las especies registradas en el área de estudio.

Table 2. Ecological weight of species recorded in the study area.

Especie	Abundancia		Dominancia (área de copa)		Frecuencia		IVI
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	
	N/ha	Ar	m ² /ha	Ar			
<i>Quercus elliptica</i>	281	90	17174	88	100	57	78
<i>Quercus rugosa</i>	31	10	2447	12	75	43	22
Total	312	100	19621	100	175	100	100

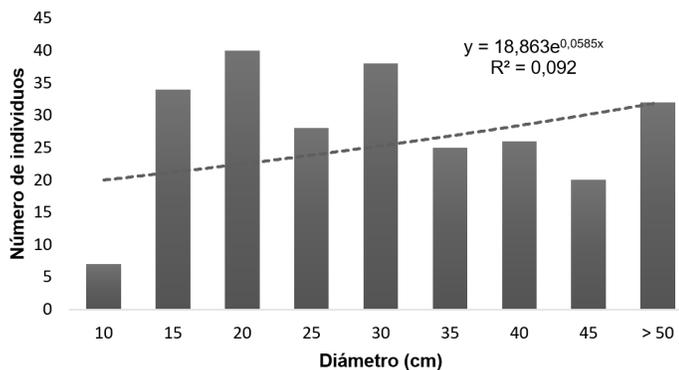


Figura 2. Distribución de categorías diamétricas en un bosque de encino (BE) en la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México.

Figure 2. Diametric distribution categories at an encino forest (BE) in the Sierra Madre del Sur, Guerrero, Mexico.

ocurrir en igual distribución en los tres pisos (Pretzsch, 1996). El resultado del índice A, indica que las dos especies presentes en el área de estudio se encuentran distribuidas en los tres estratos identificados, en todos los casos *Quercus elliptica* fue la más abundante; y de acuerdo a la proporción de las especies por cada estrato la vegetación ampliamente dominante en cada uno de ellos, principalmente en la segunda clase de altura (3,25 m – 5 m), donde se agrupó la mayor cantidad de individuos de ambas especies (69 %) respecto al total de la muestra; indicando que *Q. elliptica* probablemente tiene las mejores características de adaptación a las condiciones del entorno en esta etapa de crecimiento, ya que al pasar de la segunda a la tercer clase de altura (5,25 m - 6,5m) disminuye abruptamente con solo el 2,8% del total de individuos, y donde la diferencia en la proporción

entre las dos especies es menos marcada (1,6%), lo que sugiere que en esta zona *Q. elliptica* desarrolla una estrategia de rápido crecimiento durante la etapa baja y media (Cuadro 3). Se encontraron pocos estudios que evalúen la distribución vertical de las especies (índice de Pretzsch) en bosques de encino para poder realizar comparaciones de cómo se comportan estos bosques con respecto a otros en otra parte de México o América; Rubio, González, Jiménez, Alanís y Ávila (2014) evaluaron una comunidad vegetal de pino-encino donde el género *Quercus* se encontró distribuido en los estratos medio y alto donde presentaron dominancia junto con el género *Pinus*; Méndez, Alanís, Jiménez, Aguirre y Treviño (2014) evaluaron una comunidad de pino-encino en la Sierra de Guerrero donde el género *Quercus* registro presencia en los estratos medio y alto.

No obstante debido a que se carece de información para realizar afirmaciones o comparaciones que evidencien una tendencia clara en la condición biológica, estructura y composición en la que se encuentran estos bosques, no podemos afirmar que esta condición sea una constante, y no un área en la que ambas especies se encuentran presentes pero en la que *Quercus rugosa* carece de condiciones que en otro ambiente le permitiría una mayor abundancia y frecuencia en los sitios de muestreos respecto a *Q. elliptica*.

Agradecimientos

A las autoridades del ejido de Atoyaquillo en Coyoaca de Benítez, México; en especial a Don Carmelo Bernal por el apoyo y las facilidades otorgadas para realizar los trabajos en campo. A los colegas Erick Naranjo, Tatiana

Cuadro 3. Índice de distribución vertical de especies (índice de Pretzsch)

Table 3. Vertical species distribution index (Pretzsch index)

Estrato	N	N/ha	Proporción (%)	
			Del total	En la zona
Estrato 1(5.25 - 6.5)				
<i>Quercus elliptica</i>	7	8,75	70,00	2,80
<i>Quercus rugosa</i>	3	3,75	30,00	1,20
Suma	10	12,5	100,00	4
Estrato 2(3.25 - 5)				
<i>Quercus elliptica</i>	156	195	90,17	62,40
<i>Quercus rugosa</i>	17	21,25	9,83	6,80
Suma	173	216,25	100,00	69,2
Estrato 3(0.28 - 3.22)				
<i>Quercus elliptica</i>	62	77,50	92,54	24,80
<i>Quercus rugosa</i>	5	6,25	7,46	2,00
suma	67	83,75	100,00	26,8
suma total	250	312,50	300,00	100

Niño, Marta Rojnik, Carlos Valdes, Lourdes Pedroza, Abel y Michel Martínez por el apoyo en el levantamiento de los datos en campo y su apoyo en gabinete. A las brigadas de campo por el acompañamiento y apoyo en el levantamiento de datos en campo, en especial a Ángel, Artemio, Esteban y Silvestre.

Referencias

- Aguirre, O. A. (2002). Índices para la Caracterización de la Estructura del Estrato Arbóreo de Ecosistemas Forestales. *Ciencia Forestal en México*. 27(29): 5-27.
- Arizaga, S.; Martínez, J.; Salcedo, M. y Bello, M.A. (2009). Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos, pp 16
- Ávila, F.; Ángel, S.P. y López, R. (2010). Diversidad y estructura de un robledal en la reserva biológica Cachalú, Encino (Santander, Colombia). *Revista Colombia Forestal*. 13(1): 87-116
- Ceballos, G.; Arroyo, A. y Medellín, R.A. (2002). Mamíferos de México, en G. Ceballos y J.A. Simonetti (eds.), *Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales*. Conabio-Instituto de Ecología, UNAM, México.
- Díaz, V.; Sosa, J. y Pérez D. (2012). Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica*, (34), 99-126.
- Encina, J.A. y Villareal, J. (2002). Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el Estado de Coahuila, México. *Polibotánica*. 13:1-23
- Encina, J.A.; Zarate, A.; Estrada, E. Valdés, J. y Villareal, J.A. (2009). Composición y aspectos estructurales de los bosques de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Acta Botánica Mexicana*. 86:71-108
- Encina, J.A.; Mata, E.; Meave, J.A. y Zárate, A. (2011). Estructura y composición florística de los bosques de *Quercus fusiformis* y *Carya illinoensis* de la planicie costera del noreste, Coahuila, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82:607-622
- Flores, O. y Gerez, P. (1994). Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, vegetación y uso del suelo. UNAM-Conabio, México.
- Gadow, K. Sánchez, S. y Álvarez, J.G. (2007). Estructura y Crecimiento del Bosque. Universidad de Göttingen, Alemania. 141 p.
- Govaerts F. y Frodin D.G. 1998. World Checklist and Bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae). Royal Botanic Gardens, Kew.
- Hui, G. Y. y Pommerening, A. (2014). Analysing tree species and size diversity patterns in multi-species uneven-aged forests of Northern China. *Forest Ecology and Management* 316:125-138.
- Johnson, P.S.; Shifley, S.R. y Rogers, R. (2002). *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CABI Publishing, Oxford, UK.
- Kappelle, M. (2006). *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- León, J.; Vélez, G. y Yepes A.P. (2009). Estructura y composición florística de tres robledales en la región norte de la cordillera central de Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 57(4), 1165-1182
- López, P. P., Barrera, F. L., Oliva, F. G., Reyes, P. C. y Rodríguez, A. G. (2014). Procesos de regeneración natural en bosques de encinos: factores facilitadores y limitantes. *Biológicas*. 18-24.
- Luna, A.L.; Montalvo, L. y Rendón, B. (2003). Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 72:107-117
- Marañón, T.; Padilla, C.M.; Pérez, I.M. y Villar, R. (2014). Tendencias en la investigación sobre ecología y gestión de las especies de *Quercus*. *Ecosistemas* 23(2): 124-129. Doi.: 10.7818/ECOS.2014.23-2.16.
- Marín, C. y Betancur, J. (1997). Estudio florístico en un robledal del Santuario de flora y fauna de Iguaque (Boyacá, Colombia). *Revista Académica Colombiana* 21(80):249-259
- Martínez, J.; Téllez, O. e Ibarra, G. (2009). Estructura de los encinares de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80:145-156
- Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Editora El País, Santa Cruz, Bolivia. 87 pp.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK. 256 pp.
- Margalef, R. (1951). *Diversidad de especies en las comunidades naturales*. Publicación del Instituto Biología Aplicada. Barcelona, (9): 5-27.
- Méndez, C.; Alanís, E.; Jiménez, J.; Aguirre, O.A. y Treviño, E.J. (2014). Análisis de la regeneración postincendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. *Ciencia UANL*. 17(69): 63-70
- Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G. y Robles, P. (1997). *Megadiversidad: Los países biológicamente más ricos del mundo*. Cemex-Agrupación Sierra Madre, México.
- Ni, R.; Baiketuerhan, Y.; Zhang, C.; Zhao, X. y Gadow, K.V. (2014). Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. *Forest Ecology and Management*. 316:139-147.
- Olvera, M. y Figueroa, B.L. (2012). Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. *Ecosistemas* 21 (1-2): 74-84.
- Pretzsch, H. (1996). Strukturvielfalt als Ergebnis waldbaulichen Handelns. *Allg. Forst.-u. J.-Ztg.* 167(11), 213- 221
- Pretzsch, H. (2009). *Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Alemania. 664 p.
- Rubio, L.; Romero, S. y Rojas, E.C. (2011). Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17(1):77-90
- Rubio, E.A.; González, M.A.; Jiménez, J.; Alanís, E. y Ávila, D.Y. (2014). Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el índice de Pretzsch. *Ciencia UANL*. 17(65): 34-41

- Rzedowski, J. (1978). Vegetación de México. Limusa, México
- Rzedowski, J. (1998). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.
- Sabás, J.L.; Sosa, J. y Luna, J.J. (2015). Diversidad, distribución y caracterización básica del hábitat de los encinos (*Quercus*: Fagaceae) del Estado de San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences*, 93(4), 881-897.
- Sampietro, D. A. (2001). Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. línea). Fac. de Bioquím., Quím. y Farm. Un. Nac. de Tucumán, Arg. <http://www.mdp.edu.ar/illia/nueva/Alelopatia/Alelopatia>.
- Shannon, C. (1948). The mathematical theory of communication. En: The mathematical theory of communication. Shannon C.E. y Weaver W. (Ed). University of Illinois Press Urbana. p. 29-125.
- Sosa, J.; Moreno, O.; Sánchez, G.; Siqueiros, M.A. y Díaz, V. (2011). Ecología y sanidad de los encinos (*Quercus* spp) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosque*. 17(3):49-63
- Valencia, S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México.
- Vázquez, L.; Tamarit, J.C. y Quintanar, J. (2004). Caracterización de la declinación de bosques de encino en "Sierra Lobos" Guanajuato, México. *Polibotánica*. 17:1-14
- Zavala, F. (1998). Observaciones sobre la distribución de Encinos en México. *Polibotánica*. 8:47-64