

Caracterización de comunidades forestales en México: Revisión documental

Characterization of forest communities in Mexico: Documentary review

Samuel Alberto García-García

Eduardo Alanís-Rodríguez*

Oscar Alberto Aguirre-Calderón

Eduardo Javier Treviño-Garza

Luis Gerardo Cuellar-Rodríguez

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales, Carretera
Nacional Km 145, C. P. 67700, Linares, Nuevo León, México.

Alejandro Collantes Chávez-Costa

Campus Chetumal Bahía Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort Col. Del Bosque.
C.P. 77019 Chetumal, Quintana Roo, México.

*Autor para correspondencia: eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

Resumen

La caracterización de comunidades forestales consiste en conocer el arreglo espacial tanto de forma vertical, como horizontal que presentan los árboles en un lugar, en cierto tiempo y que determina la integridad y estabilidad del bosque. El objetivo del presente trabajo fue realizar una recopilación y análisis de los artículos científicos, reportes técnicos y boletines en los que se caracteriza la estructura de comunidades, así como su riqueza y diversidad biológica. Se emplearon las siguientes bases de datos: CONRICYT, SciELO, SCOPUS, JSTOR y LATINDEX, así como los buscadores REDIB y Google académico. Las palabras claves empleadas en la búsqueda fueron "Estructura horizontal", "Estructura vertical", "Caracterización", "Patrones de distribución espacial" y "Estructura diamétrica". Se compilaron 109 investigaciones publicadas entre 1980 hasta 2020; el 71 % fueron realizadas en Bosques templados de coníferas y latifoliadas. El estrato arbóreo fue el más estudiado (72.22 %); la mayoría de los estudios son descriptivos (64.22 %) y están relacionados principalmente a la conservación y al manejo forestal. Las variables dasométricas y medioambientales más utilizadas son: diámetro (cm) y altura (m), así como altitud y pendiente. Los índices ecológicos mayormente utilizados fueron Shannon y Wiener (H') y el valor de importancia (IVI). Se concluyó que las comunidades forestales más estudiadas son los bosques templados de coníferas y latifoliadas, donde se estudia comúnmente el estrato arbóreo. La caracterización de las comunidades forestales ha venido evolucionando, integrando nuevos métodos de evaluación, no obstante, hay algunos que han sido usados a lo largo del tiempo.

Palabras clave: Estructura horizontal, Estructura vertical, Composición, Ecosistemas forestales.

Abstract

The characterization of forest communities consists of knowing the spatial arrangement both vertically and horizontally that the trees present in a place, at a certain time and that determines the integrity and stability of the forest. The objective of this work was to compile and analyze scientific articles, technical reports and bulletins characterized by the structure of communities, as well as their richness and biological diversity. The following databases were used: CONRICYT, SciELO, SCOPUS, JSTOR and LATINDEX, as well as the REDIB and academic Google search engines. The keywords used in the search were "Horizontal structure", "Vertical structure", "Characterization", "Spatial distribution patterns" and "Diametric structure". 109 investigations published between 1980 and 2020 were compiled; 71% were carried out in temperate coniferous and broadleaf forests. The tree stratum was the most studied (72.22%); Most of the studies are descriptive (64.22%) and are mainly related to conservation and forest management. The most used dasometric and environmental variables are: diameter (cm) and height (m), as well as altitude and slope. The most widely used ecological indices were Shannon and Wiener (H') and the importance value (IVI). It was concluded that the most studied forest communities are the temperate coniferous and broadleaf forests, where the arboreal stratum is studied. The characterization of forest communities has been evolving, integrating new evaluation methods, however, there are some that have been used over time.

Keywords: Horizontal structure, Vertical structure, Composition, Forest ecosystems.

Introducción

La caracterización de las comunidades forestales consiste en conocer el arreglo espacial tanto de forma vertical, como horizontal que presentan los árboles y otras plantas en un lugar, en cierto tiempo y que determina la integridad y estabilidad del bosque (Del Río *et al.*, 2003). También permite determinar la posición de los individuos, la composición de especies, la distribución de edades, la estimación de la competencia, los patrones de distribución espacial de las especies y de diferenciación de tamaños entre árboles, todos aspectos condicionantes de la presencia y abundancia de plantas y animales (Gadow y Hui, 1999; Graciano-Ávila, 2020; Tayupanta-Quinatoa, 2020; Zhang, 2019).

El conocimiento de la estructura horizontal y vertical es sustancial para planear acciones que favorezcan el desarrollo de los bosques, mismas que se realizan al seleccionar los árboles que serán extraídos, sin afectar la estructura original (Aguirre-Calderón, 2015). La complejidad estructural está relacionada con una mayor biodiversidad, al ofrecer un conjunto más amplio de posibles ambientes o micro-hábitats (Gao *et al.*, 2014; Vallauri *et al.* 2010).

En México, diversos autores han documentado las características de comunidades forestales, con distintos fines, tales como la evaluación de áreas restauradas (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010, 2011), bosques afectados por incendios forestales (González-Tagle *et al.*, 2008; Rubio-Camacho *et al.*, 2015), áreas con manejo forestal (Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Vázquez-Cortez *et al.*, 2018) y comunidades con necesidad de ser conservadas (Ventura *et al.*, 2010; Guerrero-Hernández *et al.*, 2010). Estas caracterizaciones de la estructura suelen ser de manera horizontal (Canizales-Velázquez *et al.*, 2019; Méndez *et al.*, 2014), vertical (Ramos *et al.*, 2017; García *et al.*, 2019; 2020) o describiendo patrones de distribución espacial (Juárez-Sánchez, Domínguez-Calleros y Nívar-Chaidez 2014; Chávez-Flores *et al.*, 2020).

Los artículos de revisión son considerados como estudios detallados, selectivos y críticos que integran la información esencial con una perspectiva unitaria y de conjunto. Su importancia radica en la contribución a la actualización, síntesis

y difusión de nuevos conocimientos (Icart y Canela, 1994; Reyes, 2020). En el presente trabajo se hace una investigación bibliográfica acerca de la caracterización de comunidades forestales en México, con el objetivo de describir la estructura horizontal, vertical o espacial, así como la riqueza y diversidad de comunidades vegetales. Se pretende brindar un panorama histórico y conocer las tendencias actuales sobre la descripción de comunidades forestales del país.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda de artículos científicos, reportes técnicos, libros y boletines, que comprendió desde 1980 a 2020. La investigación se realizó empleando las bases de datos del Consorcio Nacional de Recursos de Información Científica y Tecnológica (CONRICYT); CrossRef y Scientific Electronic Library Online (SciELO); SCOPUS; Journal Storage (JSTOR); y del Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), y buscadores académicos como el de la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB) y Google académico.

Como criterios de búsqueda se utilizaron conjuntos de palabras claves, relacionadas con la caracterización de comunidades forestales, en español e inglés, tales como: “Estructura horizontal”, “Estructura vertical”, “Caracterización”, “Patrones de distribución espacial” y “Estructura diamétrica” en las secciones de título, resumen y palabras clave.

Las investigaciones que tuvieran como objetivo caracterizar comunidades forestales en México fueron tomadas en cuenta para su análisis. Los tipos de vegetación se clasificaron de la siguiente manera: bosques templados de coníferas y latifoliadas, bosques tropicales y subtropicales, bosques de galería, bosques manejados (Agroforestales), bosques urbanos y otros. Se establecieron 10 áreas de interés para clasificar cada uno de los estudios según su objetivo o tipo de vegetación a evaluar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de las áreas de interés identificadas en los estudios.

Área de interés	Descripción
Conservación	Estudios en los que se evaluaron áreas naturales protegidas o comunidades con especies bajo protección o endémicas.
Manejo forestal	Estudios en los que se evaluaron áreas bajo aprovechamiento forestal.
Incendios	Estudios donde se evaluarán áreas susceptibles o con historial de incendios forestales.
Restauración	Estudios con enfoque a la evaluación de áreas restauradas.
Dasonomía urbana	Estudios de caracterización de parques o bosques urbanos.
Fauna	Estudios donde se relaciona la fauna con la estructura forestal de las comunidades.
Metodología	Estudios que presentan metodologías para la caracterización de comunidades forestales.
Ordenamiento territorial	Estudios donde toman en cuenta la caracterización de comunidades para el ordenamiento del territorio.
No definido	Estudios donde no se identificó ningún área de interés.

Los estudios se clasificaron de acuerdo a diferentes conceptos. Se identificó si el estudio era descriptivo o comparativo, también que estratos fueron evaluados; se detectaron evaluaciones del estrato arbóreo, arbustivo, sotobosque o solamente regeneración natural. Posteriormente se identificó la entidad, el año y donde fue publicado el estudio. Además, se cuantificaron las variables dasométricas y medioambientales utilizadas en cada uno de los estudios.

Resultados y discusión

Al realizar la investigación con las palabras clave anteriormente mencionadas, se registraron 109 estudios relacionados a la caracterización de comunidades forestales.

Los tipos de vegetación que han sido mayormente estudiados son: Bosques templados de coníferas y latifoliadas (71 %), seguido de los ecosistemas tropicales y subtropicales (13 %) (Fig. 1). El que estas comunidades sean las más evaluadas puede

deberse a que son de las de mayor extensión en el territorio nacional, después de los matorrales xerófilos (25.70 %). Los bosques ocupaban al momento de la revisión 34 millones de hectáreas, esto es 16.8 % de la superficie cubierta por comunidades vegetales naturales, mientras que las selvas se ubicaban en aproximadamente 32 millones de hectáreas o 16.1 % de dicha superficie (INEGI, 2017). Los bosques y selvas son los tipos de vegetación de mayor aprovechamiento; de acuerdo a CONAFOR (2019); los primeros representan el 73 % (4.0 millones de hectáreas) del aprovechamiento total en el país, mientras que las selvas aportan el 21 % (1.26 millones de hectáreas).

Dentro de la clasificación realizada para cada uno de los estudios, de acuerdo con su área de interés se encontró que el área “Conservación” es la de mayor atracción para los investigadores, el 45.4 % de los estudios están relacionados con ésta. El área “Manejo Forestal” estuvo relacionada con el 27.8 % de los estudios, mientras que el resto de las áreas

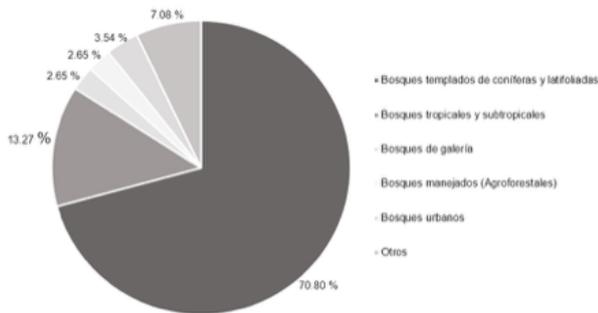


Figura 1. Tipos de vegetación identificados en los estudios.

le correspondieron porcentajes menores a 10 % (Fig. 2). La conservación y el manejo forestal parecen ser más importantes para los investigadores en este siglo XXI (Aguirre, 2015), por los servicios que proveen esas comunidades forestales que son tanto o más importantes, que los productos maderables.

Por ello, los sistemas de manejo deben incluir no solo los sistemas de cosecha sostenible, sino la provisión permanente de los servicios de los ecosistemas forestales.

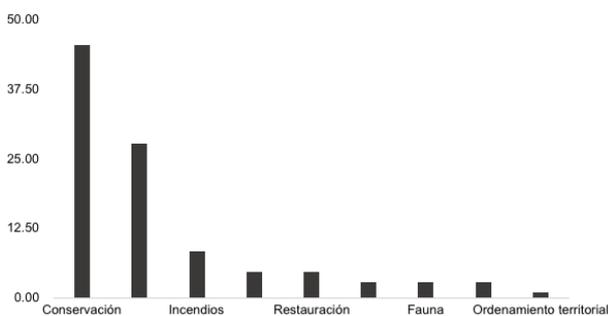


Figura 2. Áreas de interés identificadas en los estudios.

El 64.2 % de los estudios fueron de tipo descriptivo mientras que el 35.8 % fueron de tipo comparativo (Cuadro 2). No se encontraron estudios experimentales en donde se busque caracterizar una estructura resultante de la manipulación del ecosistema. Trabajos de este tipo se han generado en China, donde se busca aumentar la competencia asimétrica y la resiliencia de las comunidades, generando por medio de esto, patrones de plantación con las características de masas naturales (Zhang, 2019).

El hecho de que el mayor número de estudios fueran descriptivos puede estar relacionado con el interés por la conservación, ya que la preferencia es

conocer la estructura de las comunidades forestales muy particulares como lo son los bosques mesófilos de montaña, bosques de *Pseudotsuga* o boques de *Abies*; adicionalmente, se presenta un gran interés en este tipo de bosques, debido a que su distribución se ha reducido progresivamente, originando problemas ecológicos, económicos y sociales (Encina-Domínguez *et al.*, 2008).

Cuadro 2. Tipos de estudio.

Área	Estudios	(%)
Descriptivo	70	64.22
Comparativo	39	35.78
Total	109	100

El estrato arbóreo fue el de mayor relevancia en el estudio con 72.2 %, mientras que estrato arbustivo, el sotobosque y la regeneración se analizaron en 13.2, 8.3 y 6.3 % respectivamente (Fig. 2). El estrato arbóreo es aquel formado por los árboles y que se sobrepone a los demás (Romero, 2008), también este es el que representa la mayor biomasa en los ecosistemas (Chávez-Pascual, 2017; Hernández *et al.*, 2016). porque su evaluación es de importancia para el aprovechamiento maderable y consecuentemente los investigadores se enfocan en su evaluación (Fig. 3).

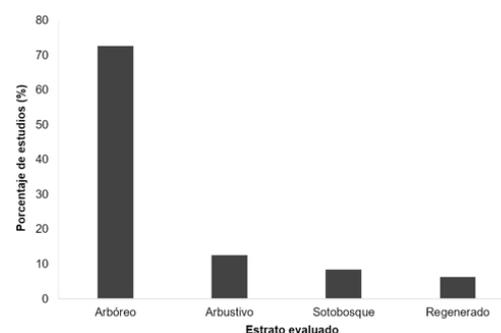


Figura 3. Porcentaje de estratos evaluados en los estudios.

La búsqueda arrojó un total de 109 estudios realizados en 27 de las 32 entidades federativas del México. Nuevo León fue la que más estudios registró con 24, seguido de Durango (18) y Jalisco (10); estas tres entidades representan 44.83 % de las investigaciones. El alto número de investigaciones desarrolladas en Nuevo León y Durango se debe a que existen grupos de investigación consolidados que trabajan esta temática. De los 52 estudios publicaron entre estas

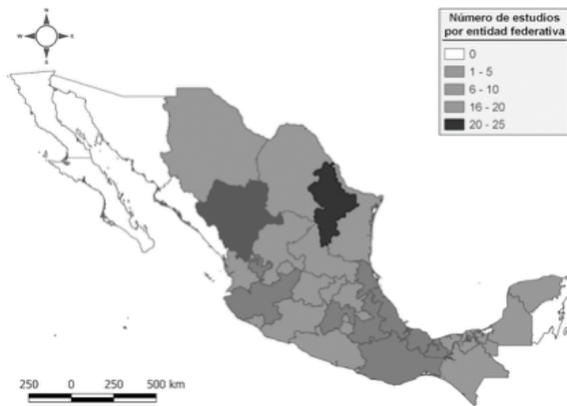


Figura 4. Número de estudios por entidad federativa.

tres entidades, 30 de ellos fueron publicados en la última década, siendo el Bosque de Pino – Encino el más estudiado. De Baja California, Baja California Sur, Sonora y Quintana Roo no se registraron estudios relacionados al tema (Fig. 4). Los trabajos fueron publicados en 33 revistas, 18 nacionales y 15 internacionales. Las revistas con mayor número de estudios fueron las mexicanas Madera y Bosques con 20, la Revista Mexicana de Ciencias Forestales con 19, la Revista Mexicana de

Biodiversidad con 11 y el Boletín de la Sociedad Botánica de México con 10 (Fig. 5). El periodo de publicaciones comprendió entre 1984 y 2020, siendo la última década donde se realizó la mayor cantidad de publicaciones (64). Los años 2014 y 2018 presentaron el mayor número con 11 y 10 respectivamente (Fig. 6). Estos resultados indican que los investigadores de esta temática eligen divulgar sus investigaciones en revistas nacionales. Referente al idioma, 84 publicaciones fueron escritas en español, 11 en inglés y 14 en revistas que publican simultáneamente en español e inglés. La Figura 6 muestra un crecimiento exponencial en el número de estudios publicados conforme han transcurrido los años, en la década de los 80's solo se publicaron dos estudios, en los 90's cinco, mientras que entre 2001 a 2009 se registraron 33. El mayor incremento se observó en la última década (2011 – 2020) cuando se publicaron 72 estudios relacionados con la caracterización de comunidades forestales. Este incremento se debe a la importancia que ha adquirido la evaluación de la estructura vegetal en la gestión y conservación de

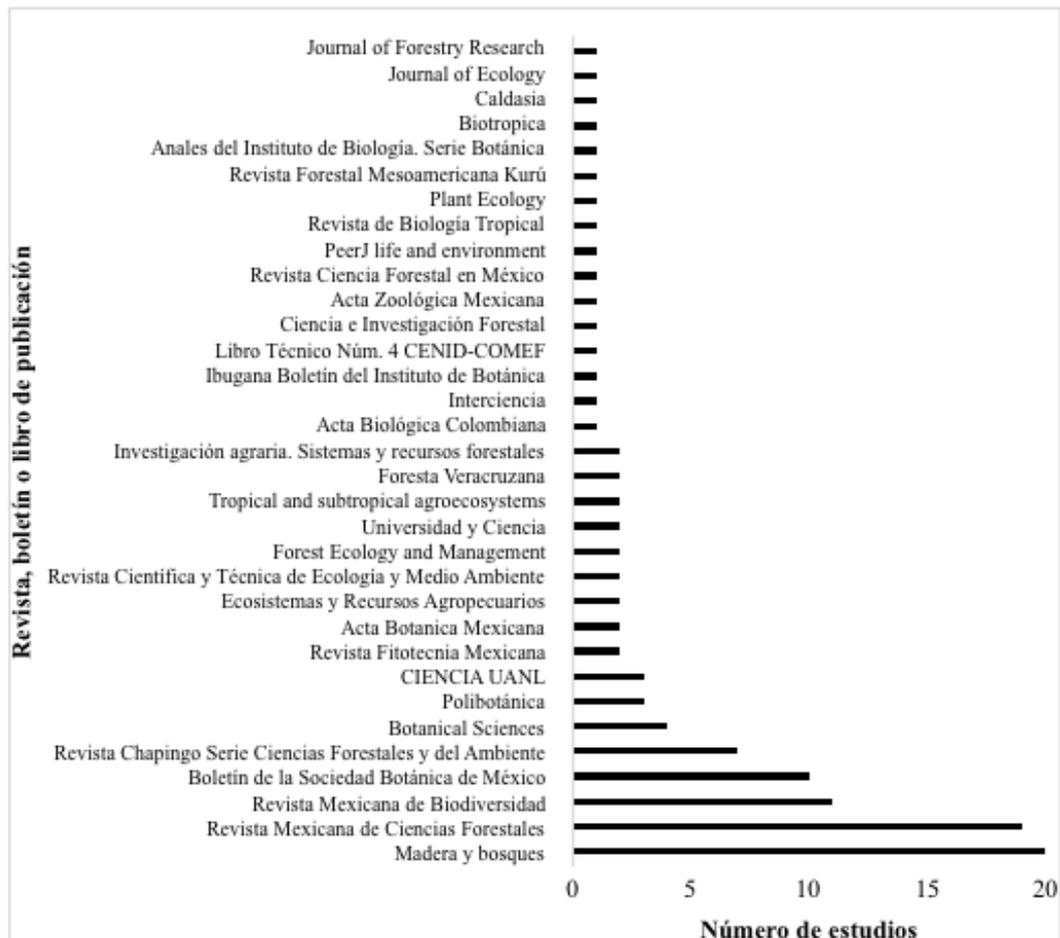


Figura 5. Porcentaje de estudios por revista, libro, boletín o reporte.

los recursos naturales y a la conformación de equipos de trabajo que trabajan esta temática.

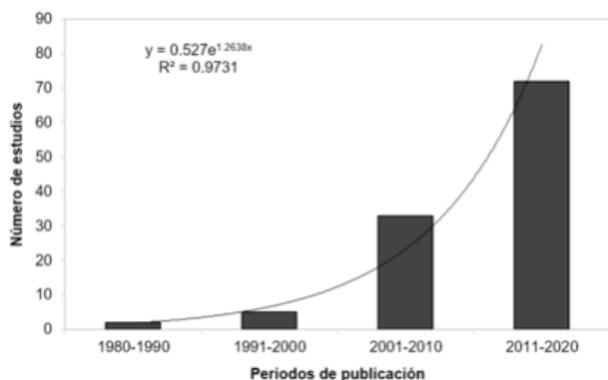


Figura 6. Periodo de tiempo (1980 - 2020) en el que se han publicado artículos relaciones a la caracterización de comunidades forestales.

Las variables dasométricas más usadas han sido: el diámetro normal y la altura total presentes en 86 y 85 estudios respectivamente (Cuadro 3). Entre las variables medioambientales más utilizadas se tienen a: altitud (23), pendiente (17), exposición (17) y azimut (10).

Las variables diámetro normal y altura total se han utilizado a lo largo de todo el periodo de análisis, mientras que la medición de la distancia del centro al árbol se ha usado a partir de 2008 para la caracterización de comunidades forestales.

En lo que corresponde a las variables ambientales no se detectó alguna tendencia, la mayoría de las variables se usaron intermitentemente en todo el periodo de publicaciones; excepto: azimut, pH (medida de la acidez o alcalinidad en los suelos) y longitud, que fueron variables presentes a partir del 2006, 2009 y 2010 respectivamente. Estos resultados indican que las variables básicas y tradiciones de diámetro normal y altura total siguen siendo las más utilizadas en las investigaciones, posiblemente por su practicidad de medición y a que son variables fundamentales para estimar el volumen y evaluar la estructura horizontal y vertical de la vegetación.

En las investigaciones se utilizaron 63 distintos índices, coeficientes y funciones para describir y comparar las comunidades. Los más utilizados fueron el índice de Shannon y Wiener (H') en 58 estudios y el índice de valor de importancia (IVI) (53), los cuales se usan para evaluar la diversidad de especies y caracterizar de manera horizontal la estructura de la vegetación respectivamente.

Los otros índices que también se evaluaron en alto número de investigaciones fueron los índices de Margalef (Dmg) (23), Simpson (S) y Sorensen (βsor), los cuales evalúan la riqueza de especies y la diversidad beta (Cuadro 4). Si bien, el índice de

Cuadro 3. Variables dasométricas y ambientales empleadas en los estudios de caracterización de comunidades forestales.

Variable dasométricas ambientales	Estudios	% Variables	Estudios	%
Diámetro (cm)	86	28.38	Altitud	23 16.55
Altura (m)	85	28.05	Pendiente	17 12.23
Cobertura de copa (m ²)	22	7.26	Exposición	17 12.23
Diámetro de copa (m)	17	5.61	Azimut	10 7.19
Distancia del centro al árbol	11	3.63	Coordenadas	9 6.47
Diámetro medio (cm)	9	2.97	PP	8 5.76
Altura fuste limpio (m) suelo	8	2.64	Profundidad del	7 5.04
Altura máx (m)	7	2.31	Temperatura	6 4.32
Cobertura (m ²)	5	1.65	Materia orgánica	5 3.60
Otras	53	17.49	Longitud	4 2.88
*	*	*	pH	4 2.88
*	*	*	Textura del suelo	4 2.88
*	*	*	Otras	25 17.99

*Variables dasométricas: 36 variables utilizadas en menos de tres estudios. Variables ambientales: 21 variables utilizadas en menos de tres estudios.

Shannon y Wiener (H') fue el más utilizado para comparar entre comunidades, éste índice debe sustituirse por el índice efectivo de especies (1D), el cual está basado en el exponencial de índice de Shannon (Jost, 2006; Moreno *et al.*, 2011; Cultid-Medina and Escobar, 2019) y calcula valores comparables entre diferentes investigaciones de comunidades vegetales.

Cuadro 4. Índices, coeficientes y funciones utilizadas en los estudios de caracterización de comunidades forestales.

Índices	Estudios	%
Índice de Shannon y Wiener (H')	58	16.91
Índice de valor de importancia (IVI)	53	15.45
Índice de Margalef (D _{mg})	23	6.71
Índice de Simpson (S)	20	5.83
Índice de Sorensen	20	5.83
Índice de distribución vertical de especies (A)	17	4.96
Índice a de Fisher	11	3.21
t de Hutcheson	10	2.92
Índice de uniformidad (Wi)	10	2.92
Diferenciación dimensional (TD y TH)	9	2.62
Índice de valor forestal (IVF)	9	2.62
Índice de mezcla de Gadov (Mi)	9	2.62
Equitatividad de Shannon E	7	2.04
Índice de dominancia (Ui)	6	1.75
Riqueza (S)	6	1.75
Índice de Bray-Curtis	4	1.17
Shannon evenness index (J')	4	1.17
Diversidad verdadera (D)	4	1.17
Otros	63	18.37
Total	343	100

* 63 índices, coeficientes o funciones presentes en menos de tres estudios.

Observamos que los índices de Shannon y Wiener (H') e Índice de Sorensen han sido utilizados desde 1987 y 1998 respectivamente y se siguen empleando en la actualidad. Mientras que índices como el de riqueza (S), Bray-Curtis (d), Shannon evenness (J') y diversidad verdadera (D) son usados a partir de 2009 para la caracterización de comunidades forestales.

Conclusiones

La elaboración de estudios para evaluar las características estructurales de las comunidades forestales ha crecido exponencialmente. Además, la caracterización de comunidades forestales ha

tenido una evolución, al integrar nuevos métodos. Sin embargo, hay algunos que han sido usados a lo largo del tiempo. Trabajos recientes se enfocan en la caracterización de los patrones de distribución espacial de las especies, lo que refleja el interés cada vez mayor por conocer a fondo los procesos ecológicos que ocurren en los bosques para alcanzar cierta estructura.

El presente estudio aporta información significativa para los investigadores interesados en la caracterización y conocimiento de la estructura de comunidades forestales de México, un tema que, sin duda, cada vez nos lleva a conocer más a profundidad la riqueza, diversidad y estructura de las formaciones forestales.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Literatura citada

- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y bosques*, 21(SPE), 17-28. doi: 10.21829/myb.2015.210423
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, Ó. A., Treviño-Garza, E. J., & García-Galindo, P. C. (2010). Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque, México. *Madera y bosques*, 16(4), 39-54. doi: 10.21829/myb.2010.1641159
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O., & Treviño-Garza, E. J. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del Parque Ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 17(1), 31-39. doi: 24010.5154/r.rchscfa.2010.05.032
- Brokaw N., V. L. and R. A. Lent. 1999. Vertical structure. In: Hunter, M. L. (Ed). *Maintaining biodiversity in forest ecosystems*. Cambridge University Press, Cambridge, 243 UK. pp. 373-399.
- Canizales-Velázquez, P. A., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E., & Mora-Olivo, A. (2019). Caracterización estructural de una comunidad arbórea de un sistema silvopastoril en una zona de transición florística de Nuevo León. *Madera y bosques*, 25(2). doi: 10.21829/myb.2019.2521749
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. *Capital natural de México*, 1, 87-108. <https://propedeuticoecologiatropical10.files.wordpress.com/2010/05/los-ecosistemas-de-mexico.pdf>
- Chávez-Flores, G. A., Corral-Rivas, J. J., Vega-Nieva, J. D., López-Serrano, P. M., & Rubio-Camacho, E. A. (2020). Estructura espacial de los bosques mixtos e irregulares en el estado de Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11, 59. doi:25810.29298/rmcf.v11i59.614
- Chávez-Pascual, E. Y., Rodríguez-Ortiz, G., Enríquez-del Valle, J. R., Velasco-Velasco, V. A., & Gómez-Cárdenas, M. (2017). Compartimentos de biomasa aérea en rodales de *Pinus oaxacana* bajo tratamientos silvícolas. *Madera y bosques*, 23(3), 147-161. doi: 262 10.21829/myb.2017.2331627
- CONAFOR. 2018. Informe de Resultados del INFyS 2009-2014. Con base en la Carta de Uso de Suelo y Vegetación del INEGI, Serie VI-2014.
- CONAFOR. 2019. El Sector Forestal Mexicano en Cifras 2019 - Bosques para el Bienestar Social y Climático. <https://www.gob.mx/conafor/documentos/el-sector-forestal-mexicano-en-cifras-2019>
- Cultid-Medina, C. y Escobar, F., 2019. Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). En: Moreno, C.E. (Ed.) *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/ Libermex, Ciudad de México, pp. 175- 275 202. https://www.researchgate.net/publication/340104672_Pautas_para_la_estimacion_y_comparacion_estadistica_de_la_diversidad_biologica_qD
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas y G. Montero. 2003. Revisión: índices de diversidad estructural en masa forestales. *Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales*. 12(1):159-176. <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2490>
- Encina-Domínguez, J. A., Encina-Domínguez, F. J., Mata-Rocha, E., & Valdes-Reyna, J. (2008). Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica del bosque de oyamel de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, (83), 13-24. http://www.scielo.org.mx/pdf/bsbm/n83/n83a2.pdfet-des-forets_Sommaire.pdf
- Gadaw, K. V. and G. Hui. 1999. *Modeling forest development*. Kluwer Academic Publishers Dordrecht, The Netherlands. 212 p. <https://www.springer.com/gp/book/9781402002762>

- Gao, T., Hedblom, M., Emilsson, T., & Nielsen, A. B. (2014). The role of forest stand structure as biodiversity indicator. *Forest Ecology and Management*, 330, 82-93. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.07.007>
- García García, S. A., Alanís Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., & Graciano Ávila, G. (2020). Regeneración y estructura vertical de un bosque de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en Chihuahua, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(58), 92-111. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v11i58.665>
- García García, S. A., Narváez Flores, R., Olivas García, J. M., & Hernández Salas, J. (2019). Diversidad y estructura vertical del bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(53), 41-63. doi: 29110.29298/rmcf.v10i53.173
- González-Tagle, M. A., Schwendenmann, L., Pérez, J. J., & Schulz, R. (2008). Forest structure and woody plant species composition along a fire chronosequence in mixed pine-oak forest in the Sierra Madre Oriental, Northeast Mexico. *Forest Ecology and Management*, 256(1-2), 161-167. doi: 10.1016/j.foreco.2008.04.021
- Goris/publication/268518751_El_articulo_de_revisión/links/547f06780cf2de80e7cc71f9/El-articulo-de-revisión.pdf
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E., & Lujan-Soto, J. E. (2017). Composición, estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Noroeste de México. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 4(12), 535- 304 542. doi: 0.19136/era.a4n12.1114
- Graciano-Ávila, G., Alanís-Rodríguez, E., Rubio-Camacho, E. A., Valdecantos-Dema, A., Aguirre-Calderón, O. A., González-Tagle, M. A., ... & Mora-Olivo, A. (2020). Composición y estructura espacial de cinco asociaciones de bosques de *Pinus durangensis*. *Madera y bosques*, 26(2). doi: 10.21829/myb.2020.2621933
- Guerrero-Hernández, R., Muñiz-Castro, M. Á., Vázquez-García, J. A., & Ruiz-Corral, J. A. (2019). Estructura del bosque mesófilo de de montaña y su reemplazo por bosque de Abies en dos gradientes altitudinales del occidente de México. *Botanical Sciences*, 97(3), 301-322. doi:10.17129/botsci.2206
- Hernández García, J., Rodríguez Ortíz, G., Enríquez del Valle, J. R., Campos Ángeles, G. V., & Hernández Hernández, A. (2016). Biomasa arbustiva, herbácea y en el piso forestal como factor de riesgo de incendios. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(36), 51-63. doi: 10.29298/rmcf.v7i36.59
- <https://books.google.com.mx/books?id=a5lvDVzGLyC&lpg=PR10&ots=8EA0joGm0X&lr&hl=es&pg=PR4#v=onepage&q&f=false>
- Icart Isern, M. T., & Canela Soler, J. (1994). El artículo de revisión. *Enferm Clin*, 4(4), 180-184. Citado en <https://www.researchgate.net/profile/Silamani-Guirao->
- INEGI. Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie VI (2014), escala 1:250 000. INEGI. México. 2017a.
- Jost, L., 2006. Entropy and diversity. *Oikos* 113, 363-375. doi: 10.1111/j.2006.0030-3251299.14714.x
- Juárez-Sánchez, M., Domínguez-Calleros, P. A., & Nívar-Chaidez, J. (2014). Análisis de la estructura silvícola en bosques de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas, México. *Foresta Veracruzana*, 16(1), 25-34. https://www.researchgate.net/publication/281976142_ANALISIS_DE_LA_ESTRUCTURA_SILVICOLA_EN_BOSQUES_DE_LA_SIERRA_DE_SAN_CARLOS_TAMAULIPAS_MEXICO
- Méndez Osorio, C., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, Ó. A., & Treviño Garza, 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. <http://cienciauanl.uanl.mx/?p=2713>
- Moreno, C.E., Barragán, F., Pineda, E., Pavón, N.P., 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 1249-1261. doi:33910.22201/ib.20078706e.2011.4.745

- Ramos Reyes, J. C., Treviño Garza, E. J., Buendía Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O. A., & López Martínez, J. I. (2017). Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 8(43), 64-88. doi:10.29298/rmcf.v8i43.66
- Reyes B., Humberto. (2020). Artículos de Revisión. *Revista médica de Chile*, 148(1), 345-103-108. dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020000100103
- Romero, C. (2008). Masas forestales en cinco parques de Neiva Especies, volumen de madera en pie, análisis estructural y estado fitosanitario. *Revista nodo*, 3(5). <http://revistas.uan.edu.co/index.php/nodo/articloe/view/23>
- Rubio-Camacho, E. A., González-Tagle, M. A., Alanís-Rodríguez, E., Chávez-Durán, Á. A., & Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Analysis of the structure and diameter distribution in temperate forests under the perspective of the potential fire regime. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 21(3), 281-294. doi: 35310.5154/r.rchscfa.2014.10.053
- Tayupanta-Quinatoa, N. M., Caranqui-Aldaz, J. M., Manuel-Espinoza, V., & Pallo-Paredes, E. L. (2020). Composición y Estructura de un bosque de neblina montano en Chillanes, Bolívar, Ecuador. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 455-466. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1409>
- Vallauri D, Anfré J, Génot J-C, De Palma, J-P, Eynard-Marchet, R (Coords). 2010. Biodiversité, naturalité, humanité. Pour inspirer la gestion des forets. WWF/Tec&Doc, 474 pp. París. https://complements.lavoisier.net/9782743021801_naturalite-des-eaux-
- Vásquez-Cortez, V. F., Clark-Tapia, R., Manzano-Méndez, F., González-Adame, G., & Aguirre-Hidalgo, V. (2018). Estructura, composición y diversidad arbórea y arbustiva en tres condiciones de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Madera y bosques*, 24(3). doi: 10.21829/myb.2018.2431649
- Ventura Ríos, A., López Upton, J., Vargas Hernández, J. J., & Guerra de la Cruz, V. (2010). Caracterización de *Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) Franco en el centro de México: Implicaciones para su conservación. *Revista fitotecnia mexicana*, 33(2), 107-116. <https://www.revistafitotecniamexicana.org/documentos/33-2/3a.pdf>
- Zhang, G., Hui, G., Hu, Y., Zhao, Z., Guan, X., von Gadow, K., & Zhang, G. (2019). Designing near-natural planting patterns for plantation forests in China. *Forest Ecosystems*, 6(1), 28. doi: 10.1186/s40663-019-0187-x