

Diversidad y estructura forestal en bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero

RIOS-Juan Manuel†*, CANTU-Veronica, LOPEZ-Bernardo, PACHECO-Cutberto.

Recibido: Agosto, 22, 2017; Aceptado febrero 9, 2018

Resumen

En este estudio se determinó la composición arbórea y estructura forestal en dos estratos: bosque primario y secundario, de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero. Se ubicaron parcelas de muestreo de 30 x 30 de forma aleatoria en cada estrato para estimar la composición y estructura forestal. De acuerdo a los resultados, se reportaron 13 especies distribuidas en 7 géneros y 6 familias, la especie con mayor índice de valor de importancia (IVI) fue el elite (*Alnus acuminata*) con 79.14 % en ambos estratos, en contraparte el té de tila (*Tillia mexicana*) alcanzó apenas 3.52 %. Respecto a la estructura forestal, el índice de distanciamiento (Di), promedió que la mayoría de las especies en el bosque primario se encuentran dispersos espacialmente en intervalos de Di=1-2 m, 2-4 y 4-6 m; no obstante para el bosque secundario los valores de Di fueron: 8-10 m y 10-12 m; así mismo, ambos estratos presentan alto grado de mezcla de especies ($M_i=0.75$, $M_i=1.00$). Por lo tanto urgen acciones de restauración y conservación para frenar el deterioro forestal en la comunidad, ocasionado en gran manera por el aprovechamiento irracional y la implementación de cultivos ilícitos.

Palabras clave: Estructura, diversidad, estratos.

Abstract

In this study, tree composition and forest structure were determined in two stratum: primary and secondary forest, from the Piedra Escalera community, Tlacoapa, Guerrero. Sampling plots of 30 x 30 were randomly located in each stratum to estimate forest composition and structure. According to the results, 13 species distributed in 7 genera and 6 families were reported, the species with the highest importance value index (IVI) was the elite (*Alnus acuminata*) with 79.14% in both strata, in contrast to tila tea (*Tillia mexicana*) reached only 3.52%. Regarding the forest structure, the distance index (Di), averaged that the majority of the species in the primary forest are spatially dispersed in intervals of Di = 1-2 m, 2-4 and 4-6 m; however for the secondary forest Di values were: 8-10 m and 10-12 m; Likewise, both strata have a high degree of species mixing ($M_i=0.75$, $M_i=1.00$). Therefore they urge restoration and conservation actions to curb the deterioration of the forest in the community, caused in great way by the irrational use and the implementation of illicit crops.

Keywords: Structure, diversity, stratum.

Citación: RIOS-Juan Manuel†*, CANTU-Veronica, LOPEZ-Bernardo, PACHECO-Cutberto. Diversidad y estructura forestal en bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero. Foro de Estudios sobre Guerrero. 2019, mayo 2018 - abril 2019 Vol. 6 No. 1 581 - 592.

*Correspondencia al Autor: jmrc_x25@hotmail.com

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

La estructura y diversidad de cualquier ecosistema forestal puede modificarse por el aprovechamiento irracional de sus recursos (Robinson et al, 1992).

En la Montaña Alta del estado de Guerrero, existen muchas áreas fuertemente perturbadas, debido a actividades antropogénicas, relacionadas con la tala inmoderada, provocando la deforestación de algunas zonas naturales, tal es el caso de la comunidad Piedra escalera, Tlacoapa, Guerrero, donde se detectaron dos áreas de bosque: primario y secundario; es por ello el interés de realizar la presente investigación relacionada con la caracterización estructural y diversidad de los dos estratos elegidos.

El estrato ubicado en la parte sur de la comunidad (bosque secundario) ha sido de objeto de sobreexplotación por parte de los pobladores locales realizando diferentes cambios de uso de suelo.

No obstante el area forestal de la parte Norte (bosque primario) se ha implementado medidas internas de conservación, pero se desconoce si esas medidas han funcionado.

Ante la problemática mencionada, se optó por evaluar la diversidad y estructura forestal en los bosques previamente descritos, con la finalidad de obtener indicadores que permitan comparar y caracterizar las posibles diferencias en cada una de las áreas evaluadas que permita contribuir al conocimiento de las especies arbóreas que habitan en el lugar, coadyuvando a su conservación.

Se plantearon tres hipótesis para esta investigación:

H1: La especie con mayor (IVI) es la misma en los dos estratos evaluados.

H2: La riqueza de especies alfa (α) es la misma tanto en el bosque primario como en el bosque secundario de la comunidad.

H3: La estructura forestal del bosque primario es diferente al secundario.

Objetivos

Caracterizar mediante indicadores ecológicos, la composición forestal en dos bosques: primario y secundario, de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

Conocer la estructura forestal mediante la estimación del índice de mezcla de Gadow (Mi) e índice de distanciamiento de especies (Di).

Metodología

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en la comunidad de Piedra Escalera, ubicada al norte del Municipio de Tlacoapa, Guerrero, entre las coordenadas 92° 45' 14" LN y 17° 29' 14" LW a una altitud promedio de 2400 msnm (Figura 1).

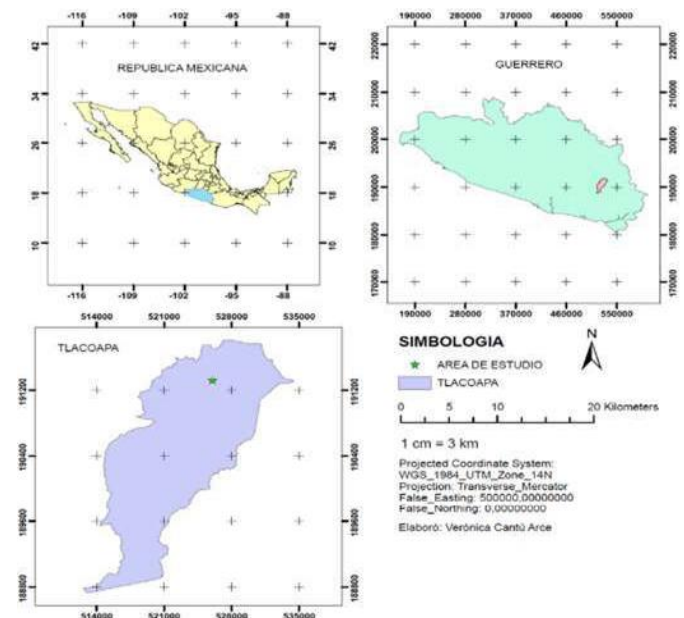


Figura 1: Ubicación geográfica de la comunidad, Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

RIOS-Juan Manuel†*, CANTU-Veronica, LOPEZ-Bernardo, PACHECO-Cutberto. Diversidad y estructura forestal en bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero. Foro de Estudios sobre Guerrero. 2019, mayo 2018 - abril 2019 Vol. 6 No. 1 581 - 592

Características físicas y biológicas del área de estudio.

El clima que predomina en la comunidad de Piedra Escalera, es C (w2) templado, subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C y una precipitación promedio de 50 mm mensuales (CONABIO, 2010).

El tipo de suelo más abundante en el área de estudio es cambisol crómico y el regosol eútrico, el primero apto para agricultura y el segundo contiene minerales muy débilmente desarrollados (CONABIO, 2010).

La vegetación está dominada por bosques de encino-pino, encontrando las siguientes especies: encinos, pinos, elites, orquídeas, bromelias, plantas comestibles, trepadoras y parásitas.

La fauna se dispone principalmente de: coyotes zorrillos, armadillo, tlacuaches, conejos, tuzas, tigrillos, venados, zopilotes, entre otros.

Descripción de los estratos a evaluar

Se realizaron recorridos de campo para identificar las áreas de interés, se seleccionaron 2 estratos representativos dentro de las áreas forestales de la comunidad.

1. Bosque primario: Área natural de 62 ha funcionado como recarga de mantos acuíferos, ubicada en la parte Norte a más de 2500 msnm.

2. Bosque secundario: Se ubica en la parte sur, a una altitud promedio de 2000 msnm, abarca una extensión aproximada de 40 has, esta área ha sido sometida a fuerte tala ilegal por parte de los pobladores.

Posteriormente con la ayuda de Google Earth pro 4 y el software Arc Gis 10.3 se ubicaron y delimitaron las áreas representativas de la comunidad.

Cálculo del tamaño de muestra

Para el análisis de la estructura arbórea se adaptó la metodología empleada por Ávila (2012) y Mora (2013), delimitándose 3 parcelas de muestreo de 30 x 30 m en cada una de las dos áreas.

Posteriormente se empleó la cobertura vegetal de las parcelas muestreadas como variable para estimar el número de sitios definitivos, para lo cual se recurrió a la fórmula propuesta por Roundeux (2010):

$$n = \frac{t^2 * CV^2}{e^2} (1)$$

Dónde:

n = Tamaño de muestra definitivo

t = Valor de t de student (p=0.05, n-1 gl)

CV = Coeficiente de variación

e = Error estándar porcentual

En base a la formula anterior, se obtuvo un total de 15 sitios de muestreo definitivos en cada estrato estudiado.

Trabajo de campo

Los cuadrantes que fueron establecidos son los llamados “punto centro cuadrado” (Moreno, 2001), utilizándose una cuerda compensada en función de la pendiente del terreno. Para estimar la riqueza y diversidad, en cada parcela de muestreo se contabilizó directamente el arbolado presente, considerando aquellos individuos con Diámetro Altura de Pecho (DAP) >7.5 cm. Así mismo, se estimó la cobertura vegetal de cada uno de los individuos con ayuda de una cinta métrica midiéndose la copa en dirección E-W y N-S; la estructura forestal se evaluó mediante el método estructural de los 5 árboles (Pommerening, 2002) en el cual se tomó el árbol de referencia respecto a los 4 árboles vecinos, con ello se determinó el índice de mezcla de Gadow (Mi) e índice de distanciamiento entre árboles (Di).

Análisis de datos

La información obtenida de los muestreos se capturo en una base de datos, para su análisis. Se obtuvo la especie más abundante tomando en cuenta el número de individuos, así mismo la cobertura de copa (m^2) de las especies también se ocupó para estimar la dominancia. Finalmente, para estimar el valor de importancia de las especies arbóreas en un ecosistema se utilizó la abundancia, dominancia y frecuencia como medida de valoración (Mostacedo, 2000).

Abundancia relativa

Para estimar la densidad o abundancia relativa se empleó la siguiente ecuación matemática (Edwards, May y Webb, 1993):

$$A_r = \frac{n}{N} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

A_r = abundancia relativa

N = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos encontrados

Frecuencia

La frecuencia relativa se obtuvo con la siguiente ecuación (Lamprecht, 1990).

$$F_r = \frac{m}{M} * 100 \quad (3)$$

Dónde:

F_r = Frecuencia relativa

m = Presencia de la especie i en el sitio de muestreo

M = número total de sitios de muestreo

Dominancia

Para estimar la dominancia relativa se empleó la siguiente ecuación (Edwards et al., 1993).

$$D_r = \frac{c}{C} * 100 \quad (4)$$

Donde

D_r = dominancia relativa

c = cobertura de copa (m) de especie i

C = cobertura de copa (m) total de todas las especies.

Valor de importancia

El valor de importancia se expresa en un rango de 0 a 300%, para ello se empleó la siguiente ecuación (Franco et al., 1989):

$$V_i = A_r + F_r + D_r \quad (5)$$

Dónde:

V_i = valor de importancia

A_r = abundancia relativa

F_r = frecuencia relativa

D_r = dominancia relativa

Estimación de la diversidad alfa

Índice de Margalef (riqueza de especies)

Para determinar el índice de Margalef (D_{mg}) se empleó la siguiente ecuación:

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N} \quad (6)$$

Dónde:

D_{mg} = índice de Margalef

S = número de especies presentes

N = número total de individuos encontradas

Índice de Simpson (dominancia)

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$D = \sum \left(\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right) \quad (7)$$

Dónde:

D= índice de Simpson.

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos

Índice de Shannon- Wiener

Este índice de heterogeneidad, se estimó en base a la siguiente formula:

$$H' = - \sum P_i * \ln P_i \quad (8)$$

Dónde:

H= índice de Shannon Wiener

P_i = Abundancia relativa

\ln = logaritmo natural

Índice de Sorensen

Este índice se empleó para cuantificar la diversidad beta, su cálculo se basa en datos cualitativos de presencia/ausencia de cada especie en las dos estratos a compararse:

$$IS = \frac{2C}{A+B} * 100 \quad (9)$$

Donde:

IS= índice de Sorensen

A= número de especies encontradas en el estrato A

B= número de especies encontradas en el estrato B

C= número de especies comunes en ambos estratos

Caracterización de la estructura forestal.

Índice de mezcla de Gadow

La mezcla de especies, es una medida de la segregación espacial de los individuos de diferentes especies y se puede describir mediante el índice denominado grado de mezcla (M_i). Fuldner (1995), definió el valor del índice M_i del árbol de referencia i como la proporción de vecinos que pertenecen a especies diferentes a dicho árbol de referencia.

El índice de mezcla de especies se obtiene de la función:

$$M_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad (10)$$

Dado que m_{ij} es una variable discreta dual, M_i puede tomar los siguientes valores:

0.00 = todos los individuos del grupo pertenecen a la misma especie

0.25 = uno de los vecinos del árbol cero pertenece a otra especie

0.50= dos de los cuatro vecinos pertenecen a otra especie

0.75 = tres de los cuatro vecinos pertenecen a una especie distinta

1.00 = los cuatro vecinos del árbol cero pertenecen a una especie distinta (Figura 2).

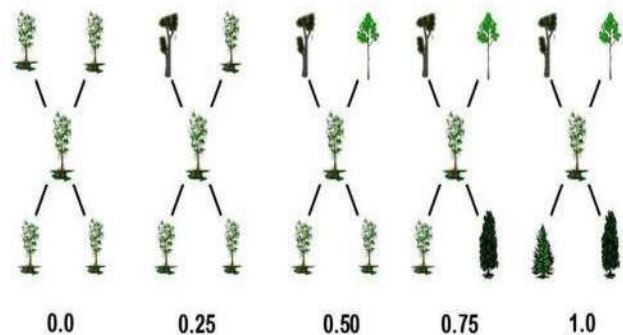


Figura 2. Agrupamiento de árboles respecto al árbol de referencia para el índice de Mezcla de especies arbóreas (tomado de Mora, 2013).

Índice de distanciamiento entre árboles

De acuerdo al método del grupo estructural de los 5 árboles (Pommerening, 2002), se mide la distancia del árbol de referencia respecto a los 4 árboles vecinos (Figura 3).

El índice de distancia entre árboles se obtuvo de la siguiente función:

$$D_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n d_{ij} \quad (11)$$

Dónde:

d_{ij} = Distancia del árbol i-ésimo a su vecino j-ésimo

n = Número de árboles considerados

Aguirre (2002), sugiere que las distancias entre árboles D_i , deben ubicarse mínimamente dentro de 10 clases en rangos de 1 metro; sin embargo, debido a las grandes distancias entre árboles encontradas en la investigación, se optó por adaptar los rangos a cada 2 metros para mejor interpretación, quedando de la siguiente manera:

Clase 1: $0 \text{ m} < D_i < 2 \text{ m}$; Clase 2: $2 \text{ m} < D_i < 4 \text{ m}$; ..., Clase 9: $16 \text{ m} < D_i < 18 \text{ m}$ y Clase 10: $18 \text{ m} < D_i < 20 \text{ m}$

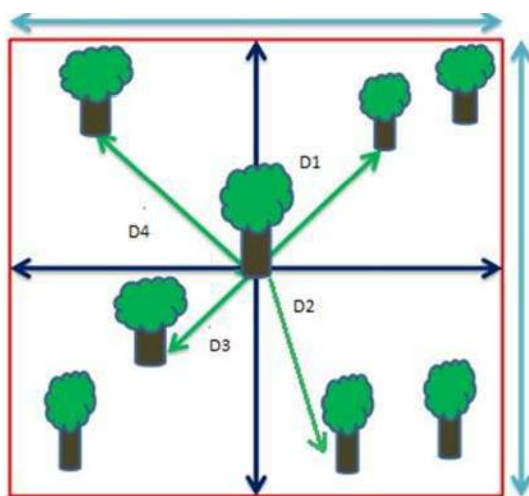


Figura 3. Medición del distanciamiento entre árboles desde el árbol de referencia (Tomado de González, 2012).

Resultados y discusión

El listado florístico de especies encontradas en los dos estratos estudiados de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, comprende un total de 13 especies, distribuidas en 7 géneros, pertenecientes a 6 familias, predominando la familia Fagaceae con 5 especies y Pinaceae con 3, en orden descendente continua con la familia Ericaceae con 2, finalmente la familia Betulaceae, Rosaceae y Tillaceae reportaron 1 especie (Tabla 1).

En este sentido, Santana et al., (2014) reportaron a los generos Fagaceae y Pinaceae con mayor riqueza de especies propias de bosques mesófilos de Montaña. Por su parte Zúñiga (2015), registró 16 especies arbóreas, distribuidas en 9 géneros y 8 familias a lo largo de un gradiente altitudinal del bosque mesófilo de Montaña de la exposición Norte del cerro Santiago, Malinaltepec, Guerrero, reportando a la familia Fagaceae y Pinaceae como las más abundantes.

Tabla 1. Familias, géneros y especies encontradas en dos bosques de la comunidad de Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

No.	Familia	Género	Especie	Nombre común
1	Fagaceae	Quercus	peduncularis	Encino prieto
2	Fagaceae	Quercus	laurina	Encino laurel
3	Fagaceae	Quercus	rubramenta	Encino amarillo
4	Fagaceae	Quercus	martinezii	Encino rojo
5	Fagaceae	Quercus	crassifolia	Encino cuchara
6	Pinaceae	Pinus	herrerae	Pino
7	Pinaceae	Pinus	teocote	Pino ocotero
8	Pinaceae	Pinus	pseudostrobus	Pino michoacano
9	Rosaceae	Prunus	serotina	Capulín
10	Betulaceae	Alnus	acuminata	Elite
11	Ericaceae	Arbutus	xalapensis	Madroño
12	Ericaceae	Bejaria	laevis	Befaria
13	Tillaceae	Tillia	mexicana	Té de tila

RIOS-Juan Manuel⁺*, CANTU-Veronica, LOPEZ-Bernardo, PACHECO-Cutberto. Diversidad y estructura forestal en bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero. Foro de Estudios sobre Guerrero. 2019, mayo 2018 - abril 2019 Vol. 6 No. 1 581 - 592

De acuerdo a la información dasométrica, *Quercus laurina* alcanzó los mayores valores con 189 ind. ha⁻¹ para el bosque primario (Tabla 2), valores altos comparados con lo obtenido por Flores (2015) en dos estratos de bosque de encino en Malinaltepec, Guerrero, estas diferencias pueden deberse probablemente al rango altitudinal de distribución natural de la especie y a la alta sucesión de encinos jóvenes en el estrato de bosque secundario ocasionado por la tala clandestina en la comunidad Piedra Escalera, lo cual se pudo corroborar en campo.

Tabla 2. Densidad (Ind. ha⁻¹) en dos bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

ESPECIE	B. primario (Ind. ha ⁻¹)	B. secundario (Ind. ha ⁻¹)
<i>Q. peduncularis</i>	59	159
<i>Q. laurina</i>	189	144
<i>Q. rubramenta</i>	111	63
<i>A. xalapensis</i>	81	70
<i>P. pseudoastrobus</i>	152	15
<i>P. herrerae</i>	141	48
<i>A. acuminata</i>	241	152
<i>Q. martinezii</i>	37	26
<i>P. serótina</i>	30	-
<i>P. teocote</i>	-	18
<i>Q. crassifolia</i>	-	26
<i>B. laevis</i>	-	7
<i>T. mexicana</i>	-	11
Total	1041	739

Valor de importancia de especies arbóreas

La especie con mayor IVI, fue *Alnus acuminata* con 79.14 %, seguido por *Q. laurina* con 43 %, los valores más bajos los reporto *Tillia mexicana* con apenas 3.52 % seguida de *Bejaria laevis* con 4.40% (Tabla 3).

Los resultados anteriores difieren de Zúñiga (2015) quien encontró que la especie más abundante en la exposición norte del Bosque mesófilo de Montaña “cerro Santiago” fue *Q. Acutifolia* con 29.11 %, no obstante, coincide con *Bejaria laevis* como una de la menos abundante con apenas 0.70 %.

Existe poca literatura respecto a *Bejaria laevis*, y es muy difícil entender por qué no esté considerada en la NOM-059-SEMARNAT-2010, porque a pesar que es muy característica de bosques mesófilos, a veces encontrarla es muy difícil y más aún en su hábitat natural generalmente con altahumedad.

Tabla 3. Índice de Valor de importancia (IVI) de especies arbóreas en la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

ESPECIE	Ar %	Fr %	Dr %	IVI %
<i>Q. peduncularis</i>	10.12	7.63	9.61	27.36
<i>Q. laurina</i>	13.70	13.32	15.97	43
<i>Q. rubramenta</i>	6.97	7.13	8.68	22.78
<i>A. xalapensis</i>	4.90	10.69	1.98	17.58
<i>P. pseudoastrobus</i>	8.03	7.31	11.9	27.24
<i>P. herrerae</i>	12.84	13.88	7.84	34.56
<i>A. acuminata</i>	24.35	22.26	32.53	79.14
<i>Q. martinezii</i>	8.89	6.75	7.19	22.84
<i>P. serotina</i>	1.51	2.5	1.1	5.11
<i>P. teocote</i>	1.92	2.13	1.42	5.47
<i>Q. crassifolia</i>	2.88	3.19	0.88	6.96
<i>B. laevis</i>	1.92	2.13	0.35	4.40
<i>T. mexicana</i>	1.92	1.06	0.53	3.52
TOTAL	100	100	100	300

Alnus acuminata es probablemente una de las especies arbóreas con más amplio rango altitudinal en el mundo encontrándose entre los 1000 y 3000 msnm (Pacheco y Quisbert, 2016), lo cual justificaría los valores encontrados en la presente investigación como la de mayor IVI en ambos estratos estudiados (Tabla 4).

Torres et al. (2006), en un estudio de diversidad en Bosques de pino- encino en la sierra oriental, encontró que *Pinus pseudostrobus* fue la especie más frecuente, apareciendo en 89 % de los sitios de muestreo, sin embargo en la presente investigación presentó los valores más bajos (12.5 y 2.1 % respectivamente), pero en dominancia alcanzó altos valores en el bosque primario (44%) con lo cual queda demostrado que el tipo de bosque influye directamente en la presencia y dominancia de las especies.

Tabla 4. Valor de importancia de especies arbóreas por estrato en la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

	ESPECIE	Ar	Fr	Dr	IVI
BOSQUE PRIMARIO	<i>Q. peduncularis</i>	1.01	2.5	2.2	5.71
	<i>Q. laurina</i>	10.1	7.5	12.09	29.69
	<i>Q. rubramenta</i>	10.1	10	10.99	31.09
	<i>A. xalapensis</i>	4.04	15	2.2	21.24
	<i>P. pseudostrobus</i>	14.14	12.5	18.13	44.77
	<i>P. herrerae</i>	14.14	15	2.2	31.34
	<i>A. acuminata</i>	33.33	27.5	38.46	99.29
	<i>Q. martinezii</i>	10.1	5	11.54	26.64
	<i>P. serotina</i>	3.03	5	2.2	10.23
BOSQUE SECUNDARIO	<i>Q. peduncularis</i>	19.23	12.8	17.02	49.02
	<i>Q. laurina</i>	17.31	19.2	19.86	56.31
	<i>Q. rubramenta</i>	3.85	4.26	6.38	14.48
	<i>A. xalapensis</i>	5.77	6.38	1.77	13.93
	<i>P. pseudostrobus</i>	1.92	2.13	5.67	9.72
	<i>P. herrerae</i>	11.54	12.8	13.48	37.78
	<i>A. acuminata</i>	15.38	17	26.6	59
	<i>Q. martinezii</i>	7.69	8.51	2.84	19.04
	<i>P. teocote</i>	3.85	4.26	2.84	10.94
	<i>Q. crassifolia</i>	5.77	6.38	1.77	13.93
	<i>B. laevis</i>	3.85	4.26	0.71	8.81
<i>T. mexicana</i>	3.85	2.13	1.06	7.04	

Diversidad alfa y beta

El bosque secundario presentó más diversidad (índice de Margalef y Shannon); sin embargo, el bosque primario presentó más dominancia de especies (índice de Simpson), indicando que es el área que presenta los individuos con mejores características dasométricas que el bosque secundario.

De acuerdo al índice de Margalef, valores inferiores a 2.0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad y valores superiores a 5.0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Margalef, 1995). En función de lo anterior, el bosque primario presenta una diversidad baja con un valor de 1.74, sin embargo, para el bosque secundario hay mayor diversidad con valor de 2.78.

No obstante, el índice de Simpson es un índice discriminatorio que considera únicamente la dominancia de especies, un valor alto cercano a 1 denota la dominancia alta y escasa participación de individuos de pocas especies, mientras que los valores bajos indican una baja dominancia y una distribución más uniforme de los individuos entre las especies (Flores, 2008; Miranda 1999), lo cual concuerda con los resultados obtenidos en esta investigación (cuadro 9).

El índice de Shannon tiene como valores de referencia a 1 y 5, indicando que entre más alto es el valor hay más heterogeneidad, para el bosque primario se obtuvo 1.89, indicando que es más homogéneo, mientras que en el bosque secundario se tiene un valor de 2.26 el cual tiene mayor heterogeneidad de especies (Tabla 5).

Por otra parte, el índice de Sorensen, indicó que ambas áreas comparten el 76.19 % de la diversidad de especies registradas, con una semejanza florística alta.

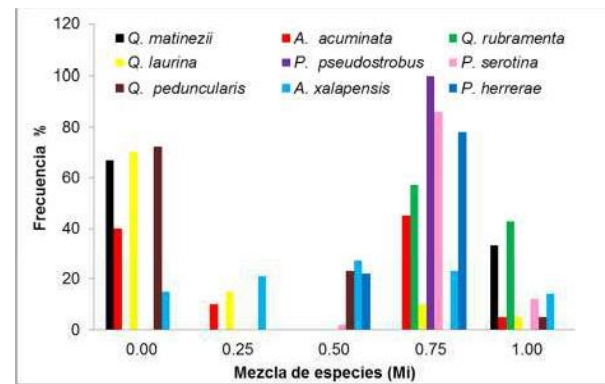
Tabla 5. Diversidad alfa y beta para riqueza de especies en dos bosques de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

ÍNDICE	B. Primario	B. secundario
Margalef	1.74	2.78
Simpson	0.17	0.10
Shannon	1.89	2.26
Sorensens	76.19%	

De acuerdo con Cavazos (2000), en los ecosistemas de montaña es común encontrar afinidad de especies, particularmente del género *Quercus*, en este sentido se pudo notar que ambas áreas evaluadas comparten las mismas especies de encinos, por lo tanto el coeficiente de Sorensen fuese alto.

Índice de mezcla de Gadow (Mi) Bosque primario

El 44.34 % de las especies del bosque primario promediaron un valor $Mi=0.75$ representado con 3 árboles vecinos de diferente especie, el 13.02 % presentan un valor de $Mi=1.0$, indicando que todos los árboles del grupo pertenecen a diferente especie; sin embargo, en fragmentos del bosque el 29.3% de las especies presentan asociaciones donde el grupo de 5 árboles pertenece a la misma especie (Figura 4), lo anterior puede indicar que aunque hay más dominancia (índice de Simpson) y menor diversidad (índice de margalef), los árboles del bosque primario no forman grupos para asociarse, sino que es más común mezclarse con otras especies. En ese sentido, De Jong et al., (2000), menciona que una de las características principales de los bosques mesófilos, es su compleja estructura derivada de su ubicación aislada física y climatológicamente desde la parte media de las montañas, combinado con la alta humedad y temperaturas templadas ocasionando la convergencia y alta mezcla de especies (Aldrich et al., 2000).



Dónde: mi = mezcla de especies; 0.00 = todos los individuos del grupo pertenecen a la misma especie; 0.25 = uno de los vecinos pertenece a otra especie; 0.50= dos de los árboles vecinos pertenecen a otra especie; 0.75 tres de los árboles vecinos pertenecen a una especie distinta; 1.00= todos los árboles del grupo son diferentes

Figura 4. Frecuencia del índice de mezcla de especies en el bosque primario de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

Bosque secundario

La mayoría de las especies registradas para el bosque secundario, se agruparon en la categoría $Mi=0.75$ y $Mi=1.00$ presenciándose alta mezcla de especies con valores promedio de 46.04 y 47.02 % respectivamente, resultados por arriba a lo encontrado en el bosque primario; no obstante, solamente 3 especies se ubicaron en valores de $Mi=0.0$ y 0.25 promediando 2.78% y 2,95 % de las especies presentes en esa categoría (Figura 5).

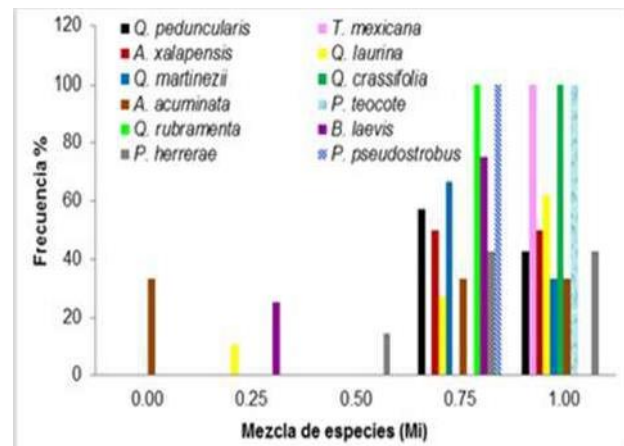


Figura 5. Valores promedios obtenidos para el índice de mezcla de especies (Mi) para el bosque secundario de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

Índice de distanciamiento entre árboles (Di)

Bosque primario

Se puede notar que en el bosque primario la mayoría de las especies tienden a agruparse en los distanciamientos más cortos: $Di=1-2$ m, $2-4$ m y $4-6$ m, en contraparte, únicamente el 20% de *Q. laurina*, *P. pseudostrobus* y una mínima parte de *P. serotina* se ubicaron en los distanciamientos más grandes: $Di= 10-12$ m, $12-14$ m (Figura 6).

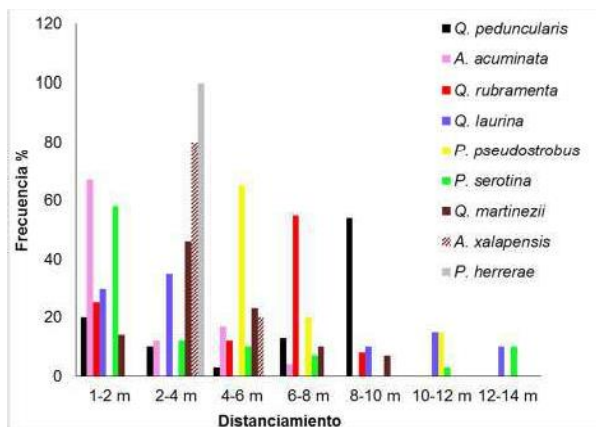


Figura 6. Distanciamiento promedio obtenido de especies arbóreas en el bosque primario de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

Para el bosque secundario se puede notar una tendencia del más del 65 % de las especies en distanciamientos de $Di= 6-8$ m, $8-10$ m y de $10-12$ m, no obstante, únicamente 3 especies se agruparon en los distanciamientos más bajos $Di= 1-2$ m (Figura 7).

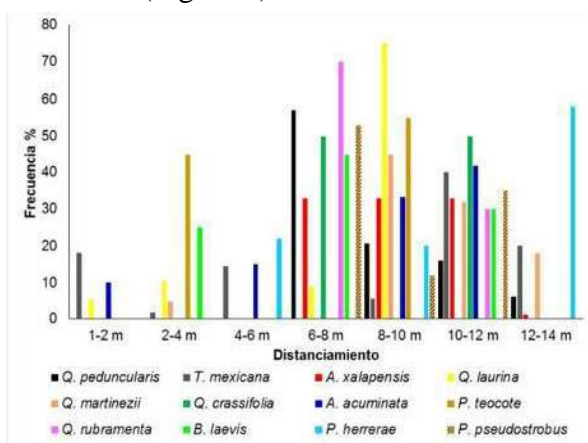


Figura 7. Distanciamiento promedio obtenido de especies arbóreas en el bosque secundario de la comunidad Piedra Escalera, Tlacoapa, Guerrero.

En ese sentido Aguirre (2002), evaluó la distribución de los árboles en áreas sin y con aclareo de un rodal mixto de pino, encontrando que la totalidad de los árboles del bosque sin aclareo se ubicó en $Di= 1-4$ m); sin embargo, en el área con aclareo la mayor proporción de individuos se concentraron en clases más altas ($Di= >7$ m), lo cual pudiera indicar la modificación de la estructura del ecosistema por efectos antropogénicos o naturales.

Conclusiones

Se registraron un total de 13 especies arbóreas distribuidas en 7 géneros pertenecientes a 6 familias, en donde ambos estratos comparten el 76.19 % de las especies registradas.

Alnus acuminata fue la especie con mayor valor de IVI en ambos estratos estudiados, con lo cual se acepta la primera hipótesis planteada.

En base al análisis de riqueza de especies, se logró determinar que el bosque primario presenta menor diversidad, más homogeneidad y más dominancia de especies respecto al bosque secundario; se rechaza la segunda hipótesis.

Con el análisis estructural se pudo detectar que el bosque primario presenta los mejores individuos con características dasométricas a pesar de tener distanciamientos menores. Así mismo, se verificó que ambos bosques presentan un grado alto de mezcla de especies; el bosque primario presentó los menores distanciamientos entre árboles, por lo tanto se rechaza la tercera hipótesis.

Se sugiere que, en futuras investigaciones de diversidad ecológica, incluir índices de estructura forestal, puesto que en función de los resultados se detectó que ambos son complementos vitales para enriquecer la investigación.

Se recomienda actividades de manejo en ambas áreas para mejorar la estructura forestal del mismo, puesto que en el bosque primario y secundario existe una alta mezcla de especies.

Finalmente, se proponen realizar actividades de reforestación en el bosque secundario ya que presentó los mayores distanciamientos.

Referencias

- Aguirre, C. O. (2002), índices de caracterización de la estructura del estrato arbóreo de ecosistemas forestales Rev. De ciencias forestales en México vol. 127 núm. 92 pp. 27.
- Aldrich, M.; P. Bubb; S. Hostettler y H. van de Wiel. (2000). Bosques nublados tropicales montanos. Tiempo para la acción. WWF International/IUCN The World Conservation Union. Cambridge. Inglaterra. 28 p.
- Ávila, D., M. González, J. Jiménez, O. Aguirre, E. Treviño y B. Vargas. (2012). Evaluación de la estructura espacial post-incendio de rodales de *Pinus hartwegii* utilizando parámetros de vecindad en la Sierra Madre Oriental, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. En prensa.
- Baca, V. J. (2000). Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosques de pino-encino. Linares, Nuevo León, Tesis para obtener el grado de maestría en ciencias forestales, pp. 105.
- Cavazos, (2000). Evaluación del Bosque Mesófilo de Montaña de San Carlos, Tamaulipas, Universidad Autónoma de Nuevo Leon, Facultad de Ciencias Forestales. Tesis de Maestría. 66 pp.
- CONABIO, (2010). El Bosque Mesófilo de Montaña en México: Amenazas y Oportunidades para su Conservación y Manejo Sostenible.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F., México. 197 pp.
- De Jong, B.H.J., Tipper R. y Montoya-Gómez G. (2000). An economic analysis of the potential for carbon sequestration by forests: evidence from southern Mexico. *Ecological Economics* 33:313-320.
- Edwards, P., May, R., Webb, N. (1993). Large-Scale ecology and conservation biology. Great Britain. 1991 pp.
- Flores, O.S. (2008). Diversidad vegetal del sotobosque en áreas de manejo del Ejido La Mojonera, Zacuatilpan, Hidalgo, Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Texcoco México, 58 pp.
- Flores D.I. (2015). Distribución y conocimiento tradicional de las especies de *Quercus* del cerro de la lucerna, el Tejocote, Malinaltepec, Guerrero, Tesis no publicado para obtener el grado de desarrollo sustentable, Universidad Intercultural del Estado de Guerrero, México 72 pp. |
- Franco, J., De la Cruz, A., Cruz, G., Rocha, R., Navarrete, S., Flores, M., Kata, M., Sánchez, C., Abarca, A., Bedina S. (1989). Manual de ecología. Editorial Trillas. México, 94 pp.
- Füldner, K. (1995). Strukturbeschreibung von Buchen-Edellaubholz-Mischwäldern. Dissertation, Forstl. Fakultät d. Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen, Deutschland. 145 pp.
- González, G.D., Padilla R.H., González S.F., Uvalle S.J. y Reséndiz D.L (2012). Mejora a la estimación de la cobertura vegetal por línea intercepto o línea de Canfield, UANL, México 76 pp.

- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos*. Instituto de Silvicultura de La Universidad de Göttingen, Eschborn. 35 pp. Referenciada. 08/05/2009. Disponible: [http://www.inia.es/gcontrec/pub/111123-\(23\)-Estudio_1169110667890.pdf](http://www.inia.es/gcontrec/pub/111123-(23)-Estudio_1169110667890.pdf)
- Margalef, R. (1995). *Ecología*. Omega. Barcelona, España. Referenciada. 26/06/2009. Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_Margalef
- Miranda, R., A. (1999). *Biodiversidad: Factores que la afectan en la biosfera e Índices de Diversidad*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 55 Pp.
- Mora, D. C. A. (2013). *Caracterización estructural de dos matorrales del noreste de México*. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de ciencias Forestales. 120 pp.
- Moreno, C. (2001). "Métodos para medir la biodiversidad". M & T-Manuales y tesis SEA, Vol. 1. Zaragoza, 84 pp. Referenciada: 15/04/2009. Disponible: <http://www.google.com.bo/search?hl=es&q=metodos+para+medir+biodiversidad>
- Mostacedo, B. y Fredericksen T. s. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz, Bolivia, (BOLFOR), pp. 87.
- Pacheco, A.Q, Quisbert G.A. (2016). *Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (Alnus Acuminata Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla*. Nota de investigación. Revista científica Selva Andina Biohere. Vol 4 :24-38 pp.
- Pommerening, A., (2002). *Approaches to quantifying forest structures*. Forestry 75(3), 305-324.
- Robinson, G. R., Holt R. D., Gaines, M. S. Hamburg, S. P., Johnson M. L., Fitch H.S. Y Marinko E. A. (1992). *Diversity and contrasting effects of habitat fragmentation* Science 257: 524-526.
- Rondeux J. (2010). *Medición de arboles y masas forestales*. Editorial Mundi prensa. Madrid España. 560 pp.
- Santana, G., Mendoza M., Salinas V., Perez-Salicrup D., Martínez Y., Aburto I. (2014). *Análisis preliminar de la diversidad y estructura arbórea-arbustiva del bosque mesófilo en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán, México*. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 1104-1116 pp.
- Torres, E. L.M., Sánchez S. J. A. Y Jiménez P. J., (2006). *Análisis estructural de un ecosistema forestal de Pinus – Quercus en la sierra madre oriental*, Rev. Ciencia forestal en México. Pp. 30.
- Zúñiga, C. W. (2015). *Diversidad arbórea, cobertura vegetal y no vegetal en la exposición norte del cerro Santiago, Malinaltepec, Guerrero*. Tesis no publicada para obtener el grado de licenciado en desarrollo sustentable, Universidad Intercultural del Estado de Guerrero, México 81 pp.