



Diversidad y estructura vertical del bosque de pino- encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua

Diversity and vertical structure of the pine-oak forest in Guadalupe y Calvo, Chihuahua

Samuel Alberto García García¹, Raúl Narvárez Flores¹, Jesús Miguel Olivas García¹
y Javier Hernández Salas¹

Abstract:

Areas with and with no forest management from UMAFOR 0808 *Guadalupe y Calvo, Chihuahua*; under the Mexican Management Method of Irregular Forests (MMOBI) were evaluated. The information from 95 clusters of the National Forest and Soil Inventory (2004-2009) in areas with management and 27 unmanaged conglomerates were analyzed and compared. The vertical structure was determined by means of natural regeneration, strata of tree height and sociological position. The species with a continuous distribution from the lower stratum of regeneration to the upper tree stratum in the forest under management were: *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. herrerae*, and *P. engelmannii*; while in the forest without management were: *P. durangensis*, and *P. arizonica*. The main differences found among the studied forests is the average height in the upper tree stratum; since in the managed forests it was 30.16 m, while in the unmanaged forest its value was 21.86 m. In addition, greater regeneration of *P. durangensis* was observed in the areas under management. Regarding the diversity of species between both forests, it was found that there is no significant difference ($p>0.05$). Therefore, it is concluded that according to the analyzed information, the regulation of timber exploitation with the MMOBI allows to maintain structural and species diversity, similar to that of a natural forest without management.

Key words: Effect of forest management, Mexican Management Method of Irregular Forests, *Pinus durangensis* Martínez, sociological position, natural regeneration, *Sierra Madre Occidental*.

Resumen

Se evaluaron áreas con y sin manejo forestal de la Umafor 0808 Guadalupe y Calvo, Chihuahua; gestionadas mediante el Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares (MMOBI). Se analizó y comparó la información de conglomerados del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (2004-2009); 95 en masas con manejo y 27 sin manejo. Se determinó la estructura vertical por medio de la regeneración natural, pisos de altura de los árboles y posición sociológica. Las especies con distribución continua, desde el piso inferior de la regeneración hasta el piso arbóreo superior en el bosque con manejo fueron: *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. ayacahuite*, *P. herrerae* y *P. engelmannii*; mientras que, en el bosque sin manejo se registraron: *P. durangensis* y *P. arizonica*. Las principales diferencias entre los bosques estudiados correspondieron al promedio de altura en el piso arbóreo superior; en los bosques con manejo fue de 30.16 m y en los sin manejo, su valor fue de 21.86 m; además, se observó una mayor regeneración de *P. durangensis* en los primeros. Respecto a la diversidad de especies, no hubo diferencia significativa entre ambos tipos de bosque ($P>0.05$). Por lo anterior, se concluye que, de acuerdo con la información analizada, la regulación del aprovechamiento maderable con el MMOBI permite mantener la diversidad estructural y de especies, similar a la de un bosque natural sin manejo.

Palabras clave: Efecto del manejo forestal, Método Mexicano de Ordenación de Bosques Irregulares, *Pinus durangensis* Martínez, posición sociológica, regeneración natural, Sierra Madre Occidental.

Fecha de recepción/Reception date: 15 de diciembre de 2017
Fecha de aceptación/Acceptance date: 29 de marzo de 2019

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua. México.
*Autor por correspondencia; correo-e: Alberto_Garcia23@outlook.com

Introducción

En la Sierra Madre Occidental (SMO) se distribuyen 24 taxa de *Pinus* (46 % del total nacional), 54 de *Quercus* (34 %) y siete de *Arbutus* (100 %), los cuales son los principales componentes fisonómicos de los bosques en esa región. Los pinares cubren 30 197 km², que representan 12 % de la superficie de la SMO y se sitúan entre los 1 600 a 3 320 msnm; los de pino-encino ocupan 76 265 km², que constituyen 30 % (González *et al.*, 2012). Ambos tipos de vegetación se desarrollan en climas templados y semifríos, así como en los semisecos templados. Presentan una gran biodiversidad y proporcionan grandes beneficios ecológicos y económicos (Semarnat, 2012).

El estado de Chihuahua cuenta con una superficie de 24.7 millones de hectáreas, de las cuales 7.08 millones (28.66 %) corresponden a bosques templados. Los de pino y pino-encino son los principales ecosistemas bajo aprovechamiento, ya que proporcionan gran diversidad de bienes y servicios ambientales a las comunidades rurales y urbanas (Gobierno del Estado de Chihuahua *et al.*, 2016). La Unidad de Manejo Forestal (Umafor 0808) de Guadalupe y Calvo, Chihuahua es una de las más importantes por su contribución a la producción maderable del estado. Por lo anterior, como lo señalan Delgado *et al.* (2016), es importante conocer la estructura, composición y diversidad de especies arbóreas de estos bosques, para planear el manejo sustentable de los mismos y determinar su estado de conservación.

Jiménez *et al.* (2001) indican que el índice de valor de importancia, entre otros parámetros, determina la estructura horizontal de las comunidades vegetales. Por su parte, Del Río *et al.* (2003) sugieren que para caracterizar una comunidad multicohortal e incoetánea es necesario agregar una descripción de la estructura vertical de sus componentes.

El aprovechamiento forestal modifica el bosque en cuanto a su estructura, composición y dinámica de crecimiento (Del Río *et al.*, 2003; Folke *et al.*, 2004). A nivel de rodal, las prácticas de manejo irregular se enfocan, en mayor medida, a conformar una estructura vertical que crea masas heterogéneas. Es importante que

los rodales multicohortales se distribuyan de manera adecuada a través del paisaje. Una estructura vertical balanceada se logra por medio de la regeneración de fracciones del rodal en diferentes momentos a nivel de individuos, grupos o franjas (Aguirre, 1997).

Para la planeación, manejo y conservación de las comunidades arbóreas es relevante el estudio de la estructura y diversidad florística (Villavicencio *et al.*, 2006). Por otra parte, la evaluación de esta última contribuye a conocer el efecto del aprovechamiento forestal sobre las especies arbóreas, y con ello definir las prácticas que permitan alcanzar el manejo forestal sustentable (Aguirre *et al.*, 2008).

Por lo anterior, el propósito del presente estudio fue determinar si la estructura vertical y diversidad del bosque irregular de pino-encino es diferente entre bosques con y sin manejo forestal.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El trabajo se realizó en la Unidad de Manejo Forestal 0808, localizada en el municipio Guadalupe y Calvo, al sur del estado de Chihuahua (Figura 1). La Umafor cuenta con una superficie de 904 780 ha, en las que se presentan cuatro climas: cálido, semiseco, semicálido y templado, los dos últimos son los predominantes (Asociación Regional de Silvicultores de Guadalupe y Calvo A.C.- Conafor-ProÁrbol-Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua-Semarnat, 2009). Los principales tipos de suelo, clasificados conforme a la definición de unidades de suelos propuestas por la FAO/UNESCO, son: Acrisol, Feozem, Regosol, Planosol, Litosol y Cambisol.

El tipo de vegetación analizado fue el bosque de pino-encino, el cual suministra a la industria una amplia variedad de materias primas de gran importancia económica.

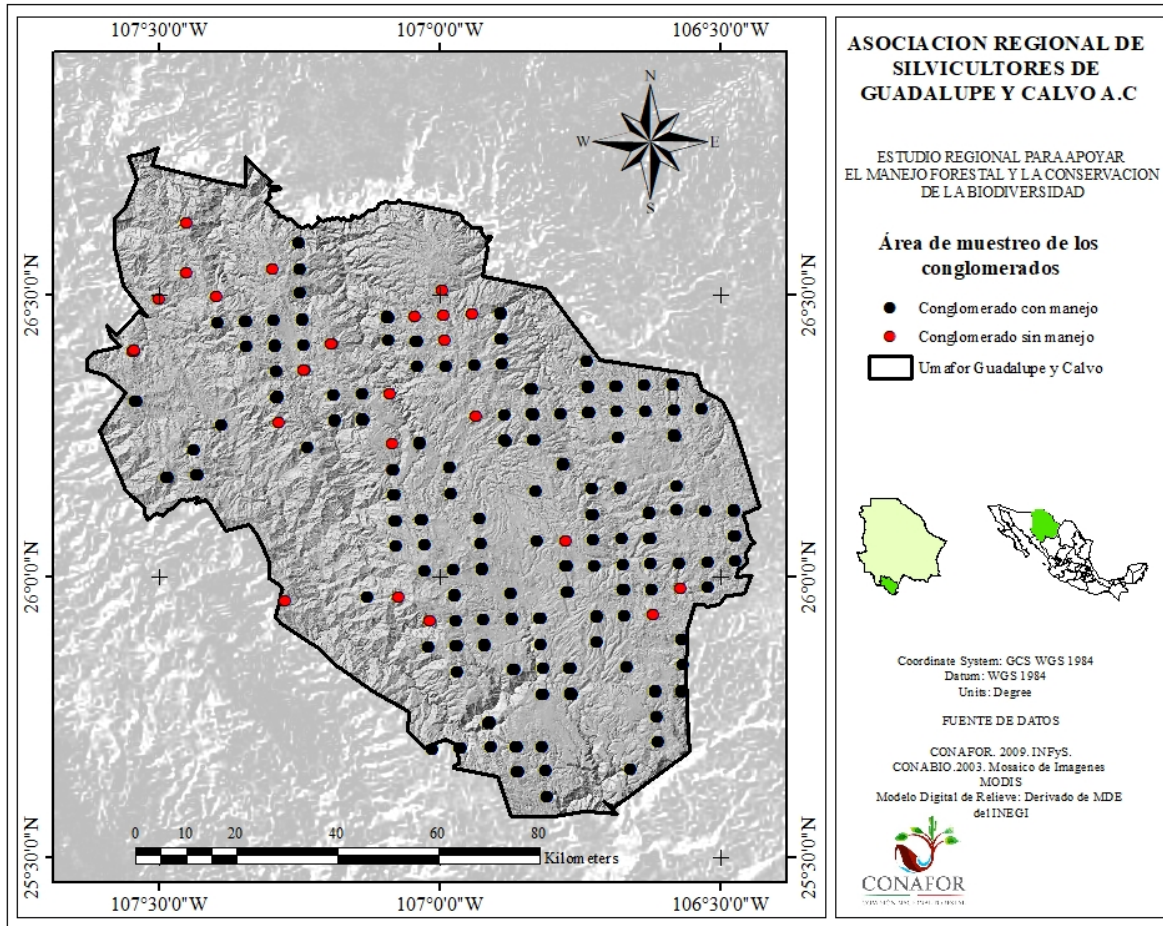
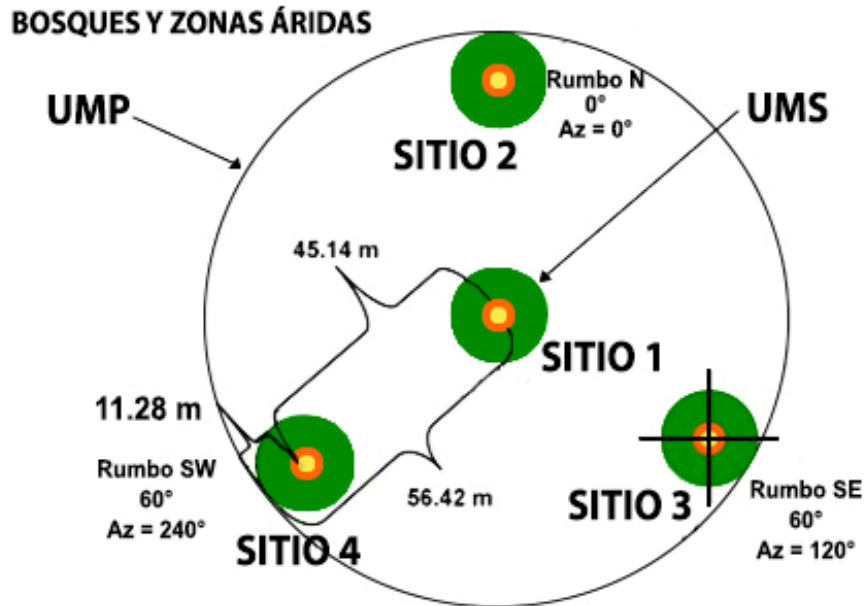


Figura 1. Localización del área de estudio.

Análisis muestral

Se utilizaron datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009 (Escala 1:250 000) correspondientes al bosque de pino-encino. Se incluyeron 95 conglomerados bajo manejo y 27 sin manejo (Figura 1), los cuales integran una red de puntos distribuidos cada 5 km, el conglomerado estuvo integrado por cuatro sitios de 400 m² para el inventario de arbolado, uno central y los tres restantes dispuestos en forma de "Y" invertida, con respecto al norte. Adicionalmente, para evaluar el repoblado, dentro de cada sitio se trazó otro concéntrico de 12.56 m² (Figura 2).



	Sitio de 400m ² (Radio = 11.28m) para medir árboles con diámetro mayor de 7.5cm.
	Subsitio de 12.56m ² (Radio = 2m) para registrar renuevo: elementos con DN < 7.5cm y altura > = 25cm.
	Subsitio de 1m ² (L = 1m) registro de hierbas helechos, musgos y líquenes.
	Transectos de muestreo de 15 m registro de información de combustibles forestales.

Fuente: Conafor, 2012.

Figura 2. Esquema de un conglomerado de muestreo forestal.

Para el análisis de la información se utilizaron los siguientes datos dasonómicos: tratamiento (con o sin manejo), género, especie, diámetro normal y altura total. Dentro de las parcelas de muestreo de 400 m² se hizo el inventario de los árboles con un diámetro igual o mayor a 7.5 cm, a 1.30 m de altura.

En el caso del repoblado, se registró la frecuencia por género y especie, con base en intervalos de altura. Para considerar a un individuo como parte de este grupo dentro de la subparcela de 12.56 m², debería tener una altura igual o superior a 25 cm y un diámetro normal menor a 7.5 cm.

Análisis de datos

La estructura vertical del bosque se evaluó con las especies arbóreas y la regeneración natural. El estrato arbóreo se dividió en pisos de altura, de acuerdo con la metodología de Lamprecht (1990), que considera la altura máxima y la secciona en tres diferentes pisos, como se indica a continuación:

- Piso superior (altura > 2/3 de la altura superior)
- Piso medio (altura entre 2/3 y 1/3 de la altura superior)
- Piso inferior (altura < 1/3 de la altura superior)

La regeneración natural se dividió en tres categorías de tamaño: inferior, 0.25 a 1.5 m; medio, 1.50 a 2.75 m; y superior, mayores de 2.75 m, siempre y cuando sea menor a 7.5 cm de diámetro normal, conforme a los criterios de análisis de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (Conafor, 2012).

El valor fitosociológico de cada especie por piso, se determinó de acuerdo con la propuesta de Finol (1976):

$$VF_e = \frac{n_e}{N} \quad (1)$$

Donde:

VF_e = Valor Fitosociológico de la especie en el piso

n = Número de individuos de la especie en el piso

N = Número total de individuos en el piso

e = Especie

Para la posición sociológica del estrato arbóreo, se empleó el método de Finol (1971) que asigna a cada piso un valor fitosociológico que se obtiene al dividir el número de individuos por piso entre el número total de individuos:

$$VF_i = \frac{n_i}{N} \quad (2)$$

Donde:

VF_i = Valor Fitosociológico del piso

n = Número de individuos del piso

N = Número total de individuos en los tres pisos

i = Piso

La Posición sociológica relativa se obtuvo con la fórmula siguiente:

$$PS_r = (VF_{(i)} * n_{(i)} + VF_{(m)} * n_{(m)} + VF_{(s)} * n_{(s)})100$$

Donde:

PS_r = Posición sociológica relativa del piso

VF = Valor fitosociológico del piso inferior (i) , medio (m) , superior (s)

n = Número de individuos del piso inferior (i) , medio (m) , superior (s)

La posición sociológica absoluta por especie en el estrato arbóreo se calculó mediante la suma de los valores fitosociológicos de cada piso, los cuales se obtuvieron por el producto del VF del piso considerado y el número de individuos de la especie en el mismo:

$$PS_a = VF_{(i)} * n_{(i)} + VF_{(m)} * n_{(m)} + VF_{(s)} * n_{(s)}$$

Donde:

PS_a = Posición sociológica absoluta de cada especie

VF = Valor fitosociológico del piso inferior (i) , medio (m) , superior (s)

n = Número de individuos de cada especie

La posición sociológica relativa (PS_{re}) de una especie en el bosque (considerando los tres pisos) se determinó como el porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos:

$$PS_{re} = \frac{PS_a}{\sum_{i=1}^n PS_a} \times 100$$

PS_{re} = Posición sociológica relativa de cada especie

PS_a = Posición sociológica absoluta de cada especie

La Categoría de Tamaño Absoluta de la regeneración natural (CTaRN) y el Valor Fitosociológico se calcularon en forma similar al estrato arbóreo:

$$CTaRN = VF_{rn(i)} * n_{(i)} + VF_{rn(m)} * n_{(m)} + VF_{rn(s)} * n_{(s)}$$

Donde:

$CTaRN$ = Categoría de Tamaño absoluta de la Regeneración Natural

$VFrn$ = Valor fitosociológico de la categoría de tamaño inferior (i) , medio (m) , superior (s)

n = Número de individuos de la categoría de tamaño de Regeneración Natural

El Valor Fitosociológico de la regeneración natural se determinó mediante la siguiente expresión:

$$VFrn(j) = \frac{Nj}{N}$$

Donde:

$VFrn(j)$ = Valor Fitosociológico de la categoría de tamaño j

Nj = Número total de individuos de la categoría de tamaño j

N = Número total de individuos de la regeneración natural

Índice de *Shannon-Wiener*

El cálculo de la diversidad alfa se hizo con el índice de *Shannon-Wiener* (Magurran, 1988) que se utiliza para evaluar la diversidad de una comunidad, a partir del número de especies (riqueza) y la abundancia relativa de las mismas. Su valor se incrementa con el número de taxones y con la equidad de estos (Moreno, 2001). La estimación se realizó con el *software PAST 3.15*:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Donde:

H = Índice de diversidad de *Shannon-Wiener*.

p_i = Proporción de individuos o abundancia relativa en la *i-ésima* especie y se estima mediante n_i/N

n_i = Total de individuos de la *i-ésima* especie

N = Número total de individuos muestreados

Índice de Pielou

Índice que evalúa la uniformidad de la abundancia relativa de las especies proveniente del índice de *Shannon-Wiener*. Adquiere valores de 0 a 1, en el que uno corresponde a la máxima equidad de todas las especies (Magurran, 1988):

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Donde:

J = Índice de *Pielou*

H' = Índice de *Shannon-Wiener*

S = Riqueza de especies

Prueba de diversidad *t* de *Hutchenson*

El contraste de la diversidad entre el bosque con manejo y el sin manejo, estimada con el índice de *Shannon-Wiener*, se determinó mediante la prueba *t* de *Hutchenson*, que establece si la diferencia entre dos muestras es significativa ($p \leq 0.05$). Esto con base en la varianza y grados de libertad calculados para el índice de *Shannon-Wiener* (Hutchenson, 1970; Magurran, 1988).

$$t = \frac{(H'_1 - H'_2)}{(\text{var}H'_1 + \text{var}H_2)^{0.5}}$$

Donde:

$$\text{var}H' = \frac{\sum_{i=1}^N p_i \cdot \ln^2 p_i - (\sum_{i=1}^N p_i \cdot \ln p_i)^2 / n}{n^2}$$

$$g.l. = \frac{(\text{var}H'_1 + \text{var}H_2)^2}{\frac{(\text{var}H'_1)^2}{n_1} + \frac{(\text{var}H'_2)^2}{n_2}}$$

Resultados y Discusión

De acuerdo a la altura máxima del bosque bajo manejo y sin manejo, que fueron de 42.0 y 30.5 m respectivamente, se definieron los pisos de altura (Cuadro 1).

Cuadro 1. Pisos de altura del bosque de pino-encino en la Umafor 0808.

Piso	Con manejo (m)	Sin manejo (m)
Inferior	0.0-14.0	0.0-10.16
Medio	14.1-28.1	10.17-20.33
Alto	>28.1 m	>20.33

Con base en el valor fitosociológico relativo (*VFr*), las especies predominantes en el piso inferior del bosque bajo manejo fueron *Pinus durangensis* Martínez, con 18.42 %; *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl., 10.05 %; *Quercus fulva* Liebm., 9.91 %; *Pinus arizonica* Engelm., 8.31 %; y *Arbutus xalapensis* Kunth, 8.02 %.

En el piso medio, sobresalieron *Pinus durangensis*, con 31.37 %; *Pinus arizonica*, con 13.36 %; *Pinus lumholtzii* B.L.Robins & Fernald, 8.53 %; y *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltldl., 6.98 %.

En el piso superior, *Pinus arizonica* fue el de mayor abundancia, con 39.39 % y presencia en toda la estructura vertical. Sin embargo, en los pisos inferior y medio no fue la dominante. El segundo lugar lo ocupó *Pinus durangensis*, con 27.27 %, seguido de *Pinus engelmannii* Carr. con 15.15 %, *Pinus leiophylla* Schltldl. & Cham. (9.09 %) y *Pinus ayacahuite* (3.03 %). El género mejor representado fue *Pinus*, seguido de *Quercus* con más de 80 % en cada uno de los pisos.

Según Lamprecht (1990) existen especies con un comportamiento de distribución vertical continua; es decir, se localizan en todos los pisos. Asimismo, Acosta *et al.* (2006) afirman que un taxon tiene asegurada su permanencia en la composición y estructura del bosque, si se ubica en todos los pisos del mismo. En el presente estudio, las especies con distribución vertical continua fueron *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. leiophylla*, *P. ayacahuite*, *P. herrerae* Martínez, *P. engelmannii* y *P. chihuahuana* Engelm. Alanís-Rodríguez *et al.* (2010) documentan que en áreas restauradas posincendio en bosque de *Pinus-Quercus*, las especies no se distribuyen en todos los pisos.

En el bosque de pino-encino con manejo, el piso inferior fue el que registró el mayor porcentaje de individuos, con 84.22 %; el medio, tuvo 15.32 %; y el superior, 0.44 % (Figura 3). Al respecto, Acosta *et al.* (2006) señalan que cuando el número de individuos del piso inferior es superior a los del medio, el área corresponde a un bosque en regeneración, como se observó en este estudio.

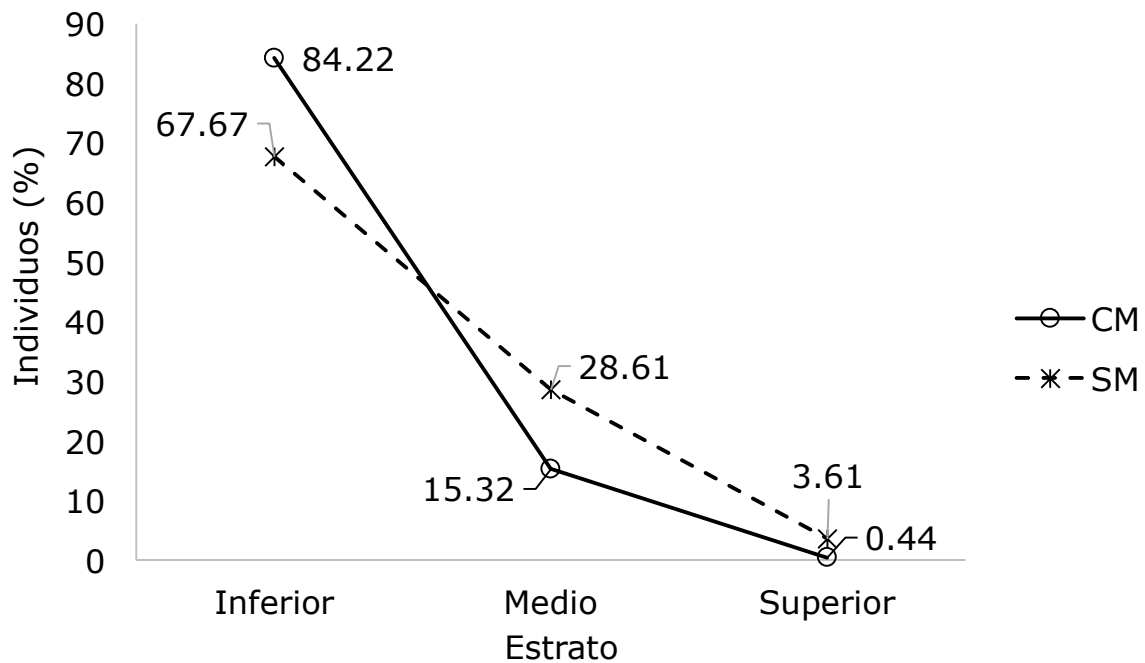


Figura 3. Porcentaje de individuos por piso de altura en el bosque con y sin manejo.

En el bosque sin manejo, el piso inferior representa 67.67 % y predominaron las siguientes especies: *Pinus durangensis* (19.13 %), *Arbutus xalepensis* (12.28 %), *Quercus fulva* (12.12 %), *Quercus sideroxyla* (8.93 %) y *Pinus arizonica* (6.85 %); especies que igualmente fueron importantes en los bosques bajo manejo.

El piso medio comprendió 28.61 %, *Pinus durangensis* fue el más importante con 29.16 %; seguido de *P. herrerae*, con 11.93 %; *P. arizonica* (7.38 %); *P. lumholtzii* (5.49 %); y *P. teocote* Schiede ex Schltdl. & Cham. (5.49 %).

Finalmente, al piso superior solo le correspondió 3.61 % y se integró por *P. durangensis* con un valor de importancia de 64.17 %, *P. teocote* (11.94 %), *P. herrerae* (8.95 %), *P. lumholtzii* y *P. engelmannii* (2.98 %), *Juniperus deppeana* Steud. y *P. oocarpa* Shiede ex Schltdl. con 1.43 %. Lo anterior implica que el género *Pinus* está presente en todos los pisos, predomina en el superior y, por lo tanto, de acuerdo con Humano (2000) pertenece a este estrato. En coincidencia con el área bajo manejo, *Pinus* y *Quercus* fueron dominantes estructurales.

La mayoría de los individuos se concentraron en el piso inferior, lo cual concuerda con lo que registrado por Castellanos-Bolaños *et al.* (2010) para un bosque de clima templado frío en Oaxaca y Zarco-Espinosa *et al.* (2010), aunque estos últimos analizaron la estructura arbórea de un bosque tropical sin manejo en el sureste de México, en donde citan que la mayoría de las especies arbóreas están representadas por pocos individuos de pequeñas dimensiones y dispersos. Al respecto, en el presente estudio, los taxa con una distribución continua en el bosque sin manejo fueron *Pinus durangensis*, *P. arizonica*, *P. herrerae*, *Juniperus deppeana*, *P. lumholtzii*, *P. teocote*, *P. engelmannii* y *P. oocarpa*. Al igual que en el bosque bajo manejo, el piso de altura inferior tuvo el porcentaje mayor de individuos, con un valor 67.67 % (Figura 2).

En el análisis de la posición sociológica relativa se determinó que, en el bosque sujeto a manejo, las especies más comunes en la estructura vertical; es decir, en los tres pisos fueron *Pinus durangensis* (18.87 %), *Quercus sideroxylla* (9.91 %), *Quercus fulva* (9.59 %), *P. arizonica* (8.49 %) y *Arbutus xalepensis* (7.75 %); las de menor presencia fueron *Quercus coccolobifolia* Trel. (2.08 %), *P. engelmannii* (1.95 %) y *Alnus acuminata* Kunth (1.77 %). Además, se identificaron otras 25 especies con una participación menor (Cuadro 2). En diversos estudios se han obtenido resultados similares; por ejemplo, Alonso-Torrens *et al.* (2016) citan que las especies dominantes pertenecen a la familia Pinaceae.



Cuadro 2. Abundancia (Abund) y posición sociológica relativa (PSr.) del bosque de pino-encino con y sin manejo.

Especie	Bosque con manejo		Bosque sin manejo	
	Abund. (%)	PSr. (%)	Abund. (%)	PSr. (%)
<i>Pinus durangensis</i> Martínez	20.44	18.87	23.81	20.95
<i>Quercus sideroxyla</i> Humb. & Bonpl.	9.35	9.91	7.52	8.37
<i>Quercus fulva</i> Liebm.	8.42	9.59	9.42	10.95
<i>Pinus arizonica</i> Engelm.	9.22	8.49	7.03	6.99
<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	6.77	7.75	8.82	10.72
<i>Pinus lumholtzii</i> B.L.Robins & Fernald	6.21	5.91	3.92	3.63
<i>Pinus leiophylla</i> Schltld. & Cham.	5.36	5.72	1.79	1.65
<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltld.	5.62	5.44	3.37	3.12
<i>Juniperus deppeana</i> Steud.	4.52	5.06	3.26	3.70
<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	2.74	3.01	5.61	6.30
<i>Pinus herrerae</i> Martínez	3.36	2.87	5.77	4.36
<i>Quercus rugosa</i> Née	2.41	2.62	2.94	3.36
<i>Quercus arizonica</i> Sarg.	2.35	2.56	4.35	5.37
<i>Quercus coccolobifolia</i> Trel.	1.81	2.08	0.81	0.78
<i>Pinus engelmannii</i> Carr.	2.51	1.96	1.25	0.96
<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	1.63	1.77	1.14	0.95
<i>Pinus chihuahuana</i> Engelm.	1.20	0.97	0.32	0.25
<i>Pinus teocote</i> Schiede ex Schltld. & Cham.	1.16	0.97	2.77	1.82
<i>Alnus oblongifolia</i> Torr.	0.63	0.57	1.64	1.77
<i>Arbutus arizonica</i> (A.Gray) Sarg.	0.41	0.47	0.05	0.06
<i>Quercus acuminata</i> Roxb.	0.40	0.40	0.59	0.51
<i>Quercus hypoleucoides</i> A.Camus	0.39	0.37	0.05	0.06
<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirb.) Franco	0.47	0.35	0.00	0.00
<i>Alnus firmifolia</i> Fernald	0.30	0.30	0.00	0.00
<i>Pinus oocarpa</i> Shiede ex Schltld.	0.52	0.29	1.19	0.84
<i>Quercus depressipes</i> Trel.	0.23	0.26	0.00	0.00
<i>Quercus durifolia</i> Seemen ex Loes.	0.34	0.25	0.05	0.06
<i>Arbutus glandulosa</i>	0.20	0.23	0.00	0.00
<i>Quercus viminea</i> Trel.	0.22	0.23	0.76	0.67
<i>Pinus douglasiana</i> Martínez	0.20	0.16	1.08	0.97
<i>Pinus cooperi</i> C.E.Blanco	0.14	0.16	0.00	0.00
<i>Abies durangensis</i> Martínez	0.11	0.13	0.00	0.00
<i>Juniperus monosperma</i> (Engelm.)Sarg.	0.19	0.10	0.00	0.00
<i>Quercus laeta</i> Liebm.	0.09	0.09	0.00	0.00
<i>Quercus tarahumara</i> Spellenb., J.D.Bacon & Breedlove	0.03	0.04	0.00	0.00
<i>Quercus salicifolia</i> Née	0.02	0.03	0.00	0.00
<i>Quercus felipensis</i> Trel.	0.01	0.01	0.00	0.00
<i>Quercus radiata</i> Trel.	0.01	0.01	0.54	0.68
<i>Quercus leiophylla</i> A.D.C.	0.01	0.00	0.00	0.00
<i>Quercus tuberculata</i> Liebm.	0.00	0.00	0.10	0.09
<i>Acacia brandegeana</i> I.M.Johnst.	0.00	0.00	0.05	0.06
Total	100.0	100.00	100.00	100.00

En el bosque de pino-encino sin manejo, los resultados indican que las especies con más presencia en los tres pisos fueron *P. durangensis* con 20.76 %, *Quercus fulva* (10.86 %), *Arbutus xalapensis* (10.62 %), *Quercus sideroxyla* (8.30 %) y *P. arizonica* (6.93 %); mientras que, *P. teocote* con 1.80 %, *P. leiophylla* (1.64 %) y *Quercus candicans* Née (1.31 %) les correspondió la menor presencia. Además, otras 19 especies presentaron valor fitosociológico inferior a 1 %.

En la regeneración natural del bosque con manejo, el piso inferior registró el porcentaje más alto de individuos, con 74.96 %; el medio tuvo 15.66 % y el superior 9.38 %; mientras que, en el bosque sin manejo el comportamiento fue similar con 76.69 %, 18.16 % y 5.15 %, respectivamente. Dichos resultados se consideran razonables, ya que a medida que crecen los individuos, se incrementa la competencia y por lo tanto, la mortalidad.

Por otra parte, los géneros *Pinus* y *Quercus* predominaron en los tres pisos de regeneración de ambos tipos de bosque; sobresalió *P. durangensis* como dominante, excepto en el piso inferior del bosque sin manejo, donde dominó *Quercus rugosa*.

Con respecto a la regeneración natural, del total de especies presentes en el bosque bajo manejo, la categoría inferior de regeneración tuvo 93.93 % de ellas y 75.60 % de estas conforman el piso arbóreo. Las categorías media y superior registraron 60.60 % de las especies existentes en la regeneración y 41.78 % de ellas se consolidaron como árboles. Asimismo, es importante señalar que de los siete taxones que tuvieron distribución vertical continua en el estrato arbóreo, solo *P. leiophylla* y *P. chihuahuana* no se observaron en los tres pisos de la regeneración. Lo anterior asegura la permanencia de las cinco especies en todos los pisos de la regeneración y del arbolado en los bosques estudiados.

En el piso inferior del bosque sin manejo se observaron 91.30 % de las especies totales con regeneración y solo 51.21 % de estas llegaron al piso arbóreo; el medio tuvo 65.21 %, de las cuales 36.58 % se consolidaron como árboles. Con respecto al piso inferior de regeneración, sus valores fueron de 34.78 % y 19.51 %, respectivamente. En este caso, las únicas con distribución vertical continua, tanto en la regeneración como en el estrato

arbóreo fueron *P. durangensis* y *P. arizonica*, lo cual implica una ventaja competitiva sobre el resto de los taxa.

Los resultados concuerdan con los de Hernández (2007), quien revela una homogenización del bosque después de la aplicación de los tratamientos, y además señala que se beneficia de manera ligera a las especies de importancia económica. Lo anterior coincide con lo indicado por Taylor (2016), quien en un bosque de coníferas en los Altos de Chiapas consigna la ausencia de muchos taxones de árboles, lo cual se explica por la forma de uso forestal, el cual se lleva a cabo mediante la tala selectiva y promoción de la regeneración de especies de rápido crecimiento y mayor valor económico, como el pino.

La riqueza del estrato arbóreo con y sin manejo fue de 41 y 34 especies, respectivamente. Los valores obtenidos para el índice de diversidad de *Shannon-Wiener* (H') fueron de 2.773 y 2.723 para ambos bosques, que son similares a los citados por Hernández-Salas *et al.* (2013) para bosques bajo manejo de características similares, en el noroeste de México. Asimismo, Graciano *et al.* (2017) citan una riqueza de 12 especies y un H' de 1.74 para un bosque mixto de pino-encino de Durango; y Méndez *et al.* (2018) refieren una riqueza de cinco especies y un H' de 0.78 para un bosque del mismo tipo en la Sierra Madre del Sur.

Por otra parte, para el índice de *Pielou* se obtuvieron valores de 0.7468 y 0.7721 en bosques con y sin manejo, respectivamente. Con base en ello, y debido a que los valores de este índice van de 0 a 1, se infiere que en el presente estudio la equitatividad de la abundancia de sus especies es de media a alta.

En cuanto al análisis estadístico realizado mediante la prueba *t* de *Hutchenson*, para el índice de diversidad de *Shannon-Wiener*, se determinó que la diferencia entre bosque de pino-encino con y sin manejo fue no significativa ($P>0.05$).

Conclusiones

En el bosque con manejo se presentan cinco especies de pino con distribución vertical continua, tanto en la regeneración como en el estrato arbóreo; mientras que, en el bosque sin manejo, solo dos pinos mantienen dicha distribución.

Pinus durangensis es predominante, si se consideran los tres pisos de regeneración y arbolado, en ambos tipos de bosque, con y sin manejo.

La estructura vertical de los bosques estudiados es similar en cuanto al porcentaje de individuos por piso, con mayor número de individuos en el inferior de la regeneración y del arbolado, lo cual implica que se trata de bosques en regeneración.

Las especies con mejor posición sociológica con y sin manejo son *Pinus durangensis*, *Quercus sideroxyla*, *Quercus fulva*, *Pinus arizonica*, y *Arbutus xalepensis*, además son las más abundantes.

Los bosques que son aprovechados mediante el MMOBI, mantienen una diversidad estadísticamente similar a la del bosque sin manejo.

Agradecimientos

A la Comisión Nacional Forestal delegación Chihuahua por la información proporcionada de los datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2005 – 2009 y a la Umafor 0808 por los documentos internos.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Samuel Alberto García García: análisis de datos de campo, elaboración del manuscrito; Raúl Narváez Flores: revisión del manuscrito, apoyo en el análisis de datos y aplicación de correcciones; Jesús Miguel Olivas García y Javier Hernández Salas: apoyo en el análisis de datos.

Referencias

- Acosta, V. H., P. A. Araujo y M. C. Iturre. 2006. Caracteres estructurales de las masas. Serie didáctica Núm. 22. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina. <http://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-22-Caracteres-estructurales-ACOSTA.pdf> (11 de marzo de 2019).
- Aguirre C., O. 1997. Hacia el manejo de ecosistemas forestales. *Madera y Bosques* 3(2): 3-11.
- Aguirre C., O., J. Corral-Rivas, B. Vargas L. y J. Jiménez P. 2008. Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(3): 281–289.
- Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, M. Pando-Moreno, O. A. Aguirre-Calderón, E. J. Treviño-Garza y P. A. Canizales-Velázquez. 2010. Análisis de la diversidad arbórea en áreas restauradas post-incendio en el parque ecológico Chipinque, México. *Acta Biológica Colombiana* 15(2): 309-324.
- Asociación Regional de Silvicultores de Guadalupe y Calvo A.C.-Comisión nacional Forestal-ProÁrbol-Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Asociación Regional de Silvicultores de Guadalupe y Calvo A.C.- Conafor-ProÁrbol- Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Chihuahua-Semarnat). 2009. Unidad de Manejo Forestal 0808 Guadalupe y Calvo (Umafor 0808). Estudio regional forestal:

unidad de manejo forestal Núm. 0808 "Guadalupe y Calvo, Chihuahua".
http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/9/1147ERF_UMAFOR0808.pdf
(18 de junio de 2017).

Castellanos-Bolaños, J. F., E. J. Treviño-Garza, O. A. Aguirre-Calderón, J. Jiménez-Pérez y A. Velázquez-Martínez. 2010. Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 39-52.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20071132201000200004&lng=es&tlng=es (15 de diciembre de 2017).

Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2012. Inventario nacional forestal y de suelo. Informe 2004 -2009.

http://www.ccmss.org.mx/descargas/Inventario_nacional_forestal_y_de_suelos_informe_2004_-_2009_.pdf (9 de julio 2017).

Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 12(1): 159-176.

Delgado Z., D. A., S. A. Heynes S., M. D. Mares Q., N. 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.

Finol U., H. 1971. Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana* 14(21): 29-42.

Finol U., H. 1976. Métodos de regeneración natural en algunos tipos de bosques venezolanos. *Revista Forestal Venezolana* 19(26): 17-44.

Folke, C., S. Carpenter, B. Walker, M. Scheffer, T. Elmqvist, L. Gunderson and C. S. Holling. 2004. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35: 557-581.

Gobierno del Estado de Chihuahua, C. Luján A., J. M. Olivas G. y S. Vázquez A. 2016. Programa de Desarrollo Forestal Sustentable Chihuahua 2015. Gobierno del Estado de Chihuahua, Secretaría de Desarrollo Rural, Dirección de Desarrollo Forestal. Chihuahua, Méx.

http://www.cnf.gob.mx:8090/snif/seif_chihuahua/normateca/instrumentos-de-planeacion/programadedesarrolloforestalsustentable (21 de junio de 2018).

González E., M. S., M. González E., J. A. Tena F., L. Ruacho G. e I. L. López E. 2012. Vegetación de la Sierra Madre Occidental, México: Una síntesis. *Acta Botánica Mexicana* 100: 351-403.

Graciano, G., O. A. Aguirre, E. Alanís y J. E. Lujan. 2017. Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12):535-542.

Hernández L., I. 2007. Cambios en la estructura y composición del bosque bajo dos tratamientos silviculturales en la comunidad de Capulálpam de Méndez, Ixtlán, Oaxaca, México. Tesis de Maestría. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

<http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=orton.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=083182> (8 de marzo de 2019).

Hernández-Salas, J., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, E. J. Treviño-Garza, M. A. González-Tagle, C. Luján-Álvarez, J. M. Olivas-García y A. Domínguez-Pereda. 2013. Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente* 19(2):189-199.

Humano, C. A. 2000. Modelado de la dinámica y producción forestal de la selva Pedemontana de Yungas, Argentina. Tesis de Maestría. Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013humanocristianariel.pdf> (8 de marzo de 2019).

Hutchenson, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *Journal of Theoretical Biology* 29:151-154.

Jiménez J., O. Aguirre y H. Kramer. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* 10(2): 355-366.

Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Carrillo, A. (Trad.). GTZ (Cooperación Técnica Alemana). Eschborn, Alemania. 335 p.

Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press. Princeton, NJ, USA. 175 p.

Méndez O., C., C. A. Mora D., E. Alanís R., J. Jiménez P., O. A. Aguirre C., E. J. Treviño G. y M. Á. Pequeño L. 2018. Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(50). <https://doi.org/https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>.

Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Vol.1. M&T-Manuales y Tesis SEA. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA). Zaragoza, España. 84 p.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). 2012. *Bosques*. <http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/galeria/Documents/seccion/ecosistemas/Bosque/bosque.html> (28 de abril de 2018).

Taylor A, N. E. 2016. Estructura y composición de bosques en paisajes manejados de Los Altos de Chiapas. Maestría en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. El Colegio de la Frontera Sur. *Campus* Lerma, México. 38 p.

Villavicencio G., R., P. Bauche P., A. Gallegos R., A. L. Santiago P. y F. M. Huerta M. 2006. Caracterización estructural y diversidad de comunidades arbóreas de la Sierra de Quila. *Boletín Ibugana* 13(1): 67–76.

Zarco-Espinoza, V. M., J. L. Valdez-Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea del Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. *Universidad y Ciencia* 26(1): 1-17.
<http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a1.pdf> (8 de marzo de 2019).



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales** –sin excepción– se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.