

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Diversidad De Especies Arbóreas Y Arbustivas De Dos Poblaciones De
Pinus nelsonii Shaw De La Sierra Madre Oriental

Por:

HANNIEL SERAÍAS LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Diversidad De Especies Arbóreas Y Arbustivas De Dos Poblaciones De

Pinus nelsonii Shaw De La Sierra Madre Oriental

Por:

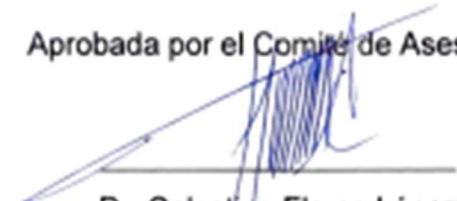
HANNIEL SERAÍAS LÓPEZ LÓPEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Celestino Flores López
Asesor Principal



Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla
Coasesor



Dr. Eduardo Alberto Lara Reimers
Coasesor



Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México



Diciembre, 2021

Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comparar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

Hanniel Serafías López López

Esta tesis ha sido apoyada por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave No. 38111-425103001-2173, proyecto que pertenece al Departamento Forestal, a cargo del profesor investigador Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A ti mamá que siempre me motivaste todos los días.

Aunque ya no estés conmigo yo sé que en el cielo existe una gran alegría.

Algún día nos veremos allá en el cielo.

Mil gracias Reina López Gabriel (†).

A mi padre Pedro López Ángel, un padre que siempre se preocupaba para lo mejor de su hijo, gracias por estar conmigo en los momentos más difíciles de mi vida y todo el esfuerzo que hiciste para que tuviera una buena educación.

A mis hermanos: Lic. Manasés López López, Abisay López López, Rosaelia López López, Adelaida López López por su apoyo incondicional y los buenos consejos para ser una buena persona.

A mis sobrinos Urías Ronaldo López López, Nadia López López, Diana Samara López López y Miranda Mayté Domínguez López.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por estar siempre conmigo en todos los días, al darme fuerzas para seguir adelante y superando cualquier obstáculo.

A mi Alma Terra Mater y al Departamento Forestal por toda la atención y formación académica.

De manera muy especial al Dr. Celestino Flores López por todo el apoyo incondicional, consejo, conocimiento que me brindó al desarrollar esta investigación y regalando lo más valioso que es el tiempo en la revisión.

Al Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla y al Dr. Eduardo Alberto Lara Reimers por la colaboración en la revisión y las sugerencias para la mejora de este trabajo.

A los que me apoyaron para los datos de campo: Eric Berteli Santizo Morales, Roberto Carlos Vázquez García, María Trinidad San Agustín Tolentino, José Ángel Celedón Andrade, Ing. Jesús Pérez Díaz.

A mis amigos y compañeros: Abimael Mendoza Gabriel, Eric Berteli Santizo Morales, Hugo Caralampio Vázquez Hernández, María de Lourdes Gómez Ruiz, Roberto Carlos Vázquez García.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos e hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Aspectos ecológicos, distribución y condición actual de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw .	4
2.2. Medición de la diversidad biológica.....	5
2.3. Medición de la diversidad alfa	6
2.4. Medición de la diversidad beta.....	8
2.5. Prueba estadística	8
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
3.1. Descripción de las áreas de estudio	10
3.2. Tipo de muestreo y metodología del inventario.....	15
3.3. Índices empleados para estimar la diversidad alfa.....	16
3.3.1. Índices de riqueza específica.....	16
3.3.2. Índices de estructura.....	18
3.3.3. Prueba estadística U Mann-Withney.....	20
3.4. La diversidad beta.....	21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1. Medición de la diversidad alfa	23
4.1.1. Riqueza de especies.....	23
4.1.2. Curva de acumulación de especies y calidad del inventario.....	24
4.1.3. Comparación de los índices de riqueza específica y estructura con la prueba de U Mann-Withney	26
4.2. Medición de la diversidad beta	32

5. CONCLUSIONES	33
6. RECOMENDACIONES	34
7. LITERATURA CITADA.....	35
8. ANEXO.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características ecológicas de las dos localidades de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw.	12
Cuadro 2. Especies en estatus de riesgo encontradas en las dos localidades de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.	24
Cuadro 3. Valores de los rangos y la prueba estadística de los índices de diversidad alfa aplicados en las dos poblaciones de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw.	27
Cuadro 4. Índices de riqueza específica y estructura de dos localidades de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw.	27
Cuadro 5. Especies arbóreas y arbustivas con mayor cantidad de individuos en las dos localidades de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw.	30

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Localización de las áreas de estudio y sitios de muestreo en las dos poblaciones de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw.	11
Figura 2. Diagrama ombrotérmico de precipitación y temperatura en San Antonio Peña Nevada, Nuevo León.	13
Figura 3. Diagrama ombrotérmico de precipitación y temperatura en Miquihuana, Tamaulipas.	14
Figura 4. Proyección de las curvas de acumulación de especies en las dos poblaciones de <i>Pinus nelsonii</i> Shaw.	25

RESUMEN

Pinus nelsonii es el único pino piñonero que se encuentra separado del grupo de Cembroides y solamente se concentran sus poblaciones en los estados de San Luis Potosí, Nuevo León y Tamaulipas, siendo una especie actualmente en peligro de extinción. Es por ello la presente investigación tuvo como finalidad determinar la diversidad alfa y beta en dos localidades de *Pinus nelsonii* de la Sierra Madre Oriental. Se establecieron un total de 43 sitios circulares de 500 m² para la evaluación de especies arbóreas y arbustivas, 24 sitios corresponden a la población de Joya de San Lázaro, Nuevo León y 19 sitios en Miquihuana, Tamaulipas. Las especies arbóreas se midieron a partir de un diámetro normal >7.5 cm y en arbustivas mediante una categoría promedio de altura: 0.25 a 1.5 m, de 1.51 a 2.7 m y de más de 2.7 m, respectivamente. Se evaluó la riqueza específica en diversidad alfa con el índice de riqueza (S) y Margalef (D_{mg}), de dominancia de Simpson (λ), de diversidad de Shannon-Wiener (H') y de Pielou (\bar{e}) para la estructura. En Joya de San Lázaro se obtuvo una S =47, D_{mg} =2.2393, λ =0.1929, H' =1.9595, \bar{e} =0.8019 y mientras en Miquihuana una S =59, D_{mg} =2.8596, λ =0.1253, H' =2.2343, \bar{e} =0.8194. Además, se ajustó la curva de acumulación mediante la ecuación de Clench para la calidad del inventario, teniendo una proporción de especies esperadas de 94.97% en Miquihuana y 91.50% en Joya de San Lázaro. A cada uno de los índices de diversidad alfa se aplicó una prueba estadística de U Mann-Withney para comprobar si ambas poblaciones son iguales, indicando diferencias estadísticas significativas con el índice de Riqueza (P< 0.05), Margalef (P<0.05), Simpson (P<0.05), Shannon-Wiener (P<0.05) y resultando no significativo el índice de Pielou (P>0.05). Las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* presentan diferente riqueza y estructura, pero ambas con la misma equidad de Pielou. En diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud Jaccard (I_j) y Sorensen (CC) para la semejanza florística entre las dos poblaciones de *Pinus nelsonii*, obteniendo una similitud intermedia de I_j =56.92 % y parecidos con CC =72.53 %.

Palabras clave: pino piñonero, diversidad alfa, diversidad beta, curva de acumulación, similitud.

ABSTRACT

Pinus nelsonii is the only pinion pine that is separated from the Cembroids group and its populations are only concentrated in the states of San Luis Potosí, Nuevo León and Tamaulipas, being a species currently in danger of extinction. The present research aimed to determine the alpha and beta diversity in two localities of *Pinus nelsonii* in the Sierra Madre Oriental. A total of 43 circular sites of 500 m² were established for the evaluation of arboreal and shrub species, 24 sites correspond to the population of Joya de San Lázaro, Nuevo León and 19 sites in Miquihuana, Tamaulipas. The arboreal species were measured from a normal diameter > 7.5 cm and in shrubs by an average height category: 0.25 to 1.5 m, from 1.51 to 2.7 m and 2.7 m, respectively. The specific richness in alpha diversity was evaluated with the species richness index (S) and Margalef (Dmg), Simpson dominance (λ), Shannon-Wiener diversity (H') and Pielou (\bar{e}) for the structure. In Joya de San Lázaro the values were S =47, Dmg =2.2393, λ =0.1929, H' =1.9595, \bar{e} =0.8019 and while in Miquihuana were S =59, Dmg =2.8596, λ =0.1253, H' =2.2343, \bar{e} =0.8194. In addition, the accumulation curve was adjusted using the Clench equation for the quality of the inventory, it has a proportion of expected species of 94.97% for Miquihuana and 91.50% for Joya de San Lázaro. A U Mann-Whitney statistical test was applied to each of the alpha diversity indices to check if both populations are equal, significant statistical differences with the Richness index (P <0.05), Margalef (P<0.05), Simpson (P<0.05), Shannon-Wiener (P<0.05) and the Pielou index (P>0.05) was not significant. The two *Pinus nelsonii* populations present different richness and structure, but both with the same Pielou equity. In beta diversity, the similarity coefficient Jaccard (Ij) and Sorensen (CC) were used for the floristic similarity between the two *Pinus nelsonii* populations, obtaining an intermediate similarity of Ij = 56.92% and similarity with CC = 72.53%.

Key words: pinion pine, alpha diversity, beta diversity, accumulation curve, similarity.

1. INTRODUCCIÓN

México destaca el quinto lugar de los 17 países megadiversos, alberga el 12 % del 70 % de las especies conocidas (CONANP, 2018). Lo anterior es debido a que convergen dos zonas biogeográficas, la Neártica con presencia de zonas templadas y la Neotropical que incluyen las zonas tropicales, además, los diversos climas, orografías y geologías permiten el desarrollo de diferentes tipos de vegetación (Sarukhán *et al.*, 2017).

Por esta razón podemos apreciar las zonas áridas y semiáridas, ya que tienen una amplia distribución, abarcando más del 50% del territorio de nuestro país, alojando seis mil especies de plantas, donde más de la mitad de los taxos se consideran endémicas (González, 2012). Dentro de estas comunidades vegetales se encuentran los pinos piñoneros que son más afines a estas regiones (Farjon *et al.*, 1997). La relevancia de los piñoneros es que producen semillas llamadas piñones, desempeñando un papel importante al ser un sustituto de alimento para la fauna silvestre e incluso a los seres humanos (Fonseca, 2003).

La distribución de los piñoneros inicia desde los estados del norte hasta el centro del país, englobando diecinueve estados de la República Mexicana (Fonseca, 2003). En estos estados solo se citan doce especies de piñoneros de la sección Parrya, subsección *Cembroides* y *Nelsoniae*: *Pinus cembroides* Zucc de tres subespecies (*cembroides*, *lagunae* Rob. -Pass D.K. Bailey y *orizabensis* D.K Bailey), *P. edulis* Engelm., *P. monophylla* Torr. & Frém., *P. culminicola* Andresen & Beaman, *P. quadrifolia* Parl. ex Sudw., *P. pinceana* Gordon, *P. maximartinezii* Rzed., *P. remota* (Little) D.K Bailey & Hawksw., *P. johannis* Rob.-Pass., *P. rzedowskii* Madrigal & Caballero, *P. discolor* D.K Bailey & Hawksw. y *P. nelsonii* Shaw. (Sánchez-González, 2008).

Cabe señalar que *Pinus nelsonii* es la única especie que lo clasifican en la subsección *Nelsoniae*, separado del grupo de *Cembroides* (Gernandt *et al.*, 2005; Sánchez-González, 2008). Las características que lo hacen diferente a los demás piñoneros es que presenta unas acículas empalmadas, su corteza se torna un color gris claro, el estróbilo de café rojizo que se sostiene de un pedúnculo largo, curvado hacia abajo (Farjon *et al.*, 1997). Alcanza una altura de 5-10 metros, un diámetro de altura de pecho de 15 a 30 centímetros, ramas erectas, acículas de 3, raramente 4; de 4-10 centímetros de longitud (Farjon *et al.*, 1997; Lira, 2020). Según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 se encuentra en categoría (P) Peligro de Extinción (SEMARNAT, 2010). De la misma manera, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) lo cataloga en peligro de extinción (UICN, 2021).

La condición de estatus de riesgo se debe a la distribución restringida, localizándose al suroeste de Tamaulipas: Tula, Las Antonias, San Lázaro, Palmillas y Miquihuana. En otros estados, se localizan sus poblaciones hacia el sur de Nuevo León, cerca de los municipios de Zaragoza, Doctor Arroyo y Peña Nevada; La Taponá, Los Duraznillos y Pto. Membrillo en San Luis Potosí (Delgado y Piñero 2001; Estrada *et al.*, 2014). Su crecimiento es bajo un rango altitudinal de 1,600-2,450 msnm (Farjon *et al.*, 1997; Farjon, 2013), con una precipitación anual que oscila de 300 a 600 mm (Perry, 1991; Farjon, 2017).

En el suroeste de Tamaulipas se destaca la presencia de pinos, siendo el municipio de Miquihuana con mayor superficie, donde se registra dos tipos de piñoneros: *P. nelsonii* y *P. cembroides* (Ruiz *et al.*, 1997). Es por ello que algunos autores han incluido la población de Miquihuana en su línea de investigación (Delgado y Piñero, 2001; Luna-Cavazos *et al.*, 2008; Fernando-Luis *et al.*, 2015).

Por lo anterior, es importante realizar un estudio de diversidad de especies arbóreas y arbustivas en la población de Miquihuana, Tamaulipas y compararlo con la población de Joya de San Lázaro que se encuentra hacia el sur de Nuevo León.

1.1. Objetivos e hipótesis

Objetivo General: Comparar los índices de diversidad alfa de especies arbóreas y arbustivas en dos poblaciones de *Pinus nelsonii* de la Sierra Madre Oriental.

Objetivos específicos:

- a) Comparar la riqueza específica de la diversidad alfa en dos localidades de *Pinus nelsonii*, empleando el índice de riqueza de especies e índice de Margalef.
- b) Analizar la calidad del inventario de las dos localidades de *Pinus nelsonii*, empleando la curva de acumulación de especies (ecuación de Clench).
- c) Comparar la diversidad alfa a través de los índices de estructura de dos localidades de *Pinus nelsonii*, empleando el índice de dominancia Simpson, índice de diversidad de Shannon-Wiener e índice de Pielou.
- d) Determinar la similitud florística de las dos localidades naturales de *Pinus nelsonii*, empleando el coeficiente de similitud Jaccard y Sorensen.

Hipótesis nula

Los índices de diversidad alfa son iguales en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* de la Sierra Madre Oriental.

Hipótesis alterna

Los índices de diversidad alfa no son iguales en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* de la Sierra Madre Oriental.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos ecológicos, distribución y condición actual de *Pinus nelsonii* Shaw

El género *Pinus* es muy diverso en México, citando 46 especies (Sánchez-González, 2008). Dentro de esta gran diversidad de pinos, la región noreste de México donde incluyen el estado de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Aguascalientes e Hidalgo se registran 37 especies (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014). De estas, 24 corresponden al estado de Nuevo León (Gernandt y Pérez-de la Rosa, 2014) y 9 para Tamaulipas (Lira, 2020).

Entre estos dos estados ubicados en la Sierra Madre Oriental se hace presente las poblaciones de *Pinus nelsonii*, logrando establecerse especialmente en las regiones semiáridas y concentrando sus grandes poblaciones en la Sierra Peña Nevada Nuevo León-Tamaulipas (Farjon, 2017). *Pinus nelsonii* y otros piñoneros se caracterizan por tolerar las condiciones de climas secos o semisecos (Estrada *et al.*, 2014). Es por ello se ha mezclado con diversas especies, destacando las especies leñosas del matorral, sobre todo, género como *Quercus*, *Mahonia*, *Comorostaphylis*, *Brahea* y *Sophora*, así como las especies del género *Yucca*, *Dasyllirion* y también se asocia con *Pinus cembroides*, *Pinus remota* y *Juniperus spp* (Farjon, 2017). Es importante mencionar que existen especies indicadoras ecológicas de *Pinus nelsonii*, resaltando principalmente las siguientes especies: *Agave lechuguilla* Torr., *Euphorbia Antisyphilitica* Zucc., *Krameria cytisoides* Cav., *Brahea spp*, *Gochnatia hypoleuca* DC., *Fouqueria splendens* Engelm., *Dasyllirion longissimum* Lem., *Ptelea trifoliata* L., *Mimosa zygophylla* Benth, *Agave atrovirens* Karw. y *Karwinskia humboldtiana* (R. et S.) Zucc (Romero *et al.*, 1996).

García-Aranda *et al.* (2018) mencionan al clima como un factor de cambio que afecta la distribución de las especies, teniendo un estudio de la distribución potencial de tres piñoneros del noreste de México, en la que *Pinus nelsonii* arrojó una superficie de 219.6 km², resultando cuatro municipios del estado de Tamaulipas de mayor ocurrencia, Miquihuana, Bustamante, Jaumave, Palmillas y Tula, asimismo los municipios de Dr. Arroyo y Zaragoza del estado de Nuevo León.

Pinus nelsonii y otros piñoneros no tienen una amplia distribución en México, sino que se encuentran de manera local (Rzedowski, 2006), restringiendo sus poblaciones solamente en tres estados de la República Mexicana: Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas (Cuenca *et al.*, 2003). El último estado ha sido afectado a causa de los incendios forestales, especialmente el municipio de Miquihuana; desde hace 23 años se presentó el incidente que alteró una superficie de 8.62 km² en los bosques de *Pinus nelsonii* y *Pinus cembroides* (Mata *et al.*, 2010).

Por otro lado, es común que varias plagas afecten las comunidades piñoneras. Sin embargo, Ruiz *et al.* (1997) enlistaron las plagas asociadas de *Pinus nelsonii* y *Pinus cembroides* en el suroeste de Tamaulipas, en el caso de *Pinus nelsonii*, las plagas que lo afectan es la *Eucosma bobona* Kearfott, *Retina arizonensis* (Heinrich), *Leptoglossus occidentalis* Heideman y *Crematogaster sp.* De forma similar, Fernando-Luis *et al.* (2015) se enfocaron precisamente al grado de daño causado de la *Retina arizonensis* en bosques de *Pinus nelsonii* y *Pinus cembroides* del municipio de Miquihuana, Tamaulipas, reportando el 98% de árboles infestados de la primera especie y 99% del segundo.

2.2. Medición de la diversidad biológica

Antes de empezar a describir la forma de cómo medir la biodiversidad es importante dar a conocer el concepto de la diversidad biológica, refiriéndose a la “variabilidad de los organismos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos que

forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas” (Conabio, 2000).

Para medir la biodiversidad es en relación con la organización biológica, agrupándose en tres niveles; la primera es a nivel de población, se mide la biodiversidad por medio de la variación y la heterosis; la segunda con respecto a comunidad, estudia la biodiversidad dentro de un hábitat (biodiversidad α) y entre hábitats (biodiversidad β); y la tercera, mide la biodiversidad a nivel bioma (biodiversidad γ) (Halffter, 1994).

También, Carmona-Galindo y Carmona (2013) menciona que la biodiversidad engloba la diversidad genética, diversidad de especies y de la misma manera la diversidad del funcionamiento de los ecosistemas.

Por otro lado, Moreno (2001) propone los métodos para medir la biodiversidad en diferentes niveles, es decir, a nivel genético, especies y comunidades; en cuánto a especies existe la diversidad alfa, beta o gamma. El estudio de diversidad alfa es uno de los más populares, ya que toma en cuenta la cantidad de especies que existen en un área local (Rodríguez, 2009; Baselga y Gómez-Rodríguez, 2019). La diversidad beta se refiere a la variación de especies presentes entre dos o más comunidades, siendo comparadas de manera local o regional (Halffter *et al.*, 2005). La diversidad gamma contempla el conjunto de especies a nivel paisaje y para obtenerlo es el resultado de multiplicar la diversidad alfa con diversidad beta (Carmona-Galindo y Carmona, 2013).

2.3. Medición de la diversidad alfa

Una forma de medir la diversidad alfa es siguiendo la metodología de Moreno (2001), donde clasifica los métodos en dos partes, unos se encargan de la riqueza específica y la otra en relación de la estructura. La riqueza específica es uno de los métodos muy simples para saber la diversidad puntual de una comunidad vegetal y también nos da idea de los procesos ecológicos e históricos (Halffter *et al.*, 2001;

Ferriol y Merle, 2012). La estructura se mide empleando los índices de abundancia proporcional, estos definen la dominancia y equidad de una comunidad (Moreno, 2001). Existen expresiones matemáticas que miden la diversidad, mezclando la riqueza (número de especies) y la equitatividad (abundancia relativa) y se les conoce como índices de diversidad (Smith y Smith, 2007; Jost y González-Oreja, 2012).

Dentro de los índices que miden la riqueza específica, la forma más sencilla de estimarlo es utilizando el listado de especies y el índice de Margalef (Odum y Barrett, 2006). Además, existen las curvas de acumulación de especies para comprobar si realmente la riqueza de especies se está evaluando de manera correcta, puesto que son los más comunes (Escalante, 2003; Martella *et al.*, 2012). La acumulación de estas especies se va reflejando acorde a los sitios muestreados, pero llega en un punto donde ya no se registran más especies, aunque se aumente los sitios de muestreo, alcanzando un número máximo de especies y es cuando la curva de acumulación tiende a mostrar un comportamiento asintótico (Escalante, 2003). Para determinar el ajuste de las curvas de acumulación se distinguen dos modelos matemáticos, la ecuación de Clench y la función exponencial negativa, la primera solamente es empleado cuando la superficie es grande y en áreas pequeñas es adecuado la función exponencial negativa (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003).

En cuanto a la estructura, los índices más comunes de abundancia proporcional es la de Shannon y Pielou (Moreno, 2001; Odum y Barrett, 2006). De igual forma, Magurran (2005) menciona al índice de Shannon-Wiener y Simpson como las más conocidas.

En un estudio realizado por Cerda (2020) utilizó el índice de Margalef y Shannon-Wiener para un estudio ecológico de *Pinus cembroides*. De igual forma, Ortíz (2012) usó los mismos índices de diversidad en bosque de *Pinus cembroides* en la sierra

Zapalinamé, Coahuila, México y además Mata *et al.* (2014) en estudios de matorrales del noreste de México.

2.4. Medición de la diversidad beta

Las diferencias de especies entre sitios se pueden determinar mediante los índices de similitud o disimilitud (Rodríguez, 2009). Sin embargo, Koleff *et al.* (2003b) hacen una investigación de los tipos de ecuaciones que miden la diversidad beta, encontrando 24 formas que se basan principalmente con la presencia-ausencia de las especies. Pero, Magurran (1998) dice que los índices clásicos son el coeficiente de similitud de Jaccard y Sorensen. Estos dos índices comúnmente llamado binarios porque solamente toman en cuenta las especies presentes/ausentes y sin evaluar la cantidad de individuos (Badii *et al.*, 2008). En estudios de bosques de piñoneros han empleado el coeficiente de similitud Sorensen y Jaccard para la diversidad beta (Hernández y García, 1985; Luna-Cavazos *et al.*, 2008; Villarreal *et al.*, 2009).

2.5. Prueba estadística

La forma de contrarrestar las hipótesis planteadas es utilizando una prueba estadística, al escoger un método se debe verificar si los datos con la que se cuenta son muestras independientes o apareadas, refiriéndose a una muestra dependiente o pareada aquellos dos conjuntos de datos relacionados que fueron tomadas de la misma muestra, pero en diferentes tiempos, por ejemplo, un antes y después; si la condición no fue así se considera una muestra no pareada (Marques, 2001). Estas se clasifican en pruebas paramétricas y no paramétricas, para emplear la primera prueba se tiene que efectuar cuatro criterios importantes: los datos tienen que cumplir con el criterio de normalidad, varianzas iguales, muestras aleatorias y la variable dependiente medida a nivel de intervalo o razón (Juárez, 2002). La estadística no paramétrica es aquella que no se basa con el criterio de normalidad de los datos (Badii *et al.*, 2012). Otro criterio de las pruebas estadísticas es respecto al tamaño de muestra, en pruebas paramétricas deben ser como mínimo de 30

datos (Gómez-Gómez, 2003; Rubio y Berlanga, 2012) y en las pruebas no paramétricas inferiores a 30 muestras (Ramírez y Polack, 2019).

Cuando se quiere comparar dos muestras relacionadas es indicado la prueba de Wilcoxon y si se cuenta con dos muestras independientes se recomienda la prueba de U Mann-Whitney (Flores-Ruiz *et al.*, 2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de las áreas de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en dos áreas de distribución natural de *Pinus nelsonii*, la primera población se ubica en el paraje Joya de San Lázaro, municipio de General Zaragoza, Nuevo León. El rodal Joya de San Lázaro se encuentra en las coordenadas geográficas 23°48'18.98" de latitud norte y 99°53'57.43" de longitud Oeste, a una altitud de 2,200 m. El área de estudio cuenta con una superficie de 45.7 hectáreas, en la cual, se evaluaron 24 unidades muestrales (Figura 1). La segunda población se localiza en el municipio de Miquihuana, Tamaulipas. El rodal Miquihuana se sitúa en la siguiente coordenada geográfica 23°32'4.37" de latitud Norte y 99°47'41.71" de longitud Oeste, a una altitud de 1,875 m. En esta zona de estudio cuenta con una superficie de 141 hectáreas, donde se levantaron 19 sitios de muestreo (Figura 1). La digitalización de las dos áreas de investigación consistió que la vegetación tuviera características homogéneas en cobertura y por medio de los Sistemas de Información Geográfica (Google Earth) se obtuvieron los dos rodales de estudio (Figura 1). Con respecto a la ecología de las poblaciones de *Pinus nelsonii* podemos apreciar en el Cuadro 1 los cambios de clima, siendo un tipo de clima Bs1kx' "semiseco templado" en la población Joya de San Lázaro (INEGI, 2008), con temperatura media anual entre 12°C y 18°C, en el mes más frío oscila entre -3°C y 18°C, pero en el mes más cálido la temperatura es menor de 22°C y las lluvias en verano mayor del 18% anual (García, 2004). En Miquihuana registra un clima Cx' "subhúmedo templado" (INEGI, 2008), con temperatura media anual entre 12°C y 18°C (García, 2004). La población de Joya de San Lázaro se encuentra en la Región Hidrológica No.37 El Salado (CONAGUA, 2007).

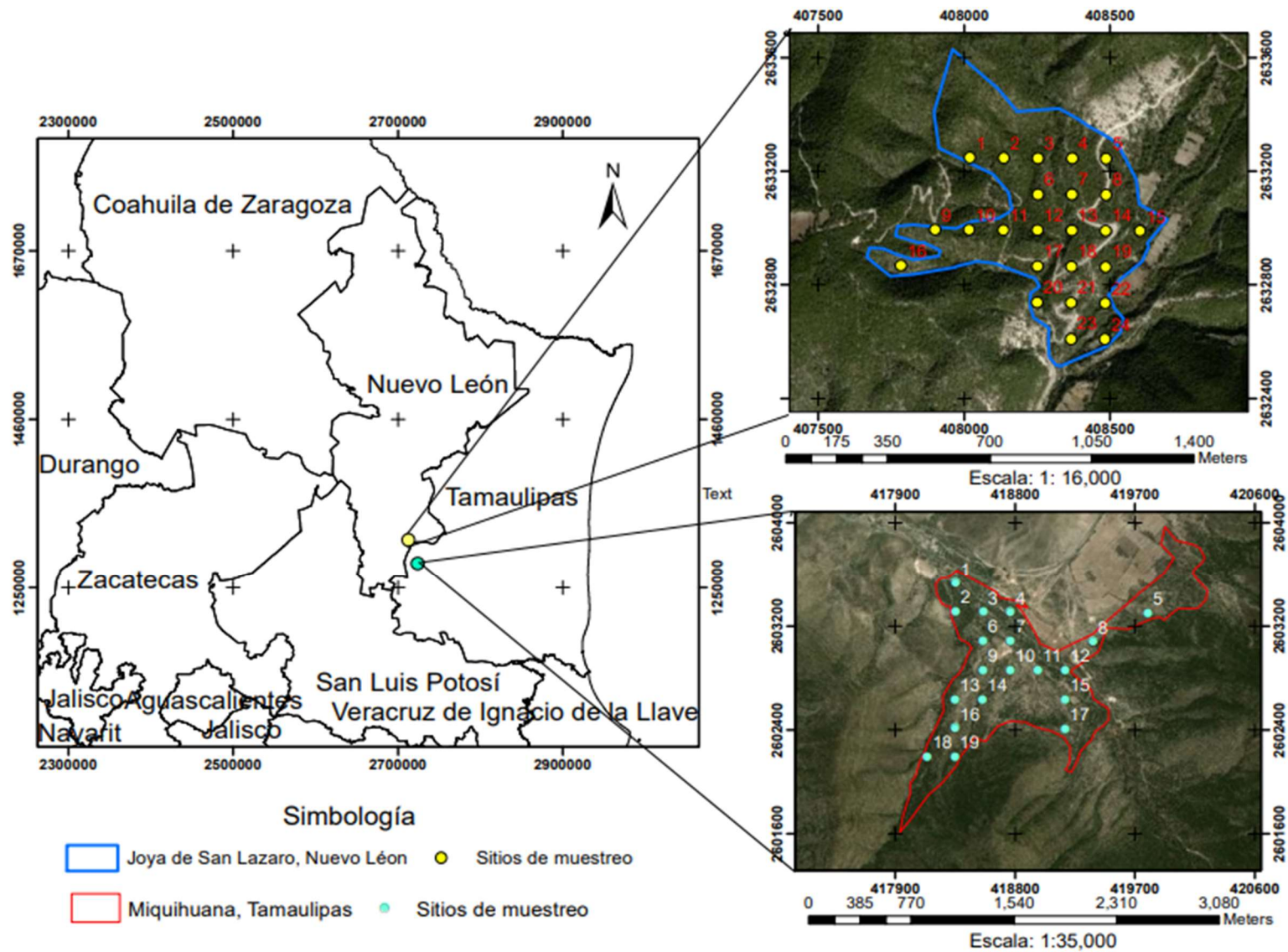


Figura 1. Localización de las áreas de estudio y sitios de muestreo en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* Shaw.

Cuadro 1. Características ecológicas de las dos localidades de *Pinus nelsonii* Shaw.

Población	Municipio	Estado	Clima ¹	Suelo ²	Vegetación ³	Hidrología ⁴
Joya de San Lázaro	General Zaragoza	Nuevo León	Bs1kx' El clima es semiseco templado La temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C, el mes más frío entre -3°C y 18° C, en el mes más cálido la temperatura es menor de 22°C. Las lluvias en verano > 18 % anual.	Litosol, Rendzina	Bosque de encino-pino Bosque de pino	Región hidrológica: El Salado
Miquihuana	Miquihuana	Tamaulipas	Cx' Clima subhúmedo con lluvias en todas las estaciones. La temperatura media anual ente 12°C y 18°C	Litosol	Bosques de pino Matorral desértico rosetófilo	Región hidrológica: el Salado y Panuco

¹Información obtenida de la carta climatológica, escala 1: 1,000,000 (INEGI, 2008; García, 2004).²Información obtenida de la carta edafológica, escala 1: 1,000,000 (INIFAP-CONABIO, 1995). ³Información obtenida de la carta de uso de suelo y vegetación, escala 1: 250,000 (INEGI, 2017). ⁴Información obtenida de la carta hidrológica, escala 1: 250,000 (CONAGUA, 2007).

La población de Miquihuana se ubica dentro de la Región Hidrológica No.37 Salado y en la Región Hidrológica No.26 Pánuco (CONAGUA, 2007). En relación con el tipo de suelo, domina el litosol en Joya de San Lázaro, mientras la población de Miquihuana predomina el suelo litosol y rendzina (INIFAP-CONABIO, 1995). De acuerdo a INEGI (2017), la localidad Joya de San Lázaro presenta bosques de pino y bosque de encino-pino, sin embargo, para Miquihuana un bosque de pino y matorral desértico rosetófilo.

De acuerdo a los datos del Sistema Meteorológico Nacional, en el período de (1998-2010) se registró un acumulado de precipitación de 369 mm en San Antonio Peña Nevada, Nuevo León, observándose en la Figura 2 las condiciones húmedas en los meses de abril a septiembre, siendo las épocas secas en enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre. Se escogió esta estación porque es la más cercana al rodal Joya de San Lázaro (CONAGUA, 2010).

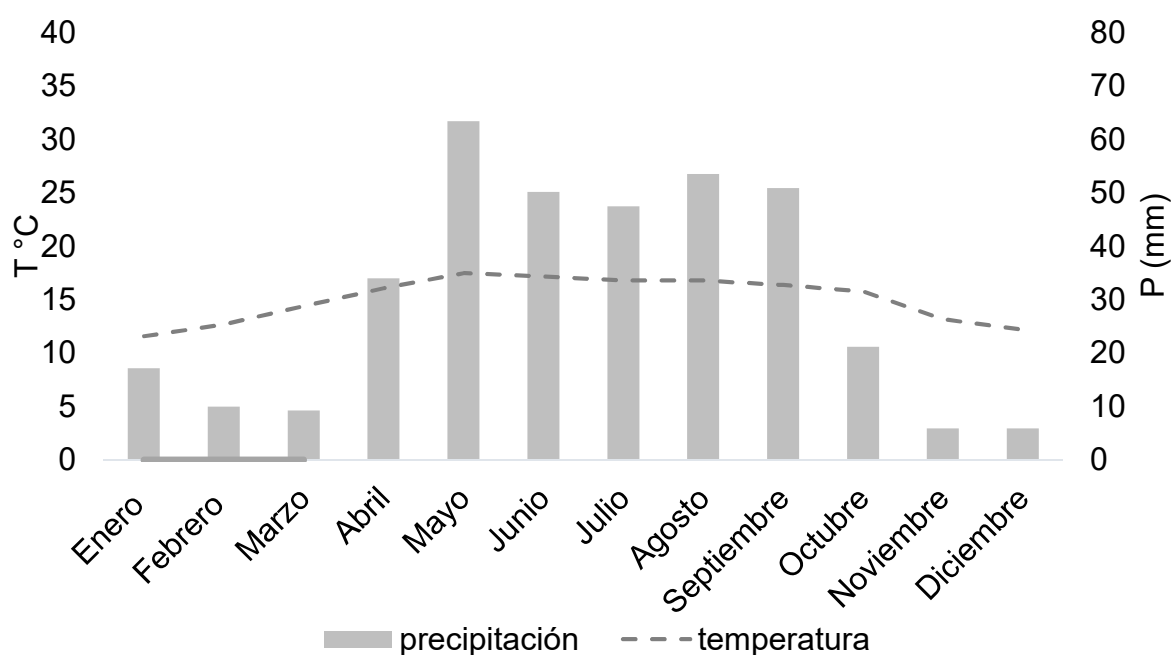


Figura 2. Diagrama ombrotérmico de precipitación y temperatura en San Antonio Peña Nevada, Nuevo León.

Los datos del diagrama ombrotérmico se obtuvieron de la estación meteorológica de San Antonio Peña Nevada número 00019159, ubicada en la siguiente coordenada geográfica: 23°44'46" de latitud N y 099°58'55" de longitud W, a una altitud de 1,491 m (CONAGUA, 2010).

A base de los datos del Sistema Meteorológico Nacional, durante el período de 1981-2010, la estación Miquihuana registró una precipitación de 335.4 mm, apreciando en la Figura 3 los meses de mayo a septiembre las de condición húmeda, no obstante, los períodos secos fueron en febrero, marzo, abril, octubre noviembre y diciembre (CONAGUA, 2010).

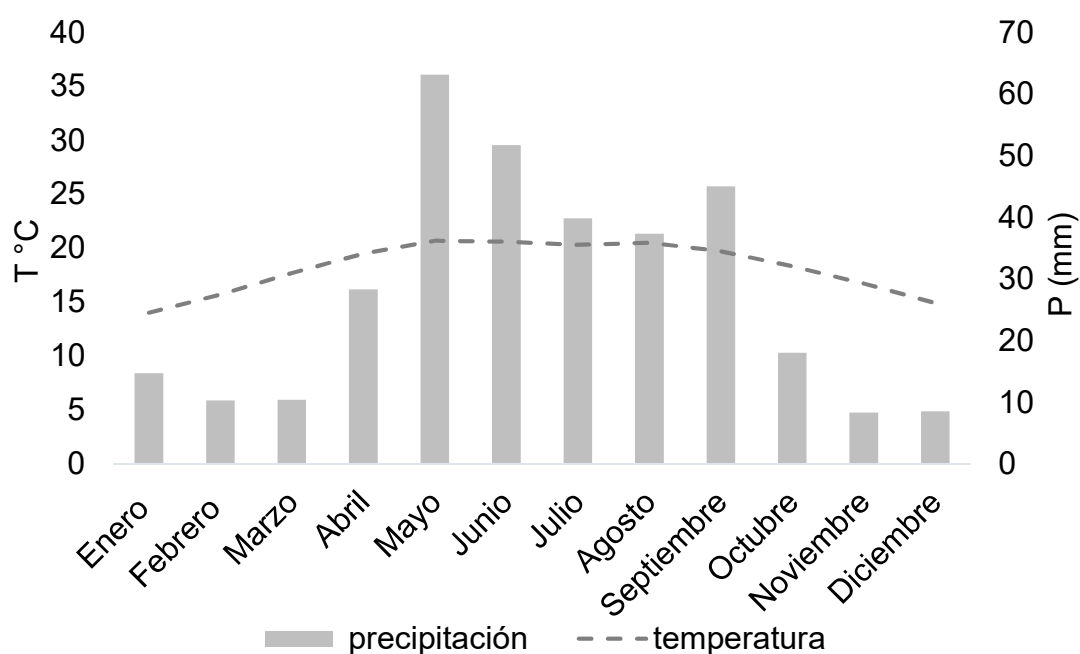


Figura 3. Diagrama ombrotérmico de precipitación y temperatura en Miquihuana, Tamaulipas.

El diagrama ombrotérmico se elaboró basándose en los datos del Sistema Meteorológico Nacional de la estación número 00028063, que se localiza geográficamente: 23°34'26" latitud N y 099°45'11" de longitud W, a una altitud de 1,851 m (CONAGUA, 2010).

3.2. Tipo de muestreo y metodología del inventario

El diseño de muestreo en cada uno de los rodales fue sistemático con un punto aleatorio en el programa Qgis 2.12. Este tipo de muestreo tiende a distribuir las muestras en toda la población, muestras más representativas, fáciles de ubicar y resultan ser económicos (Freese, 1970). La intensidad de muestreo aplicado en el rodal Joya de San Lázaro fue de 2.62% y en Miquihuana 0.67%.

El muestreo se desarrolló en dos etapas, la primera fue a mediados de septiembre del 2019, donde se evaluaron 15 sitios en la población de Miquihuana y 9 sitios en Joya de San Lázaro. El inventario realizado no cubrió los sitios planeados y se tuvo que programar otra salida para completar el muestreo. La segunda evaluación fue a finales del mes de mayo del año actual, evaluando 15 sitios en Joya de San Lázaro y en Miquihuana únicamente cuatro sitios. La baja cantidad de sitios en esta población es debido al incendio forestal que afectó la zona de estudio y en la parte de los anexos se integran evidencias fotográficas del disturbio que amenazó la población de *Pinus nelsonii* (Anexo 2).

En un estudio de matorrales han utilizado sitios circulares de 500 m², donde evaluaron especies arbóreas, matorrales y suculentas (Mata *et al.*, 2018). En los dos rodales del presente estudio se muestrearon 43 sitios circulares de 500 m² con un radio de 12.61 m para la evaluación de la vegetación mayor y menor. La medición de las especies fue a través de la metodología de BIOCUMUNI, que consiste en evaluar la vegetación arbórea en bosques y vegetación mayor de las zonas áridas y semiáridas a un diámetro normal mayor de 7.5 cm. Las variables dasométricas que se tomaron en cuenta fue la altura (m), diámetro de copa (m) y diámetro normal (cm) de cada especie. También, se cuantificaron las arbustivas que se encontraban en cada una de las categorías promedio de altura: 0.25 a 1.5 m, de 1.51 a 2.7 m y de 2.7 m, respectivamente (FMCN, CONAFOR, USAID Y USFS, 2018).

Las especies encontradas en cada localidad de *Pinus nelsonii* se recolectaron las muestras botánicas de las partes vegetativas. Estas se herborizaron para su identificación en el herbario ANSM de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que se localiza en el Departamento de Botánica. Una vez identificadas las especies con su nombre científico fueron corroboradas en la plataforma The International Plant Names Index (www.ipni.org).

Todos los datos registrados durante el inventario se capturaron utilizando el paquete estadístico Excel 16.0 para su mejor manejo al momento hacer los cálculos. Los índices de diversidad fueron calculados por sitio de muestreo usando las fórmulas de cada índice. Después se comprobaron los resultados en el programa Past 3.0 (Hammer *et al.*, 2001).

3.3. Índices empleados para estimar la diversidad alfa

En los estudios de diversidad de especies muchos consideran la diversidad alfa local (Moreno, 2001). A continuación, se describen las definiciones de cada índice de diversidad.

3.3.1. Índices de riqueza específica

Índice de riqueza de especies (S)

El índice de riqueza de especies es una medida muy conocida (Tuomisto, 2010). Este índice hace referencia al número de especies que hay en un determinado lugar y tiende incrementarse conforme al tamaño de muestra (Del Río *et al.*, 2003).

Índice de Margalef (D_{mg})

Dentro de los índices de riqueza específica se encuentra el índice de Margalef, basándose de manera directa la relación de las especies presentes y la totalidad de

los individuos (Villarreal *et al.*, 2006).

$$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$$

Dónde:

S= número de especies.

N= número total de individuos.

Curva de acumulación de especies y calidad del inventario

En la riqueza específica existe otro método para comprobar si la riqueza se está evaluando de manera correcta y es la curva de acumulación de especies (Martella *et al.*, 2012). En este caso se utilizó el modelo de Clench, ya que se basa en la probabilidad de agregar especies nuevas si se tiene mayor experiencia del inventario (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). El ajuste se realizó en el programa Sigma Plot 12.0 (SYSTAT SOFTWARE, 2011).

$$S_n = a \cdot n / (1 + b \cdot n)$$

Dónde:

a= tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario.

b= parámetro relacionado con la forma de la curva.

n= número de especies acumuladas.

Existen dos formas para determinar la calidad del inventario, la primera es con respecto a la pendiente al final de la curva y la segunda con la proporción de especies (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). Para calcularlo es con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Pendiente} = \frac{a}{(1 + b \cdot n)^2}$$

Dónde:

a y b= son los parámetros de la regresión de Clench.

n= esfuerzo de muestreo.

$$\text{Proporción de especies} = \frac{S_{\text{obs}}}{a/b}$$

Dónde:

S_{obs} = número de especies observados durante el muestreo.

a y b= son los parámetros de la regresión de Clench.

3.3.2. Índices de estructura

Índice de Simpson

El índice de dominancia Simpson es uno de los más conocidos, donde manifiesta la probabilidad de tomar de manera aleatoria dos individuos dentro de una muestra, sea la misma especie (Magurran, 2005).

$$\lambda = \sum P_i^2$$

Dónde:

P_i : es la abundancia proporcional de la especie i, es decir el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Shannon-Wiener (H')

El índice de Shannon-Wiener es uno de los índices de diversidad más utilizados (Moreno *et al.*, 2011). A partir de este índice se determina si una comunidad es heterogénea considerando la cantidad de especies observadas y la proporción de cada uno (Pla, 2006). Admite que la muestra debe ser de tipo aleatorio de una población indefinidamente grande y que todas las especies están incluidas (Magurran, 2004). Se calcula de la siguiente fórmula.

$$H' = - \sum p_i * \ln p_i$$

Dónde:

P_i: es la proporción de individuos que se encuentra en la i-ésima especie.

Ln P_i: logaritmo natural de P_i.

El índice Shannon emplea logaritmos al calcular la diversidad, de las cuales son naturales, de base dos y de base 10, pero normalmente ocupan el logaritmo natural; el resultando del índice es importante especificar el logaritmo con las abreviaciones, por ejemplo, si utilizamos logaritmos naturales se deben expresar en *nats*, las de base 2 en *bits* y las de base 10 en *decits* (Jost y González-Oreja, 2012).

Índice de Pielou

Pielou es una de las más empleadas porque nos da idea de cómo se distribuyen las especies, reflejando si una comunidad es uniforme o equitativo. Para calcularlo es el resultado de dividir la diversidad Shannon con la máxima especies esperada. (Odum y Warrett, 2006; Ferriol y Merle, 2012).

$$\bar{e} = \frac{\bar{H}}{\ln S}$$

Dónde:

\bar{H} = índice de diversidad de Shannon-Wiener.

$\ln S$ = logaritmo natural de las especies.

Su valor va de un intervalo de 0 a 1, en la cual, el uno indica que las especies tienen las mismas abundancias (Magurran, 1998).

3.3.3. Prueba estadística U Mann-Withney

La prueba de U Mann-Withney es empleada si se cuenta con unas muestras independientes, aquellos datos que no tienen una distribución normal y es similar a la prueba de t student (Galindo-Domínguez, 2020). La comparación lo efectúa a partir de la tendencia central de dos muestras y no siempre tienen que ser las mismas cantidades de muestras y teniendo como referencia la hipótesis nula de que las dos muestras son iguales en la tendencia central (Guisande *et al.*, 2006). Para el análisis estadístico se usó el programa SPSS 22.0 (IBM Corp, 2017).

Para el cálculo del U estadístico, media, varianza, y el valor de z se utilizaron las siguientes ecuaciones tomadas de (Levin y Rubin, 2004).

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1$$

Forma alternativa para el estadístico U

$$U = n_1 n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2$$

Dónde:

U y U' = valores de la prueba de U Mann-Withney.

n_1 = número de elementos en la muestra 1.

n_2 = número de elementos en la muestra 2.

R_1 = sumatoria de los rangos de los elementos en la muestra 1.

R_2 = sumatoria de los rangos de los elementos en la muestra 2.

Media de la distribución muestral de U

$$\mu U = \frac{n_1 n_2}{2}$$

Error estándar del estadístico de U

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 n_2 + 1)}{12}}$$

Estandarizar la estadística U

$$z = \frac{U - \mu U}{\sigma_u}$$

3.4. La diversidad beta

La diversidad beta se analizó por medio de los índices de similitud/disimilitud para expresar la semejanza florística entre los hábitats (Martella *et al.*, 2012).

Coefficiente de similitud Jaccard

Para estimar la similitud con el índice de Jaccard se utilizan los datos de presencia-ausencia de las especies, adquiriendo valores de 0 cuando las especies son completamente diferentes y valores de 1 si ambas comunidades integran las mismas especies (Moreno, 2001). Se determinó de la siguiente fórmula:

$$I_j = \frac{c}{a+b-c}$$

Dónde:

a= número de especies presentes en el sitio A.

b= número de especies en el sitio B.

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B.

Coeficiente de similitud Sorensen

El coeficiente de Sorensen se usa para medir la similitud entre las comunidades y se enfoca solamente en la presencia y ausencia de las especies, sus valores van de 0 a 1, si arroja una similitud de cero quiere decir que no existen especies en común, pero si el valor es 1 nos indica que ambas comunidades tienen las mismas especies (Smith y Smith, 2007).

$$CC = 2c/(S_1+S_2)$$

Dónde:

CC= coeficiente de comunidades de Sorensen.

2c= número de especies en común para las dos comunidades.

S₁= número de especies de la comunidad 1.

S₂= número de especies de la comunidad 2.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Medición de la diversidad alfa

4.1.1. Riqueza de especies

En las dos localidades de *Pinus nelsonii* fueron identificadas 28 familias, 53 géneros, 65 especies (Anexo 7). De estos, 28 familias, 47 géneros y 59 especies se registraron en la población de Miquihuana; 21 familias, 40 géneros y 47 especies, corresponden a la población Joya de San Lázaro. Los resultados son superiores a lo encontrado por Fernando (2017), agrupando 17 familias, 24 géneros y 33 especies al evaluar tres ambientes ecológicos en bosques de *Pinus nelsonii* y *Pinus cembroides* en el municipio de Miquihuana, Tamaulipas. En cambio, la composición florística reportada por José (2015) es mayor que el presente estudio, integrando 32 familias, 59 géneros y 82 especies en seis poblaciones de *Pinus johannis* del noreste de México. De igual manera, Villarreal *et al.* (2009) citan 78 familias, 247 géneros, 446 especies y más 4 especies infraespecíficas adicionales en bosques de *Pinus pinceana* Gordon. La alta riqueza de especies de José (2015) está relacionada con las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas. Villarreal *et al.* (2009) realizaron un censo de las plantas vasculares en 14 poblaciones de *Pinus pinceana*.

La población de Miquihuana tuvo mejor representación en especies la familia Fabaceae (siete), después le sigue la familia Rosaceae, Asparagaceae y Anacardiaceae con cuatro especies y la familia Cactaceae, Asteraceae con tres especies cada una. Algo similar ocurre en la población de Joya de San Lázaro, siendo la familia más rica en especies la Fabaceae (seis), enseguida la familia Rosaceae y Asparagaceae con cinco especies y la familia Asteraceae, Anacardiaceae con tres especies cada una. En estas dos poblaciones podemos apreciar que la familia Fabaceae es la más importante en las dos localidades de *Pinus nelsonii*. La diversidad de esta familia es porque se encuentran dentro de las

25 más diversas de México, ocupando el segundo lugar con 1,903 especies (Villaseñor, 2016).

En el Cuadro 2 se enlista la familia Cactaceae, Asparagaceae y Pinaceae que cuentan con especies bajo categoría en riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, siendo las dos últimas familias afectadas por el incendio en el área de estudio (Anexo 4) y que deben atenderse para su conservación. Las especies en riesgo son las siguientes: *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto, *Pinus nelsonii* y *Dasyllirion quadrangulatum* S. Watson. Las dos primeras especies se encuentran bajo categoría de protección especial (Pr) y la tercera en peligro de extinción (P) (SEMARNAT, 2010).

Cuadro 2. Especies en estatus de riesgo encontradas en las dos localidades de *Pinus nelsonii* Shaw de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Nombre científico	Familia	NOM-059-SEMARNAT-2010
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	Cactaceae	Pr
<i>Dasyllirion quadrangulatum</i> S. Watson	Asparagaceae	Pr
<i>Pinus nelsonii</i> Shaw	Pinaceae	P

Pr: protección especial P: peligro de extinción (SEMARNAT, 2010)

4.1.2. Curva de acumulación de especies y calidad del inventario

El valor de R^2 en una regresión es importante porque indica el ajuste del modelo, el modelo es bueno si más se acerca a uno (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003). La población de Miquihuana obtuvo una $R^2= 0.9924$ y en Joya de San Lázaro una $R^2= 0.9930$. La pendiente al final de la curva es un factor que determina la calidad del inventario, se considera completo si se obtiene una pendiente menor a 0.1 (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), lo que no sucede con Miquihuana (0.23) y Joya de San Lázaro (0.24). La otra forma de comparar la calidad del inventario es con la proporción de especies esperadas (Jiménez-Valverde y Hortal, 2003), registrando el 94.97 % en Miquihuana y 91.50 % para Joya de San Lázaro. En estudios de comunidades vegetales muy pocos estudios evalúan la proporción de las especies

esperadas y en comparación de la fauna silvestre han ajustado la curva de acumulación con la ecuación de Clench y la función exponencial negativa, estableciendo que a partir del 90 % de las especies esperadas son aceptables para comparar dos comunidades (Moreno y Halffter, 2000). Mientras que Halffter (2001) a un 85 % de fauna estimada es admisible con el modelo de dependencia lineal y de Clench.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento de las curvas de acumulación de especies en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii*. La curva de acumulación de Miquihuana se asciende en los primeros sitios, pero en los sitios 12-18 se logra mantener con las mismas cantidades de especies y en el último sitio se registran cuatro especies nuevas por lo que la curva vuelve a aumentar. La población Joya de San Lázaro va en aumento en el sitio 1 al 15, no obstante, en el sitio 16 al 20 se conservan las mismas especies, los siguientes dos sitios aumentan a tres especies y en los dos últimos sitios se mantienen.

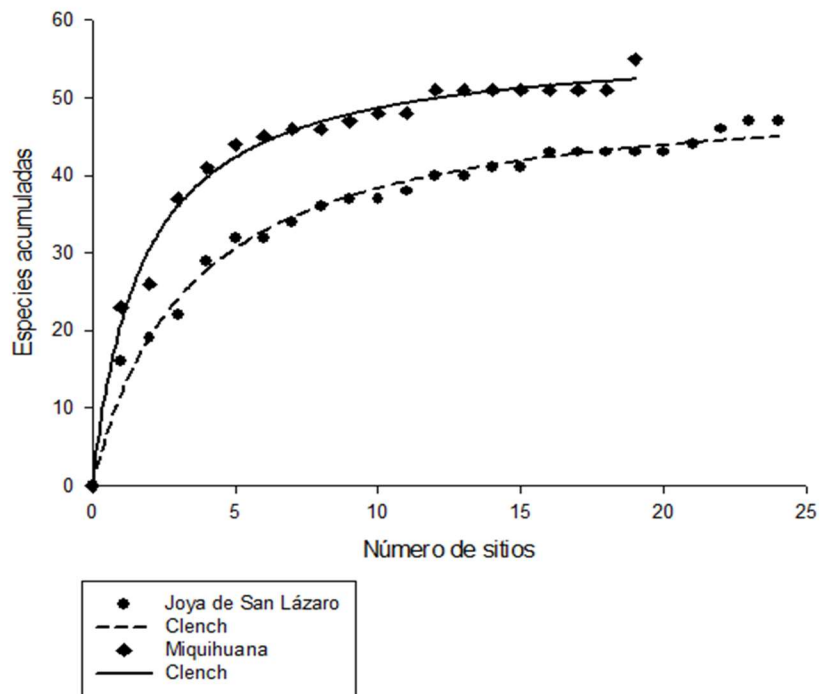


Figura 4. Proyección de las curvas de acumulación de especies en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* Shaw.

4.1.3. Comparación de los índices de riqueza específica y estructura con la prueba de U Mann-Withney

En el Cuadro 3 se observa que las dos localidades de *Pinus nelsonii* presentan diferencias estadísticas significativas en los índices de riqueza específica, con una significancia en riqueza ($P=0.002$) y en el índice de Margalef ($P=0.014$).

El tipo de vegetación puede influir en las diferencias de los índices de riqueza específica, ya que los bosques de piñoneros crean ecotonos al momento de mezclarse con otros tipos de vegetación, siendo los más comunes el matorral xerófilo, encinares arbustivos y pastizales (Rzedowski, 2006). Lo anterior se puede notar en el sitio de Miquihuana, donde se desarrollan los bosques de *Pinus nelsonii* y *Pinus cembroides*, creando una asociación vegetal al colindarse con los matorrales caulescentes y acaules y además al presentar un clima seco juega un papel importante en la diversidad de diferentes grupos taxonómicos con alto endemismo (Ríos y Treviño, 2014), como se observa en el Anexo 1. Sin embargo, la asociación vegetal de *Pinus nelsonii* cambia en las partes bajas de San Antonio Peña Nevada, estableciéndose entre los bosques templados y matorrales (García-Aranda *et al.*, 2018), como se aprecia en el Anexo 5 y 6.

McCain y Crytnes (2010) hicieron una proyección de cómo influye la temperatura con el número de especies, encontrando una relación positiva entre estas dos variables y existiendo una mayor cantidad de especies a mayor temperatura. En las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* pudo haber sido la temperatura en las diferencias de la riqueza, ya que existe un aumento de riqueza en Miquihuana a una temperatura promedio de 18.2°C a comparación de Joya de San Lázaro con una temperatura promedio de 15.1°C (CONAGUA, 2010).

Cuadro 3. Valores de los rangos y la prueba estadística de los índices de diversidad alfa aplicados en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* Shaw.

Variable	Riqueza específica						Estructura				
	Población	Riqueza		Margalef		Simpson		Shannon-Wiener		Pielou	
		Joya	Miquihuana	Joya	Miquihuana	Joya	Miquihuana	Joya	Miquihuana	Joya	Miquihuana
Rangos	N	24	19	24	19	24	19	24	19	24	19
	Rango promedio	16.85	28.5	17.81	27.29	26.83	15.89	18.13	26.89	20.67	23.68
	Suma de rangos	404.5	541.5	427.5	518.5	644	302	435	511	496	450
Prueba estadística	U Mann-Whitney	104.5		127.5		112		135		196	
	Z	-3.035		-2.458		-2.837		-2.274		-0.783	
	Significancia asintótica bilateral	0.002		0.014		0.005		0.023		0.434	

N= tamaño de muestras, suma de rangos (valor de R_1 y R_2), Z=distribución normal, P=significancia asintótica bilateral (confiabilidad del 95 %).

En la población de Miquihuana se obtuvo un índice de Margalef $D_{mg} = 2.8596$ y en Joya de San Lázaro $D_{mg} = 2.2393$ (Cuadro 4). Ambas poblaciones de *Pinus nelsonii* se consideran valores medios en riqueza de especies, teniendo en cuenta que los valores menores a dos se considera baja riqueza de especies y mayores o iguales a cinco altos en riqueza (Mora-Donjuán *et al.*, 2017).

Cuadro 4. Índices de riqueza específica y estructura de dos localidades de *Pinus nelsonii* Shaw.

Población	Riqueza específica		Estructura	
	Margalef	Simpson	Shannon-Wiener	Pielou
Miquihuana	2.8596	0.1253	2.2343	0.8194
Joya de San Lázaro	2.2393	0.1929	1.9595	0.8019

Los valores de Margalef en las dos localidades de *Pinus nelsonii* son inferiores a los valores de Cerda (2020) en la cual comparó cuatro condiciones de *Pinus cembroides* en el noreste de México, encontrando valores de Margalef en área incendiada exposición NE $D_{mg} = 3.095$, área incendiada exposición SW $D_{mg} = 4.661$, sin incendio exposición NE $D_{mg} = 3.553$ y sin incendio exposición SW $D_{mg} = 3.764$. Incluso son similares los valores de Margalef en la investigación efectuada por Mata *et al.* (2014), quienes evaluaron tres tipos de matorrales en el Valle de Santa Catarina del noreste de México, donde se hace presente *Pinus catarinae* en el

matorral desértico micrófilo, matorral submontano y matorral desértico rosetófilo ($D_{mg}=2.59$, $D_{mg}=2.527$ y $D_{mg}=2.503$, respectivamente). Cabe mencionar que Mata *et al.* (2014) realizó un censo de las especies suculentas, arbóreas, arbustivas y herbáceas; Cerda (2020) tomó en cuenta las tres últimas formas de crecimiento y la regeneración de arbustivas y/o arbóreas.

Los valores de Margalef estimados en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* son altos a los resultados de Graciano-Ávila *et al.* (2017), quienes documentan $D_{mg}=1.53$ en especies arbóreas de un bosque templado que se desarrollan en el noroeste de México; así como el estudio de Manzanilla *et al.* (2020) en especies arbóreas en los bosques templados que se ubican en el sur de Nuevo León, que varían sus valores de $D_{mg}=0.60$ a 1.207 ; también Dávila-Lara *et al.* (2019) en dos condiciones de manejo forestal en bosques templados del estado de San Luis Potosí obtiene valores bajos de $D_{mg}=1.55$ y $D_{mg}=1.24$, con respecto al presente estudio. Los bajos valores en los bosques templados son porque evaluaron solamente las especies arbóreas y en el presente estudio se consideraron las especies arbóreas y arbustivas. Además, los altos valores de Margalef en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* puede deberse a la vegetación de transición que ocurre en cada una de las poblaciones, en el caso de Miquihuana ocurre en una zona de transición de un bosque de pino y matorral desértico rosetófilo y en Joya de San Lázaro un bosque de pino y bosque de encino-pino (INEGI, 2017); ya que Alanís-Rodríguez *et al.* (2011) en un estudio mencionan que un bosque templado en transición con un matorral llegan a presentar mayor riqueza específica.

En el Cuadro 3 los índices de estructura mostraron diferencia estadísticamente significativa con el índice de dominancia Simpson ($p=0.005$), índice de Shannon-Wiener ($p=0.023$) y resultando no significativo el índice de Pielou ($p=0.434$).

Encina-Domínguez (2007) en un estudio de diversidad de bosques de encino de la Sierra Zapalinamé mencionan un aumento de diversidad y riqueza cuando se incrementan las temperaturas y sucede lo contrario si existe un ascenso de altitud

y aumento de precipitación. Estos factores pueden ser la causa de las diferencias en los índices de estructura en las dos poblaciones de *Pinus nelsonii*, ya que en la población de Miquihuana registró mayor riqueza y diversidad a una precipitación de 335.4 mm (CONAGUA, 2010) con una altitud de 1,875 m, a comparación de Joya de San Lázaro con una precipitación de 369 mm (CONAGUA, 2010) y a una altitud de 2,200 m.

También el factor altitud influye como una limitante en la asociación vegetal de *Pinus nelsonii*, logrando asociarse a mayores altitudes con piñoneros y juníperos, pero en menores altitudes lo podemos encontrar con matorrales semidesérticos, siendo representativo la familia Cactaceae y el género *Yucca sp.* (Farjon, 2017). Lo anterior se aprecia en el Cuadro 5, donde la localidad Joya de San Lázaro que sitúa a una altitud de 2,200 m se destacan cinco especies arbustivas con mayor número de individuos (*Rhus virens* Lindh. Ex A. Gray, *Sophora secundiflora* (Ortega) Lag. Ex DC., *Lindleya mespiloides* Kunth., *Fraxinus greggii* A. Gray y *Litsea parvifolia* Mez) y también sobresalen tres coníferas (*Pinus cembroides* Zucc., *Juniperus flaccida* Schltldl y *Pinus nelsonii*). Con respecto a la localidad de Miquihuana que se localiza a una altitud de 1,875 m se destacan más las especies arbustivas en número de individuos (*Dasyllirion cedrosanum* Trel., *Rhus virens* Lindh. Ex A. Gray, *Agave striata* Zucc, *Agave lechuguilla* Torr., *Opuntia rastrera* F.A.C. Weber, *Dodonaea viscosa* Jacq y *Karwinskia humboldtiana* S. Watson) y solamente *Pinus nelsonii* como especie arbórea.

El índice de Shannon-Wiener fue de $H' = 2.2343$ nats en Miquihuana y en Joya de San Lázaro $H' = 1.9595$ nats (Cuadro 4). Al interpretar los valores de Shannon, la población de Miquihuana es medianamente diverso y Joya de San Lázaro se considera de baja diversidad, por lo que valores menores a dos denotan baja diversidad y mayores a tres como altos en diversidad (Mora-Donjuán *et al.*, 2017).

La diversidad de Shannon de las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* se encuentran dentro del intervalo de los bosques de *Pinus johannis* del noreste de México,

variando de 1.822 a 2.333 nats (José, 2015); así como los valores de Cerda (2020) son similares en las áreas sin incendio exposición NE, sin incendio exposición SW, área con incendio exposición NE ($H' = 2.221$; $H' = 2.182$; $H' = 2.227$), pero bajos en el área incendiada exposición SW $H' = 2.746$. Los valores de Shannon son semejantes con los de Mata *et al.* (2014) de $H' = 1.908$ en matorral desértico micrófilo, $H' = 1.899$ en matorral submontano y $H' = 1.887$ en matorral desértico rosetófilo.

Cuadro 5. Especies arbóreas y arbustivas con mayor cantidad de individuos en las dos localidades de *Pinus nelsonii* Shaw.

Especies	Miquihuana		Joya de San Lázaro		
	Núm. individuos	Forma de crecimiento	Especies	Núm. individuos	Forma de crecimiento
<i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.	267	arbustiva	<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray	3 48	arbustiva
<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray	267	arbustiva	<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	334	arbórea
<i>Agave striata</i> Zucc	248	arbustiva	<i>Sophora secundiflora</i> (Ortega) Lag. ex DC.	290	arbustiva
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	242	arbustiva	<i>Juniperus flaccida</i> Schlttdl.	258	arbórea
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber	208	arbustiva	<i>Lindleya mespiloides</i> Kunth	219	arbustiva
<i>Pinus nelsonii</i> Shaw	200	arbórea	<i>Fraxinus greggii</i> A. Gray	199	arbustiva o arbórea
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	193	arbustiva	<i>Litsea parvifolia</i> Mez	195	Arbustiva
<i>Karwinskia humboldtiana</i> S. Watson	190	arbustiva	<i>Pinus nelsonii</i> Shaw	151	arbórea

En cambio, las dos localidades de *Pinus nelsonii* son menores al compararlo con Moreno (2014) de $H' = 3.613$, que evaluó las especies arbóreas y arbustivas de los bosques de pino a nivel comunidad en San Antonio Peña Nevada, Nuevo León, utilizando una línea de muestreo con puntos en cuadrante.

En el índice de Shannon-Wiener encontrado para las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* se consideran superiores a los estudios de bosques templados de Manzanilla *et al.* (2020) en la cual reportan que varía de $H' = 1.020$ a 1.686;

Graciano-Ávila *et al.* (2017) con un valor de $H' = 1.74$. Los altos valores de Shannon-Wiener puede ser debido a la zona de transición que ocurre en las poblaciones de *Pinus nelsonii*; puesto que Alanís-Rodríguez *et al.* (2011) encontró mayor diversidad en un área de transición de un bosque templado con un matorral.

En la localidad de Miquihuana se obtuvo una dominancia con el índice Simpson $\lambda = 0.1253$ y en Joya de San Lázaro $\lambda = 0.1929$ (Cuadro 4). El valor del índice varía de 0 a 1, donde los valores altos denotan baja diversidad y alta dominancia (Odum y Barrett, 2006). González-Elizondo (1993) evaluó por estrato arbóreo y leñoso en una asociación vegetal de *Quercus grisea-Quercus spp-Pinus cembroides* en Michililla, Durango y encontró mayor dominancia que las dos localidades de *Pinus nelsonii*, teniendo un valor promedio de los dos estratos de 0.445.

En estudios de bosques templados, Medrano *et al.* (2017) determinó la dominancia con el índice de Simpson en diferentes gradientes altitudinales en el Salto, Durango, variándose sus valores de 0.82 a 0.91. Manzanilla *et al.* (2020) reportaron sus valores de un intervalo de 0.553 a 0.796. Si comparamos estos datos con las dos localidades de *Pinus nelsonii* son bajos, ya que sus valores están más cercanos a uno y se consideran una vegetación homogénea (Campo y Duval, 2014).

El índice de Pielou en Miquihuana fue $\bar{e} = 0.8194$ y para Joya de San Lázaro $\bar{e} = 0.8019$ (Cuadro 4). Las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* registraron altos valores de equidad, teniendo en cuenta que los valores entre más se aproximen a uno son igualmente abundantes las especies (Campo y Duval, 2014). Los valores son análogos a los obtenidos por Moreno (2014) de 0.757, quién evaluó los bosques de pinos a nivel comunidad en San Antonio Peña Nevada, también a los resultados de González-Elizondo (1993) con un valor promedio del estrato arbóreo y arbustivo de 0.645.

Los valores de Pielou en Miquihuana y Joya de San Lázaro es muy parecido el valor en un área con manejo forestal y sin manejo, donde se evaluó especies arbóreas

de un bosque de pino-encino en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, registrando 0.7468 y 0.7721 respectivamente (García, 2019).

4.2. Medición de la diversidad beta

Al analizar la diversidad beta de las dos localidades de *Pinus nelsonii* mediante el coeficiente de similitud Jaccard arrojó un valor intermedio de 56.92%. Estas poblaciones comparten 37 especies (Anexo 8) de las 63 especies encontradas en las dos poblaciones (Anexo 7). Villarreal *et al.* (2009) encontraron un aumento de similitud al comparar las poblaciones de *Pinus pinceana* que se desarrollan en la región norte y una tendencia baja de similitud al comparar las de región norte y región sur.

En la población de Miquihuana y Joya de San Lázaro indicaron una similitud de Sorensen del 72.55%. Con la interpretación de Aguirre (2013) ambas poblaciones son muy parecidos al estar sus valores dentro del intervalo del 67 al 100%. Luna-Cavazos *et al.* (2008) determinaron la similitud de una población de *Pinus nelsonii* ubicada en Guadalcázar, San Luis Potosí con una población de Miquihuana, Tamaulipas, obteniendo una similitud menor del 25%. Hernández y García (1985) calcularon la similitud florística de los piñoneros del estado de San Luis Potosí, en la cual comparó la población de *Pinus pinceana* con la de *Pinus nelsonii*, encontrando una similitud del 23% y además comparó la población de *Pinus cembroides* con la de *Pinus nelsonii*, resultando una similitud del 28.5%.

5. CONCLUSIONES

Las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* de la Sierra Madre Oriental fueron diferentes con el índice de riqueza específica, índice de estructura y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, a excepción del índice de Pielou que fueron iguales y se acepta la hipótesis nula.

El inventario se considera bueno al compararlo con la proporción de especies esperadas.

Ambas localidades de *Pinus nelsonii* de la Sierra Madre Oriental presentan una diversidad beta intermedia.

6. RECOMENDACIONES

Complementar la riqueza y diversidad de especies con las demás poblaciones de *Pinus nelsonii* ya que cada población presenta diferentes aspectos ecológicos.

Seguir evaluando de manera frecuente por los cambios que se presentan en la localidad de *Pinus nelsonii* y sobretodo la presencia de incendios (Anexo 2, 3, 4).

7. LITERATURA CITADA

- Aguirre M., Z. 2013. Guía de métodos para medir la biodiversidad. Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 74 pp.
- Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., Valdecantos-Dema, A., Pando-Moreno, M., Aguirre-Calderón, O. y 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.
- Badii, M. H., Landeros, J. y Cerna, E. 2008. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 3(1): 632-660.
- Badii, M. H., Guillen, A., Araiza, L. A., Cerna, E., Valenzuela, J. y Landeros, J. 2012. Métodos No-Paramétricos de Uso Común. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 7(1): 132-155.
- Baselga, A. y Gómez-Rodríguez, C. 2019. Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 26: 39-45.
- Campo, A. M. y Duval, V. S. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía*, 34(2): 25-42.
- Carmona-Galindo, V. D. y Carmona, T. V. 2013. La diversidad de los análisis de diversidad. *Bioma*, 14: 20-28.

- Cerda M., J. F. 2020. Evaluación ecológica de un bosque de *Pinus cembroides* impactado por el fuego en el noreste de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 49 pp.
- CONABIO. 2000. Estrategia Nacional sobre biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 103 pp.
- CONAGUA. 2007. Carta hidrológica. Escala 1:250,000. Comisión Nacional del Agua. [En línea]. Descargado el 28 de mayo del 2021. Disponible: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- CONAGUA. 2010. Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. [En línea]. Descargado el 15 de agosto del 2021. Disponible: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/mapas-de-climatologia-1981-2010>.
- CONANP. 2018. México Megadiverso. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. [En línea]. Consultado el 22 de abril del 2021. Disponible: <https://www.gob.mx/conanp/articulos/mexico-megadiverso-173682>.
- Cuenca, A., Escalante, A. E. and Piñero, D. 2003. Long-distance colonization, insolation by distance and historical demography in a relictual Mexican pinyon pine (*Pinus nelsonii* Shaw) as revealed by paternally inherited genetic markers (cpSSRs). *Molecular Ecology*, 12: 2087-2097.
- Dávila-Lara, M. A., Aguirre-Calderón, Ó. A, Jurado-Ybarra, E., Treviño-Garza, E., González-Tagle, M. A. y Trincado, G. 2019. Estructura y diversidad de especies arbóreas en bosques templados de San Luis Potosí, México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(18): 399-409.

- Delgado V., P. y Piñero, D. 2001. Estructura poblacional, variación genética y conservación de cinco especies del género *Pinus*, endémicas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Informe Final SNIB-Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Proyecto No. R116. México, D.F. 83 pp.
- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I. y Montero, G. 2003. Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales*, 12(1): 159-176.
- Encina-Domínguez, J. A., Zarate-Lupercio, A., Valdés-Reyna, J. y Villarreal-Quintanilla, J. A. 2007. Caracterización ecológica y diversidad de los bosques de encino de la Sierra Zapalinamé, Coahuila, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 81: 51-63.
- Escalante E., T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos: Ciencia y Cultura*, 52: 53-56.
- Estrada C., A. E., Villarreal Q., J. Á., Salinas R., M. M., Cantú A., C. M., González R., H. y Jiménez P., J. 2014. *Coníferas de Nuevo León, México*. 1a Ed. Universidad Autónoma Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León, México. 145 pp.
- Farjon, A. 2017. *A handbook of the world's conifers*. Vol. 1 y Vol. 2. Second edition. Bill, Leiden-Boston, USA. 1153 pp.
- Farjon, A. 2013. *Pinus nelsonii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T32628A2822530. [En línea]. Consultado el 15 de junio del 2021. Disponible:<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T32628A2822530.en>.
- Farjon, A., Pérez D. L. R., J. A. y Styles, B. T. 1997. Guía de campo de los Pinos de México y América Central. In The Royal Botanic Gardens, Kew. Continental Printing, Bélgica. 151 pp.

- Fernando-Luis, I., Sánchez-Ramos, G., Martínez-Ávalos, J. G. y Reyes-Castillo, P. 2015. Evaluación del daño por *Retinia arizonensis* (*Heinrich*) (Lepidoptera: *Tortricidae*), parámetros estructurales y regeneración natural en *Pinus nelsonii* (*Shaw*) y *Pinus cembroides* (*Zucc*) en Miquihuana, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s), 31(3):367-379.
- Fernando L., I. 2017. Ecología y dendrocronología en pinos piñoneros (*Pinus nelsonii* Shaw y *Pinus cembroides* Zucc.) en el municipio de Miquihuana, Tamaulipas. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria, México. 103 pp.
- Ferriol M., M. y Merle F., H. 2012. Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 10 pp.
- Flores-Ruiz, E., Miranda-Novales, M. G. y Villasís-Keever, M. Á. 2017. El protocolo de investigación VI: cómo elegir la prueba estadística adecuada. *Estadística inferencial*. *Revista Alergia México*, 64(3): 364-370.
- FMCN, CONAFOR, USAID Y USFS. 2018. "Manual para muestrear la vegetación en bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas", BIOCOMUNI-Monitoreo Comunitario de la Biodiversidad, una guía para núcleos agrarios. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Comisión Nacional Forestal. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional. Servicio Forestal de los Estados Unidos. 32 pp.
- Fonseca J., R. M. 2003. De piñas y piñones. *Ciencias*, 69: 64-65.
- Freese, F. 1970. Muestreo forestal elemental. Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos. 98 pp.
- Galindo-Domínguez, H. 2020. *Estadística para no estadísticos: una guía básica sobre la metodología cuantitativa de trabajos académicos*. 1a Ed. Área de Innovación y Desarrollo, S. L. Alzamora, España. 143 pp.

- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 5a. Ed. Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México, México. 91 pp.
- García-Aranda, M. A., Méndez-González, J. y Hernández-Arizmendi, J. Y. 2018. Distribución potencial de *Pinus cembroides*, *Pinus nelsonii* y *Pinus culminicola* en el Noreste de México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 5(13): 3-13.
- García G., S. A., Narváez F., R., Olivas G., J. M. y Hernández S., J. 2019. Diversidad y estructura vertical del bosque de e en Guadalupe y Calvo, Chihuahua. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 10(53): 41-63.
- Gernandt, D. S. y Pérez-de la Rosa, J. A. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: 126-133.
- Gernandt, D. S., Geada L., G., Ortiz G., S. and Liston, A. 2005. Phylogeny and classification of *Pinus*. Taxon, 54(1): 29-42.
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C. y Vega-Franco, L. 2003. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuando usarlas. Revista Mexicana de Pediatría, 70(2): 91-99.
- González-Elizondo, S., González-Elizondo, M. y Cortes-Ortíz, A. 1993. Vegetación de la reserva de la biosfera "La Michililla", Durango, México. Acta Botánica Mexicana, 22: 1-104.
- González M., F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. 1a Ed. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 173 pp.
- Graciano-Ávila, G., Aguirre-Calderón, Ó. A., Alanís-Rodríguez, E. y 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):535-542.

- Guisande G., C., Barreiro F., A., Maneiro E., I., Riveiro A., I., Vergara C., A. R. y Vaamonde L., A. 2006. Tratamiento de datos. Díaz de Santos. España. 351 pp.
- Halffter, G. 1994. ¿Qué es la biodiversidad? Butlletí de la Institució Catalana d'Historia Natural, 62: 5-14.
- Halffter S., G. 2001. Parámetros para medir la biodiversidad y su cambio: 2a etapa, desarrollo de ejemplos. Instituto de Ecología A.C. Informe Final Sistema Nacional Sobre la Información de la Biodiversidad-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, proyecto No. K038. México, D.F. 94 pp.
- Halffter, G., Moreno, C. E. y Pineda, E. O. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. M&T-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza, España. 2:80 pp.
- Halffter, G., Soberón, J., Koleff, P. y Melic, A. (eds.) 2005. Sobre Diversidad Biológica: el Significado de las Diversidades Alfa, Beta y Gamma. m3m-Monografías 3er Milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Grupo DIVERSITAS & Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Zaragoza, España. 4: 242 pp.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D. 2001. Past: Paleontological Statistical Software Package for education and data analysis. Paleontología Electrónica 4(4): 1-9.
- Hernández R., A. y García M., E. 1985. Análisis estructural de los piñonares del altiplano potosino. Agrociencia, 62: 7-20.
- IBM Corp. 2017. IBM SPSS Statistics for Windows. Armonk, NY. IBM Corp. Retrieved. Disponible el 25 de septiembre del 2021. Disponible: <https://ibm-spss-statisticsbase.uptodown.com/windows>.

- INEGI. 2008. Carta climatológica. Escala 1:1000000. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Información. [En línea]. Descargado el 25 de mayo del 2021. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/#Descargas>.
- INEGI. 2017. Carta de uso de suelo y vegetación. Escala 1:250000. Instituto Nacional de Estadística Geográfica. [En línea]. Descargado el 20 de mayo del 2021. Disponible: <https://www.inegi.org.mx/temas/ususuelo/#Descargas>.
- INIFAP-CONABIO. 1995. Carta edafológica. Escala 1:000000. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [En línea]. Descargado el 13 de junio del 2021. Disponible: <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Jiménez-Valverde, A. y Hortal, J. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8:151-161.
- José F., E. 2015. Diversidad florística en seis poblaciones de *Pinus johannis* M.F.-Robert., en el noreste de México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, México. 68 pp.
- Jost, L. y González-Oreja, J. A. 2012. Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56 (1-2): 3-14.
- Juárez G., F., Villatoro V., J. A. y López L., E. K. 2002. Apuntes de Estadística Inferencial. Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente. México, D.F., México. 82 pp.
- Koleff, P., Gaston, K. J. and Lennon, J. J. 2003b. Measuring beta diversity for presence-absence data. *Journal of Animal Ecology*, 72: 367-382.
- Levin, R. I. y Rubin, D. S. 2004. Estadística para administración y economía. 7a Ed. Pearson Educación de México. Naucalpan de Juárez, Estado de México, México. 952 pp.
- Lira G., D. E. 2020. Guía Básica de Pinos Mexicanos. Bozkia. 137 pp.

- Luna-Cavazos, M., Romero-Manzanares, A. y García-Moya, E. 2008. Afinidades de la flora genérica de piñonares del norte y centro de México: un análisis fenético. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79: 449-458.
- Magurran, A. E. 1998. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, USA. 179 pp.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Science Ltd. Blackwell Publishing Company. Oxford, UK: 256 pp.
- Magurran, A. E. 2005. Biological diversity. *Current Biology*, 15(4): 116-118.
- Manzanilla Q., G. E., Mata B., J. M., Treviño G., E. J., Aguirre C., Ó. A., Alanís Rodríguez, E. y Yerena Y., J. I. 2020. Diversidad, estructura y composición florística de bosques templados del sur de Nuevo León. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 11(61): 94-123.
- Marques D.S., M. J. 2001. *Estadística Básica: un enfoque no paramétrico*. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México. 169 pp.
- Martella, M. B., Trumper, E. V., Bellis, L. M., Renison, D., Giordano, P. F., Bazzano G. y Gleiser, R. M. 2012. Manual de Ecología. Evaluación de la biodiversidad. *Reduca (Biología)*. Serie Ecología, 5(1): 71-115.
- Mata B., J. M., Treviño G., E., Jiménez P., J., Aguirre C., Ó., Alanís R., E. y Salinas C., W. E. 2010. Evaluación de la siembra directa con especies de pino en la restauración de un ecosistema semiárido-templado. *Ciencia Universidad Autónoma de Nuevo León*, 13(1): 72-77.
- Mata B., J. M., Treviño G., E. J., Alanís R., E., Chávez-Acosta, A. C., Rubio C., E. A., Mora O., A. y Martínez A., J. G. 2018. Estructura y diversidad de un matorral desértico micrófilo de *larrea tridentata* (dc.) coville en el noreste de México. *Interciencia: Revista de Ciencia y Tecnología de América*, 43(6): 449-454.

- Mata, M., Treviño, E., Valdecantos, A., Jiménez, J., Aguirre, O., Alanís, E. y Foroughbackhch, R. 2014. Diversidad y composición vegetal de matorrales en el Valle de Santa Catarina, en el noreste de México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1(3): 1-15.
- McCain, C. M. and Grytnes, J. A. 2010. Elevational Gradients in species richness. In: *Enciclopedia of Life Sciences (ELS)*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, UK. 10 pp.
- Medrano M., M. D. J., Javier H., F., Corral R., S. y Nájera L., J. A. 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40): 57-68.
- Mora-Donjuán, C. A., Burbano-Vargas, O. N., Méndez-Osorio, C. y Castro-Rojas, D. F. 2017. Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un bosque de encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 14(35): 68-75.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y tesis Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 1:83 pp.
- Moreno, C. E. and Halffter, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149-158.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E. y Pavón, N. P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4):1249-1261.
- Moreno T., A. 2014. Ecología del paisaje y cambio del uso de suelo y vegetación en la sierra San Antonio Peña Nevada, Zaragoza, Nuevo León. Tesis en Doctor en Ciencias. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, México. 247 pp.
- Odum, E. P. y Barrett, G. W. 2006. *Fundamentos de la Ecología*. 5a ed. International Thomson Editores. México, D. F. 598 pp.

- Ortíz B., R. M. 2012. Estructura y diversidad del bosque de *Pinus cembroides* Zucc de la Sierra de Zapalinamé, Coahuila, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. 47 pp.
- Perry, J. P. Jr. 1991. The pines of México and Central America. Timber Press, Inc. Portland, USA. 231 pp.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8):583-590.
- Ramírez R., A. y Polack P., A. M. 2019. Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizonte de la Ciencia*, 10(19): 191-208.
- Ríos C., F. E. y Treviño C., J. 2014. De los valles intermontanos a las montañas de Miquihuana, Tamaulipas. *Desde el Herbario. Centro de Información Científica de Yucatán*, 6: 16-19.
- Rodríguez, P. 2009. La diversidad beta de México: avances e implicaciones en la conservación de la biodiversidad. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Biodiversitas*, 84: 6-10.
- Romero M., A., García M., E. y Marrie-Francoise, P. 1996. *Pinus cembroides* s. l. y *Pinus johannis* del Altiplano Mexicano: una síntesis. *Acta Botánica Gallica*, 143(7): 681-693.
- Rubio H., M. J. y Berlanga S., V. 2012. Cómo aplicar las pruebas paramétricas bivariadas t de Student y ANOVA en SPSS. Caso práctico. *Revista dInnovació i Recerca en Educació*, 5(2): 83-100.
- Ruiz C., E., Coronado B., J. Ma. y Escamilla G., O. S. 1997. Insecto plaga de *Pinus cembroides* Zucc y *Pinus nelsonii* Shaw en el suroeste de Tamaulipas, México. *Biotam*, 8 (2 y 3): 41-48.

- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1ra Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p. [En línea]. Consultado el 15 de agosto del 2021. Disponible: https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/librosDig/pdf/VegetacionMx_Cont.pdf.
- Sánchez-González, A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y Bosques*, 14(1): 107-120.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., De la Maza, J., Pisanty, I., Urquiza H., T., Ruíz G., S. P. y García M., G. 2017. Capital natural de México. Síntesis: evaluación del conocimiento y tendencias de cambio, perspectivas de sustentabilidad, capacidades humanas e institucionales. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 126 pp.
- SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental- especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categoría de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Jueves, 30 de diciembre del 2010. 77 pp. [En línea]. Consultado el 23 de agosto del 2021. Disponible: <https://www.gob.mx/profepa/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>.
- Smith, T. L. y Smith, R. L. 2007. *Ecología*. 6a Ed. Pearson Educación, S.A., Madrid, España. 681 pp.
- SYSTAT SOFTWARE. Sigma Plot for Windows Versión 12.0. San José: Systat Software Inc., 2011.
- Tuomisto, H. 2010. A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33: 2-22.

- UICN. 2021. La Lista Roja de las especies amenazadas de la UICN. Versión 2021-2. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza Consultado el 24 de agosto del 2021. Disponible: <https://www.iucnredlist.org>.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2a. Ed. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 235 pp.
- Villarreal Q., J. Á., Mares A., O., Cornejo O., E. y Capó A., M. A. 2009. Estudio florístico de los piñonares de *Pinus pinceana* Gordon. Acta Botánica Mexicana, 89: 87-124.
- Villaseñor, J. L. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 87(3): 559-902.

8. ANEXO

Anexo 1. Primera evaluación de *Pinus nelsonii* Shaw en Miquihuana, Tamaulipas. Fotografía tomada el 13 de septiembre del 2019.



Anexo 2. Segunda evaluación de *Pinus nelsonii* Shaw en Miquihuana, Tamaulipas. Fotografía tomada el 21 de mayo del 2021.



Anexo 3. Pérdida de suelo en la población de *Pinus nelsonii* Shaw en Miquihuana, Tamaulipas. Fotografía tomada el 21 de mayo del 2021.



Anexo 4. *Pinus nelsonii* Shaw, *Pinus cembroides* Zucc y la familia Asparagaceae es afectada por el incendio. Fotografía tomada el 21 de mayo del 2021.



Anexo 5. Asociación vegetal de *Pinus nelsonii* Shaw en Joya de San Lázaro, Nuevo León. Fotografía tomada el 14 de septiembre del 2019.



Anexo 6. Hábitat de *Pinus nelsonii* Shaw en Joya de San Lázaro, Nuevo León. Fotografía tomada el 15 de septiembre del 2019.



Anexo 7. Especies, familia y forma de crecimiento de las dos poblaciones de *Pinus nelsonii* Shaw.

Especie	Familia	Forma de crecimiento
<i>Acacia amentacea</i> DC.	Fabaceae	Arbustivo
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	Agavaceae	Arbustivo
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dick	Asparagaceae	Arbustivo
<i>Agave striata</i> Zucc	Asparagaceae	Arbustivo
<i>Ageratina saltillensis</i> (B.L.Rob.) King & H. Rob.	Asteraceae	Arbustivo
<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K. Koch	Rosaceae	Arbustivo
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	Ericaceae	Arbustivo
<i>Bauhinia lunaroides</i> A. Gray	Fabaceae	Arbórea
<i>Bauhinia ramosissima</i> Benth. ex Hemsl.	Fabaceae	Arbustivo
<i>Brahea decumbens</i> Rzed.	Arecaceae	Arbustivo
<i>Brickellia laciniata</i> A. Gray	Asteraceae	Arbustivo
<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray	Asteraceae	Arbustivo
<i>Buddleja tomentella</i> Standl.	Buddlejaceae	Arbustivo
<i>Condalia ericoides</i> (A. Gray) M.C. Johnst.	Rhamnaceae	Arbustiva o arbórea
<i>Casimiroa edulis</i> S. Watson	Rutaceae	Arbustivo

<i>Chilopsis linearis</i> (Cav.) Sweet	Bignoniaceae	Árborea
<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	Ericaceae	Arbustiva o arborea
<i>Croton stipularis</i> (Müll. Arg.) G.L. Webster	Euphorbiaceae	Arbustiva o arborea
<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae	Arbustivo
<i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel.	Asparagaceae	Arbustivo
<i>Dasyllirion quadrangulatum</i> S. Watson	Asparagaceae	Arbustivo
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	Sapindaceae	Arbustivo
<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	Cactaceae	Arbustivo
<i>Echinocereus stramineus</i> Sencke ex J.N. Haage	Cactaceae	Arbustivo
<i>Ephedra aspera</i> Engelm. ex S. Watson	Ephedraceae	Arbustivo
<i>Euphorbia antisyphilitica</i> Zucc.	Euphorbiaceae	Arbustivo
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae	Arbustivo
<i>Fendlera linearis</i> Rehder	Hydrangeaceae	Arbustivo
<i>Fendlera rigida</i> I.M. Johnston	Hydrangeaceae	Arbustivo
<i>Forestiera reticulata</i> Torr.	Oleaceae	Arbustivo
<i>Fraxinus greggii</i> A. Gray	Oleaceae	Arbustiva o arborea
<i>Garrya ovata</i> Benth.	Garryaceae	Arbustivo
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A.Gray	Asteraceae	Arbustivo
<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.	Bromeliaceae	Arbustivo
<i>Juniperus flaccida</i> Schlttdl.	Cupressaceae	Árborea
<i>Karwinskia humboldtiana</i> S. Watson	Rhamnaceae	Arbustivo
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.	Krameriaceae	Arbustivo
<i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville	Zygophyllaceae	Árborea
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	Árborea
<i>Leucophyllum candidum</i> I.M. Johnston	Scrophulariaceae	Arbustivo
<i>Leucophyllum zygophyllum</i> I.M. Johnston	Scrophulariaceae	Arbustivo
<i>Lindleya mespiloides</i> Kunth	Rosaceae	Arbustivo
<i>Litsea parvifolia</i> Mez	Lauraceae	Arbustivo
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.	Fabaceae	Arbustivo
Morfoespecie 1		
Morfoespecie 2		
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber	Cactaceae	Arbustivo
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.	Pinaceae	Árborea
<i>Pinus nelsonii</i> Shaw	Pinaceae	Árborea
<i>Ptelea trifoliata</i> L.	Rutaceae	Arbustivo
<i>Purshia plicata</i> (D. Don) Henrickson	Rosaceae	Arbustivo
<i>Quercus galeanensis</i> C.H.Mull.	Fagaceae	Árborea

<i>Quercus oblongifolia</i> Torr.	Fagaceae	Arbórea
<i>Rhus microphylla</i> Engelm.	Anacardiaceae	Arbustivo
<i>Rhus pachyrrhachis</i> Hemsl.	Anacardiaceae	Arbustivo
<i>Rhus trifoliata</i> Willd	Anacardiaceae	Arbustivo
<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray	Anacardiaceae	Arbustiva o arbórea
<i>Rosa gallica</i> L.	Rosaceae	Arbustivo
<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.	Lamiaceae	Arbustivo
<i>Senna wislizeni</i> (A. Gray) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	Arbustiva o arbóreo
<i>Sophora secundiflora</i> (Ortega) Lag. ex DC.	Fabaceae	Arbustivo
<i>Tecoma stans</i> Juss.	Bignoniaceae	Arbustivo
<i>Vauquelinia corymbosa subsp. saltilloensis</i> W.J. Hess & Henrickson	Rosaceae	Arbustivo
<i>Vernonia spp</i>	Asteraceae	Arbustivo
<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey	Asparagaceae	Arbórea

Anexo 8. Especies compartidas en ambas poblaciones de *Pinus nelsonii* Shaw y exclusivas de cada localidad.

Especies compartidas	Especie exclusiva Miquihuana	Especie exclusiva Joya
<i>Acacia amentacea</i> DC.	<i>Bauhinia lunaroides</i> A. Gray	<i>Ageratina saltillensis</i> (B.L.Rob.) King & H. Rob.
<i>Agave lechuguilla</i> Torr.	<i>Brahea decumbens</i> Rzed.	<i>Bauhinia ramosissima</i> Benth. ex Hemsl.
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	<i>Brickellia laciniata</i> A. Gray	<i>Condalia ericoides</i> (A. Gray) M.C. Johnst.
<i>Agave striata</i> Zucc.	<i>Brickellia veronicifolia</i> (Kunth) A. Gray	<i>Dalea bicolor</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.
<i>Amelanchier denticulata</i> (Kunth) K. Koch	<i>Buddleja tomentella</i> Standl.	<i>Fendlera linearis</i> Rehder
<i>Arctostaphylos pungens</i> Kunth	<i>Chilopsis linearis</i> (Cav.) Sweet	<i>Forestiera reticulata</i> Torr.
<i>Casimiroa edulis</i> S. Watson	<i>Echinocactus platyacanthus</i> Link & Otto	<i>Leucophyllum zygophyllum</i> I.M. Johnst.
<i>Comarostaphylis polifolia</i> (Kunth) Zucc. ex Klotzsch	<i>Ephedra aspera</i> Engelm. ex S. Watson	<i>Quercus oblongifolia</i> Torr.
<i>Dasyllirion cedrosanum</i> Trel	<i>Euphorbia antisiphilitica</i> Zucc.	<i>Vauquelinia corymbosa subsp. saltilloensis</i> W.J. Hess & Henrickson

<i>Dasyliirion quadrangulatum</i> S. Watson	<i>Fendlera rigida</i> I.M. Jhonst.	<i>Vernonia</i> spp
<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	<i>Hechtia glomerata</i> Zucc.	
<i>Echinocereus stramineus</i> Sencke ex J.N. Haage	<i>Larrea tridentata</i> (DC.) Coville	
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	<i>Leucophyllum candidum</i> I.M. Johnst	
<i>Fraxinus greggii</i> A. Gray	<i>Rhus pachyrrhachis</i> Hemsl.	
<i>Garrya ovata</i> Benth.	<i>Salvia ballotiflora</i> Benth.	
<i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC.) A.Gray	<i>Senna wislizeni</i> (A. Gray) H.S.Irwin & Barneby	
<i>Croton stipularis</i> (Müll. Arg.) G.L. Webster	Morfoespecie 1	
<i>Juniperus flaccida</i> Schltld.	<i>Tecoma stans</i> Juss.	
<i>Karwinskia humboldtiana</i> S. Watson		
<i>Krameria cytisoides</i> Cav.		
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit		
<i>Lindleya mespiloides</i> Kunth		
<i>Litsea parvifolia</i> Mez		
<i>Mimosa biuncifera</i> Benth.		
<i>Opuntia rastrera</i> F.A.C. Weber		
<i>Pinus cembroides</i> Zucc.		
<i>Pinus nelsonii</i> Shaw		
<i>Ptelea trifoliata</i> L.		
<i>Purshia plicata</i> (D. Don) Henrickson		
<i>Quercus galeanensis</i> C.H.Mull.		
<i>Rhus microphylla</i> Engelm.		
<i>Rhus trifoliata</i> Willd		
<i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray		
<i>Rosa gallica</i> L.		
<i>Sophora secundiflora</i> (Ortega) Lag. ex DC.		
Morfoespecie 2		
<i>Yucca carnerosana</i> (Trel.) McKelvey		
