

Diversidad de especies leñosas en remanente de mesófilo alterado con producción agroforestal

Saúl Ugalde-Lezama
Rocío Madeni Arévalo Madrigal
Rosa María García-Núñez[§]
María Edna Sánchez Álvarez

¹Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, México. CP. 56230. Tel. 595 9521500, ext. 5382. (biologo_ugalde@hotmail.com; madeni@gmail.com; edna-alvarez30@yahoo.com.mx).

[§]Autor para correspondencia: blondynunez@gmail.com.

Resumen

En el año 2017 se evaluó la diversidad de especies leñosas en la comunidad de Xaltepuxtla, Puebla en un remanente de bosque mesófilo de montaña alterado, sistema ornamental y sistema silvopastoril con la finalidad de conocer la diversidad arbórea y proponer especies de alto valor ecológico para su restauración. Se emplearon índices ecológicos y un diseño de muestreo sistemático con distancias predeterminadas en arreglo a manera de cuadrícula. Se muestrearon 22 sitios utilizando cuadrantes con punto central para vegetación arbórea con sitios de 100 m² y cuadros empotrados para vegetación arbustiva y herbácea. Se obtuvo la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas con estimadores de Jackknife 1, índice de abundancia relativa (IAR) y índice de Shannon-Wiener. Se registraron 19 especies en 15 familias y 18 géneros. Las especies de mayor abundancia relativa por sitio fueron: *Chamaecyparis lawsoniana* (IAR= 0.96), *Rhododendron simsi* (IAR= 0.46) y *Chamaecyparis. thyoides*. (IAR= 0.25). Los sitios con mayor diversidad fueron: el 22 con un índice de 2.54 y el 20 y 21 con índices de 2.53 respectivamente. La mayor diversidad por condición fue en el RBMM con un índice de 2.92. Con la prueba de Kruskal Wallis no se obtuvieron diferencias significativas entre los estimadores ecológicos, por lo que las tres condiciones se encuentran sujetas al mismo nivel de alteración. Se logró conocer la riqueza, abundancia y diversidad de las especies leñosas en la zona de estudio.

Palabras claves: abundancia, índices ecológicos, riqueza, sistema silvopastoril.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: marzo de 2020

Introducción

En México, el bosque mesófilo de montaña (BMM) representa un capital natural muy valioso para la provisión de múltiples servicios ambientales, tanto para las poblaciones locales como para el resto de la sociedad mexicana (González-Espinosa *et al.*, 2012). Dicho ecosistema alberga una importante biodiversidad mundial, pero está fuertemente amenazada debido a que exhibe las tasas más altas de deforestación entre los bosques tropicales (Aldrich *et al.*, 2000).

En la comunidad de Xaltepuxtla Puebla se ha venido provocando alteraciones muy drásticas a este tipo de bosques por la introducción de sistemas de producción de plantas ornamentales, lo que ha ocasionado una problemática ambiental destacando la disminución de las especies vegetales, pérdida de suelo y decremento de servicios ecosistémicos.

Los sistemas agroforestales son una alternativa para la provisión y conservación de dichos servicios, como son los de tipo hídrico, captura de carbono y biodiversidad entre otros (Ibrahim *et al.*, 2006). Esto ha motivado a algunos investigadores a realizar trabajos en sistemas silvopastoriles con la inclusión de especies leñosas del BMM (Sánchez-Gómez *et al.*, 2017). Si bien, dicho trabajo exhibe la importancia de los sistemas silvopastoriles con especies características del BMM, la aportación al conocimiento científico sigue siendo escaso, además no se ha resaltado la estructura y composición florística de una comunidad vegetal en sistemas silvopastoriles y remanentes de bosque mesófilo de montaña alterados.

Es por eso que el presente estudio tiene el objetivo de evaluar la diversidad arborea de especies leñosas, en un sistema silvopastoril inmerso en bosque mesófilo alterado mediante la utilización de índices ecológicos para proponer especies de mayor valor cultural que puedan utilizarse en programas de restauración de la zona ayudando a la conservación del bosque.

Materiales y métodos

Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en la comunidad de Xaltepuxtla, perteneciente al municipio de Tlaola, Puebla. Posee una extensión de 40 ha que forman parte de la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa. Dicha zona se localiza entre las coordenadas extremas 97° 58' 5.303" longitud oeste y 20° 11' 23.06" latitud norte, 97° 57' 30.836" longitud oeste y 20° 10' 57.124" latitud norte, a una altitud de 1 280 m. El clima es semicálido, con poca oscilación anual de las temperaturas medias mensuales. La precipitación media anual es de 1 992.4 mm y la temperatura media anual es de 17.5 °C. (SMN, 2016). El tipo de suelo predominante es Andosol mólico y pendientes ligeras hasta muy pronunciadas que van de 2% hasta más de 45%. Las condiciones bajo estudio son: sistema ornamental (SO) con 37.3 ha, sistema silvopastoril (SS) con 0.43 ha y remanente de bosque mesófilo de montaña (RBMM) con 2.27 ha.

Diseño de muestreo

Las poligonales y superficies de cada condición se delimitó mediante la digitalización del área de estudio con la herramienta COGO de Arc map 10.1; a partir, de azimut y distancia de los linderos del predio, rectificado en campo con transectos con un Geoposicionador global (GPS) modelo

Garmin (Ruíz, 2016). El diseño de muestreo utilizado fue el muestreo sistemático con distancias predeterminadas y en arreglos a manera de cuadrícula (Ralph *et al.*, 1996), obteniendo 22 unidades de elección o sitios con distancias entre ellos de 141.4 m. La vegetación se muestreó utilizando los métodos de cuadrantes con punto central para vegetación arbórea (Cottam y Curtis, 1956) y cuadros empotrados para vegetación arbustiva y herbácea (Oosting, 1956).

Variables evaluadas

En cada uno de los sitios se registró las coordenadas cartesianas con un GPS, así como variables del hábitat como exposición, pendiente y grosor de mantillo y las variables dasométricas como altura total (H), altura del fuste limpio (HFL) y diámetro a 1:30 m. del suelo (DN). Para el caso de las arbustivas se midió para cada individuo el diámetro de copa (DC), número de ramas para aquellas especies con aprovechamiento de follaje, altura (H) y número de individuos, para las herbáceas se midió únicamente el porcentaje de suelo cubierto por ellas.

En cada sitio se colectaron ejemplares de las diferentes especies encontradas para su posterior identificación en el herbario de la División de Ciencias Forestales de Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

Análisis de datos

Frecuencia de observación. Para conocer la frecuencia porcentual de la riqueza de especies por condición y por sitio, se empleó el índice de frecuencia de observación (FO) (Salas y Orduña, 1993), con el número total de individuos leñosos registrados por especie entre el número total de individuos por 100.

Riqueza de especies. Se utilizó el estimador no paramétrico Jackknife de primer orden, empleando datos presencia-ausencia o de abundancia por especie (Colwell, 2004) que representa uno de los índices de su tipo más preciso y menos sesgado (Palmer, 1990), empleando el programa computacional 'EstimateS 6b1a'.

Abundancia relativa. Para estimar la abundancia relativa de las especies presentes en los diferentes sitios y condiciones, se calculó el índice de abundancia definido por Carrillo y Cuarón (2000); Aranda (2000), modificado para este estudio.

$$i = \frac{\text{Número de individuos registrados por sp/número de individuos totales}}{\text{Área de punto de muestreo (0.5 ha)}}$$

Diversidad de especies. Con base a una revisión de las características y supuestos de varios índices de diversidad de especies (diversidad 305lpha), se eligió el índice no paramétrico conocido como índice de diversidad de Shannon-Wiener, empleando el programa computacional 'EstimateS' versión 6b1a (Colwell, 2000). Para determinar diferencias significativas en la riqueza, abundancia relativa y diversidad de especies registrada por condición y por sitio, se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Zar, 1999), con el software estadístico JMP IN versión 4.

Para determinar si se habían considerado todas las especies en riqueza, abundancia relativa y diversidad de especies registrada por condición y por sitio se realizó un análisis ‘Chi cuadrada de Pearson’, (Moliner, 2003b): con una significancia de $\alpha=0.05$, dicho análisis se utilizó para evaluar si las diferencias entre las frecuencias observadas y las esperadas son atribuidas al azar, bajo la hipótesis de independencia. Este análisis se llevó a cabo empleando el software JMP IN versión 4.

Análisis de regresión Poisson (ARP)

Se realizó un análisis con la finalidad de establecer posibles asociaciones entre las variables dasométricas y del hábitat sobre la abundancia de las especies leñosas con mayor valor ecológico registradas en las tres condiciones evaluadas. Primeramente, se analizó el efecto entre las variables de hábitat y dasométricas y las abundancias de las diferentes especies leñosas con mayor valor ecológico, empleando un modelo de regresión de Poisson (González-Oreja, 2003).

Después se determinó las variables que explican mayor variabilidad para seleccionar el modelo (Rotenberry y Wiens, 1980). Así, se modeló la abundancia de las especies leñosas (y) ante las variables dasométricas y del hábitat (x), realizando un ajuste de la variable ‘y’ a las variables ‘x’, mediante un modelo lineal generalizado (McCullagh y Nelder, 1989) que explicará la relación entre una variable respuesta ‘y’ y un conjunto de variables explicatorias ‘x’ mediante una relación lineal.

En dicho análisis se consideraron como coeficientes estadísticamente significativos aquellos en los que $p < 0.05$ (McCullagh y Nelder, 1989; González-Oreja, 2003). De esta manera se obtuvieron las especies leñosas que tenían un efecto sobre las variables independientes (dasométricas y hábitat). Dicho análisis se realizó empleando el procedimiento GLM del software estadístico R-versión 2.6.1. (Dalgaard, 2006).

Resultados

Se registraron un total de 1050 individuos, las especies representativas son *Chamaecyparis lawsoniana* con 48.19% (506 individuos), *Rhododendron simssi* con 23.33% (245) y *Chamaecyparis thuyoides* con 12.48% (131), algunas nativas se encuentran abajo de 3% (Figura 1).

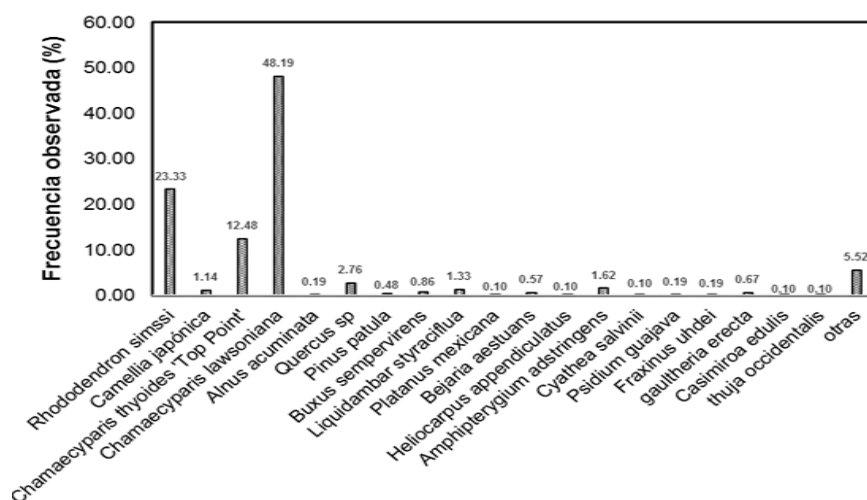


Figura 1. Frecuencia de observación de las especies leñosas.

La especie más representativa por condición fue *Chamaecyparis lawsoniana*; encontrándose un 45.74% (938 plantas) en el sistema ornamental, 92.86% (42) para silvopastoril y 54.29% (70) para RBMM; el valor porcentual del resto de las especies exhibió una tendencia diferencial en cada condición.

Riqueza de especies

Se registraron 19 especies herbáceas, 9 arbustivas, 9 arbóreas y una arborescente; todas ellas repartidas en 15 familias y 18 géneros (Cuadro 1).

Cuadro 1. Lista de las especies registradas en sistema ornamental, sistema silvopastoril y remanente de bosque mesófilo de montaña.

Nombre común	Nombre científico	Forma biológica	Familia
Azalea	<i>Rhododendron simssi</i>	Arbusto	Ericaceae
Camelia	<i>Camellia japónica</i>	Arbusto	Theaceae
Cedrela	<i>Chamaecyparis thyoides 'Top Point'</i>	Arbusto	Cupressaceae
Chima	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	Arbusto	Cupressaceae
Ailite	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol	Betulaceae
Encino	<i>Quercus</i> sp.	Árbol	Fagaceae
Pino	<i>Pinus patula</i>	Árbol	Pinaceae
Arrayan	<i>Buxus sempervirens</i>	Arbusto	Buxaceae
Ocozote	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Árbol	Hamamelidaceae
Álamo	<i>Platanus mexicana</i>	Árbol	Platanaceae
Flor de mayo	<i>Bejaria aestuans</i>	Arbusto	Ericaceae
Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Árbol	Malvaceae
Cuachalalate	<i>Amphipterygium adstringens</i>	Arbusto	Anacardiaceae
Makiki	<i>Cyathea salvinii</i>	Arborescente	Cyatheaceae
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Árbol	Myrtaceae
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	Árbol	Oleaceae
Oxocopaque	<i>Gaultheria erecta</i>	Arbusto	Ericaceae
Zapote	<i>Casimiroa edulis</i>	Árbol	Rutaceae
Planchado	<i>Thuja occidentalis</i>	Arbustiva	Cupressaceae
	otras	Arbustivas	

Se encontraron 20 especies por lo que, hasta ahora con el esfuerzo de muestreo realizado, se conoce 19% de las especies teóricamente presentes en los sitios considerados (Figura 2).

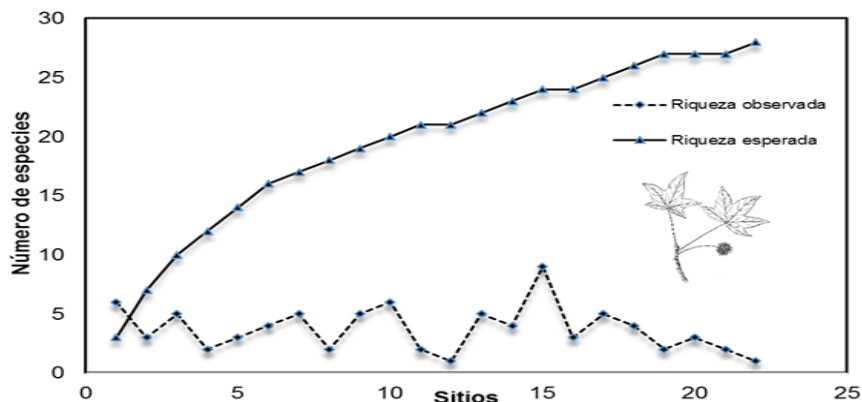


Figura 2. Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en los 22 sitios de estudio.

En la riqueza de especies por condición se indica un estimado de 15 especies, por lo que hasta ahora con el esfuerzo de muestreo realizado se conoce 100% de las especies teóricamente presentes en esta condición, para el sistema silvopastoril se registraron 2 especies, lo que muestra un esfuerzo de muestreo de 10% y para el RBMM se observaron 9 especies, indicando un esfuerzo de muestreo de 29% (Figura 3).

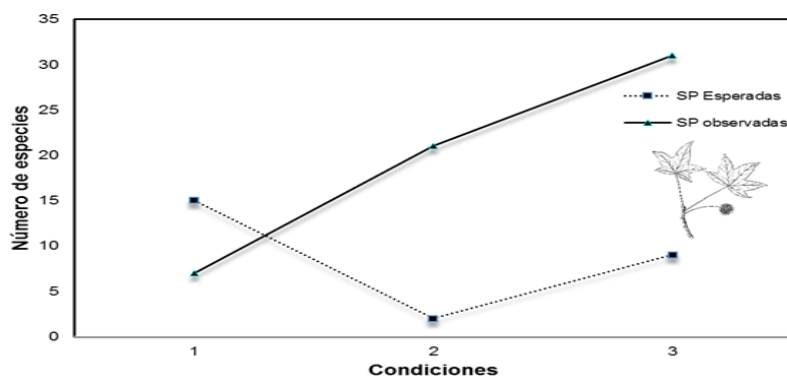


Figura 3. Rarefacción de la diversidad de especies leñosas en las tres condiciones de estudio.

El presente trabajo utiliza por primera vez curvas de rarefacción con el estimador Jackknife 1 para sistemas silvopastoriles, por lo que se obtienen registros a nivel beta en este tipo de bosque. Las tendencias en la riqueza registrada coinciden con lo reportado por Chiarucci *et al.* (2003) quienes señalan que datos procedentes de muestras grandes analizadas mediante Jackknife 1 presentan valores más precisos de la riqueza.

Índice de abundancia relativa (IAR) por sitios

Los resultados del IAR para los datos de las frecuencias registradas por especie en todos los sitios por condición, sugieren que las especies de mayor abundancia relativa fueron: *Chamaecyparis lawsoniana* (IAR= 0.96), *Rhododendron simssi* (IAR= 0.46), *Chamaecyparis thyoidea* (0.25), los valores del resto de las especies muestran valores más bajos (Figura 4a). Por condición *Chamaecyparis lawsoniana* presentó mayor abundancia (IAR= 0.96) en el sistema ornamental, (IAR= 1.86) para silvopastoril y (IAR= 1.09) para RBMM, el valor del resto de las especies exhibió una tendencia diferencial en cada condición (Figura 4b).

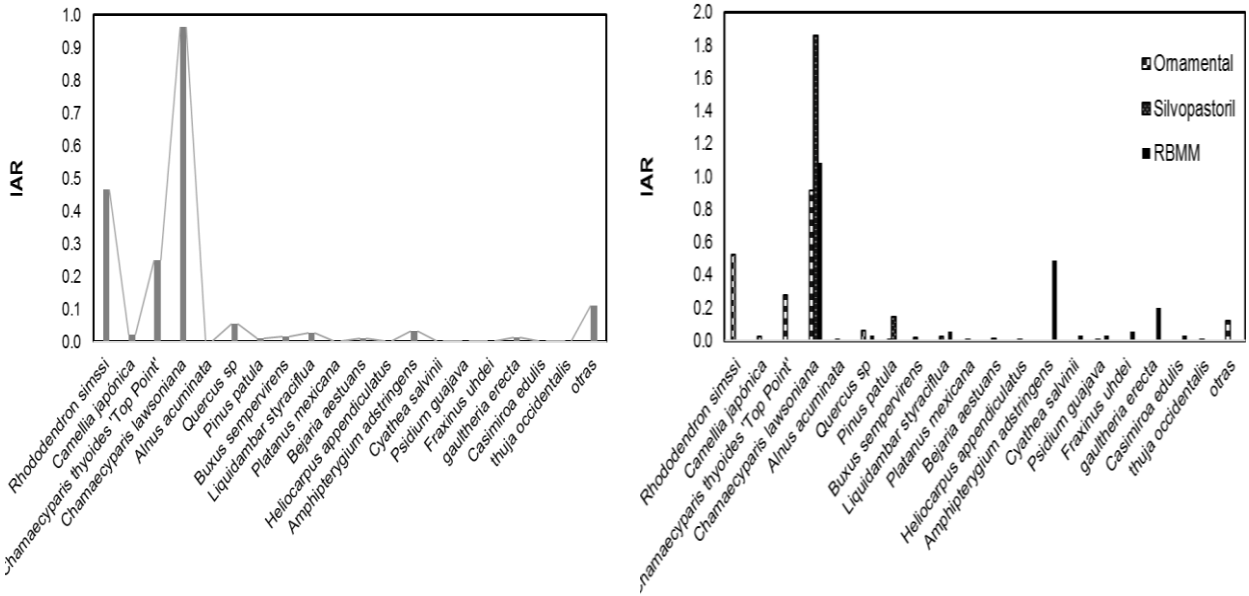


Figura 4 a y b. Abundancia relativa de las especies registradas en los sitios y condiciones de estudio.

Diversidad de especies

Los resultados de Shannon-Wiener para los datos de las diferentes condiciones bajo estudio, sugieren que el de mayor diversidad fue: el RBMM ($H' = 2.92$), seguido por el sistema silvopastoril ($H' = 2.61$) y por último el sistema ornamental ($H' = 2$) (Figura 5).

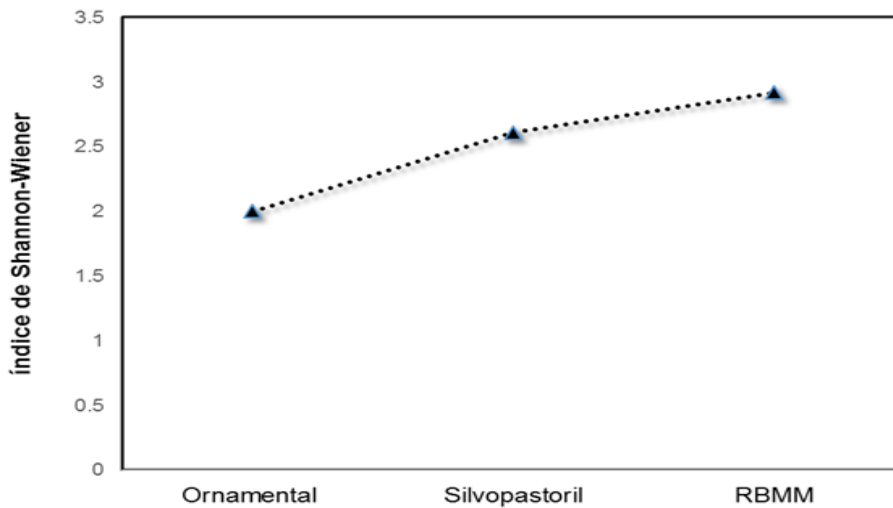


Figura 5. Diversidad de especies leñosas encada una de las condiciones.

Análisis estadístico

Los resultados de Kruskal Wallis para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por sitio en las condiciones bajo estudio sugieren que no existen diferencias significativas, por lo tanto, la riqueza, abundancia y diversidad de especies encontradas en los 22 sitios se encuentran sujetas a los mismos niveles de perturbación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de Kruskal Wallis para riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas.

Prueba	Grados de libertad	<i>p</i> -value
Riqueza	6	0.68
Abundancia relativa	21	0.46
Diversidad	20	0.4

Prueba de X² cuadrada para los sitios

Los resultados de X² cuadrada para los datos de la riqueza, abundancia y diversidad de especies leñosas por sitio, en las condiciones bajo estudio, sugieren que no se registraron todas las especies que potencialmente existen en el área de estudio (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de X² cuadrada para riqueza, abundancia y diversidad de los 22 sitios.

Prueba	R cuadrado	Pearson
Riqueza	0.6	0.34
Abundancia	1	0.23
Diversidad	0.97	0.24

X² cuadrada para las condiciones

Los resultados de X² cuadrada para las condiciones evaluadas sugieren que no se registraron todas las especies que potencialmente existen en el área de estudio con R cuadrado de 1 y un valor de Pearson de 0.19 para cada una de las condiciones.

Especies de mayor valor ecológico

La selección de las especies de mayor valor ecológico se realizó con los índices de riqueza, abundancia y diversidad, a través del análisis e interpretación de dichos índices, la riqueza permitió saber las especies existentes en cada condición de estudio, la abundancia relativa el número de individuos por especie y la diversidad la condición de cada comunidad vegetal (Cuadro 4).

Cuadro 4. Lista de las especies con mayor valor ecológico.

Nombre común	Nombre científico	Forma biológica	Familia
Camelia	<i>Camellia japónica</i>	Arbusto	Theaceae
Ailite	<i>Alnus acuminata</i>	Árbol	Betulaceae
Encino	<i>Quercus</i> sp.	Árbol	Fagaceae
Pino	<i>Pinus patula</i>	Árbol	Pinaceae
Arrayan	<i>Buxus sempervirens</i>	Arbusto	Buxaceae
Ocozote	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Árbol	Hamamelidaceae
Álamo	<i>Platanus mexicana</i>	Árbol	Platanaceae
Flor de mayo	<i>Bejaria aestuans</i>	Arbusto	Ericaceae
Jonote	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	Árbol	Malvaceae

Nombre común	Nombre científico	Forma biológica	Familia
Cuachalalate	<i>Amphipterygium adstringens</i>	Arbusto	Anacardiaceae
Makiki	<i>Cyathea salvinii</i>	Arborescente	Cyatheaceae
Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	Árbol	Myrtaceae
Fresno	<i>Fraxinus uhdei</i>	Árbol	Oleaceae
Oxocopaque	<i>Gaultheria erecta</i>	Arbusto	Ericaceae
Zapote	<i>Casimiroa edulis</i>	Árbol	Rutaceae
Planchado	<i>Thuja occidentalis</i>	Arbustiva	Cupressaceae

Cuatro variables dasométricas y de hábitat presentaron un grado de asociación con la abundancia de las especies leñosas registradas, con un AIC= 174.94 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resultado del análisis de regresión Poisson para explicar el efecto de las variables sobre la abundancia de las especies.

Coefficientes	Estimados	Error estándar	Valor de Z	Pr(> z)	Significancia
(Intercept)	0.5741403	0.4189802	1.37	0.170585	
DC	0.0245615	0.004494	5.465	4.62e-08	***
DN	-0.1221484	0.0416701	-2.931	0.003375	**
H	0.0023911	0.0007982	2.996	0.00274	**
HFL	0.0031595	0.0009217	3.428	0.000609	***

DC= diámetro de copa de los arbustos, DN= diámetro a 1.30 metros del suelo, H= altura de los árboles y arbustos, HFL= altura del fuste limpio de los árboles, códigos de significancia: 0.001 ‘***’, 0.01 ‘**’, 0.05 ‘*’, ‘.’ 0.1, ‘-’ NS. Nota: coeficientes estadísticamente significativos ($p < 0.001$) del modelo GLM.

Discusión

La mayor diversidad de especies fue encontrada en el RBMM; sin embargo, las tendencias indican que no existe diferencia significativa en cuanto a la diversidad entre sitios, dichos resultados concuerdan con los presentados por Bogino y Bravo (2014) quienes tampoco encontraron diferencias significativas en la diversidad de especies entre diferentes disturbios antrópicos más ampliamente difundido en las regiones áridas y semiáridas de Argentina. Mientras que Sánchez *et al.* (2003) registraron diferencia significativa en algunas de sus parcelas evaluadas ubicadas en de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco.

Se encuentra un mayor número de especies inducidas con valor ornamental, siendo la más abundante *Chamaecyparis lawsoniana*, en contraste Mata y Terrazas (2003) en su investigación señalan que la mayor frecuencia de especies encontradas son características del bosque mesófilo de montaña; sin embargo, esta tendencia se debe a que el estudio de estos autores fue realizado en uno de los bosques mesófilo de montaña más diversos del país, a diferencia de la presente en donde se considera un sistema silvopastoril dentro del bosque mesófilo de montaña alterado.

El mejor modelo ajustado para la abundancia de especies indica que el estrato arbóreo tiene un efecto directo sobre la abundancia de las especies, esto se debe a que a medida que los árboles presentan mayor altura, el número de individuos de las especies se incrementa, porque el espacio

que normalmente ocupan las copas de los árboles no compiten por espacio con las arbustivas o árboles de menor tamaño, ya que estas copas se encuentran en un estrato superior a las de las arbustivas, esto concuerda con lo dicho por Saavedra-Romero *et al.* (2016) en donde mencionan que las copas compiten por recursos, especialmente con árboles vecinos, pero quizás la competencia por espacio de crecimiento y radiación son las más importantes.

Otro factor que tienen efecto sobre la abundancia de especies es la altura de fuste limpio que permite que el número de individuos incremente, porque las ramas de los árboles se bifurcan en estratos superiores y las ramas no entran en competencia por espacio lo cual concuerda con lo que dice Corvalán y Hernández (2006) en donde mencionan, que componentes básicos de la ocupación del espacio del árbol y del rodal son el fuste, copa y sus raíces. El presente estudio reporta una distribución Poisson para especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña, no reportados para un sistema silvopastoril, en donde se considera las variables dasométricas y de hábitat para explicar la abundancia de las especies en dicho sistema.

Conclusiones

Se logró obtener resultados de los estimadores de riqueza, abundancia y diversidad en el remanente de bosque mesófilo de montaña, sistemas silvopastoril y ornamental. Por lo que la diversidad en los diferentes sistemas evaluados se registró con valores de estabilidad a nivel beta.

Se conoce de forma parcial las especies nativas del bosque mesófilo de montaña, así mismo se conoce las especies de mayor valor ecológico, por lo que en trabajos de restauración se propone utilizar las especies *Alnus acuminata*, *Platanus mexicana*, *Heliocarpus appendiculatus*, *Fraxinus uhdei* y *Casimiroa edulis*, debido a que dentro de todas las especies nativas y de mayor valor ecológico, solo presentaron de 1 a 2 individuos por especie en toda el área estudiada.

Literatura citada

- Aldrich, M.; Bubb, P.; Hostettler, S. y Van de Wiel, H. 2000. Bosques nublados tropicales montanos. Tiempo para la acción. WWF International/IUCN The World Conservation Union. Cambridge, Inglaterra. 28 p.
- Aranda, M. 2000. Huellas y otros rastros de los mamíferos medianos y grandes de México. Instituto de Ecología, AC. Xalapa, México. 212 p.
- Bogino, S. M. y Bravo, M. B. 2014. Impacto del rolado sobre la biodiversidad de especies leñosas y la biomasa individual de jarilla (*Larrea divaricata*) en el Chaco Árido Argentino. *Quebracho-Rev. Cienc. Forest.* 22(1-2):79-87.
- Carrillo, E.; Wong, G. and Cuarón, A. D. 2000. Monitoring mammal populations in Costa Rican protected areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology.* 14(6):1580-1591.
- Chiarucci, A.; Enright, N. J.; Perry, G. L. W.; Miller, B. P. and Lamont, B. B. 2003. Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and Distributions.* 9(4):283-295.
- Colwell, R. K. 2004. EstimateS user's guide. Website: <http://purl.oclc.org/estimates> or <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. 71 p.

- Colwell, R. K. and Estimate, S. 2000. Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version Win 6b1a. User's guide and application published. 73 p.
- Comstock, J. H. 1918. Outline of laboratory work in the study of the venation of the wings of insects. Ithaca, New York, USA. The Comstock Publishing Company. 34 p.
- Corvalán, P. y Hernández, J. 2006. Densidad del rodal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales, Cátedra de Dasometría. 50 p.
- Cottam, G. and Curtis, J. T. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*. 37(3):451-460.
- Dalgaard P. 2006. Repeated measures tools for multivariate linear models. Book of abstracts. The R User Conference 2006. 2nd International R User Conference. Vienna, Austria. 194 p.
- González-Espinosa, M.; Meave, J. A.; Ramírez-Marcial, N.; Toledo-Aceves, T.; Lorea-Hernández, F. G. e Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Rev. Ecos.* 21(1-2):36-52.
- González-Oreja, J. A. 2003. Aplicación de análisis multivariantes al estudio de las relaciones entre las aves y sus hábitats: un ejemplo con paseriformes montanos no forestales. *Ardeola*. 50(1):47-58.
- Ibrahim, M.; Gobbi, J.; Casasola, F.; Chacón, M.; Ríos, N.; Tobar, D. y Pagiola, S. 2006. Enfoques alternativos de pagos por servicios ambientales: Experiencia del proyecto Silvopastoril. In Workshop on Costa Rica Experience with Payments for Environmental Services. San José 25-26 pp.
- McCullagh, P. and Nelder, J. A. 1989. Generalized linear models. Núm. 37 in Monograph on Statistics and Applied Probability. 532 p.
- Molinero, L. 2003b. ¿Y si los datos no se ajustan a una distribución normal? Bondad de ajuste a una normal, transformaciones y pruebas no paramétricas. Sociedad Española de Hipertensión. Liga Española para la lucha contra la hipertensión arterial. <http://www.seh-lelha.org/pdf/noparame.pdf>.
- Oosting, H. J. 1956. The study of plant communities. Freeman. San Francisco, USA. 185 p.
- Palmer, M. W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*. 71(3):1195-1198.
- Ralph, C. J.; Geupel, G. R.; Pyle, P.; Martín, T. E.; DeSante, D. F. y Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 46 p.
- Rotenberry, J. T. and Wiens, J. A. 1980. Synthetic approach to principal component analysis of bird/habitat relationships. General technical report RM-Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. United States, Forest Service. 25-30 pp.
- Ruiz, M. S. 2016. Calidad del suelo en sistemas de producción tradicionales y con tecnologías agroforestales en Xaltepuztla, Puebla. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco de Mora, México. 120 p.
- Saavedra-Romero, L. D. L.; Alvarado-Rosales, D.; Rosa, P. H. D. L.; Martínez-Trinidad, T.; Mora-Aguilera, G. y Villa-Castillo, J. 2016. Condición de copa, indicador de salud en árboles urbanos del bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México. *Madera y Bosques*. 22(2):15-27.
- Salas-Páez, M. A. y Orduña-Trejo, C. 1993. Las aves de la Sierra Purépecha del estado de Michoacán. *Boletín Divulgativo del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias*. 79 p.

- Sánchez Rodríguez, E. V.; López Mata, L.; García Moya, E. y Cuevas Guzmán, R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 73 p.
- Sánchez-Gómez, A.; Becerril-Pérez, C. M.; Rosendo-Ponce, A. y Platas-Rosado, D. E. 2017. Oportunidades de conservación del bosque de niebla a través de tecnología agroalimentaria con sistemas silvopastoriles. *Agroproductividad*. 10(1):56-61.
- Zar, J. H. 1999. *Biostatistical analysis*. 4th. New Jersey, USA: Prentice Hall, Inc. 929 p.