

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL



Diversidad de Especies Arbóreas en Gradiente Altitudinal del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Uruapan, Michoacán.

Por:

JONATAN SÁNCHEZ TORRES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

Diversidad de Especies Arbóreas en Gradiente Altitudinal del Pico de Tancítaro,
Santa Ana Zirosto, Uruapan, Michoacán.

Por:

JONATAN SÁNCHEZ TORRES

TESIS:

Presentada como requisito 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



M.C. Héctor Darío González López
Coasesor



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



Saltillo, Coahuila, México

Octubre 2019

Esta tesis ha sido apoyada por el Proyecto de Investigación de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro con clave No. 38111-4251103001-2175, Proyecto que pertenece al Departamento Forestal, a cargo del Profesor Investigador Dr. Celestino Flores López.

DEDICATORIA

A Dios primeramente por permitirme llegar hasta este día.

A mis padres, Domingo Sánchez Quezada (†) y Socorro Torres Melena (†), por darme la vida y por el tiempo que Dios me permitió tenerlos a mi lado, ya que con sus consejos, alientos, regaños me permitió ser un hombre de bien y sobre todo por nunca dudar de mí y exhortarme a seguir preparándome para ser la persona que ahora soy, por eso y mucho más gracias.

A mis hermanos Domingo, Jesús, Aziel, Reyna Ester y Sarai con quienes compartí los mejores momentos de mi infancia y por ser las personas con las que más puedo contar y siempre estar en los momentos de alegría y de tristeza y sobre todo por ser mis mejores amigos.

A mi cuñada Claudia Martínez y mis sobrinos porque siempre creyeron en mí y siempre me apoyo en todo momento

A María de la Luz Ozuna Rodríguez (†) por el tiempo que compartió en mi familia y por ser esa amiga que sin esperar nada a cambio me dio consejos para seguir siempre a delante.

A mis familiares, Tíos, primos y sobrinos, y en general a la familia Sánchez y familia Torres que siempre me apoyaron y vieron el bien por mí.

A mis amigos con los que siempre puedo contar: Erick Paul Vargas, Jesús Pérez, Adrián Rodríguez, Jazmín Martínez, Lizeth Avendaño, Lorenzo Montalvo, Alayla Guadalupe Ibarra, Zaira Guadalupe Ibarra, Brisaida Chávez, Xóchitl Moreno, Yonathan Eustaquio Piña.

A la familia Pérez Toribio por todo el apoyo durante toda la carrera, por permitirme ser parte de la gran familia.

A la familia Churape Melena ya que siempre me han abierto las puertas de su casa y considerarme como un miembro más de la familia.

AGRADECIMIENTOS

A mi *ALMA TERRA MATER* por permitirme forjarme como profesionista dentro de sus filas.

Al Dr. Celestino Flores López por los conocimientos impartidos y aceptar el reto de realizar este trabajo, por brindarme su confianza y ser un pilar en mí proceso de titulación y por brindarme su amistad.

Al Dr. José Ángel Villareal Quintanilla por sus consejos, asesoramiento y su valiosa aportación durante el trabajo.

Al MC. Héctor Darío González López quien siempre me animo a seguir luchando y nunca decaer, por ser una gran persona por sus consejos, paciencia y asesoramiento durante el trabajo.

Al MC. Juan Antonio Encina Domínguez, por su aportación en este trabajo.

Gracias a todo el personal del departamento forestal agradezco todas las enseñanzas durante mi formación.

A la Reserva de la Biosfera el Vizcaíno por permitirme realizar mis prácticas profesionales y a su personal que en el laboran por hacerme sentir en casa.

A las autoridades de la comunidad de Santa Ana Zirosto por permitirme realizar mi trabajo de tesis dentro de sus terrenos.

A mis compañeros de la carrera con los que compartí cinco años de esta hermosa travesía, con los que siempre luchamos por ser personas de bien.

A mis compañeros amigos quienes pusieron de su tiempo para ayudarme en el proceso del trabajo de campo: Alejandro Churape, Alejandro Sánchez, Lorenzo Montalvo, Luis Miguel España, Jesús Deceano, Deysi Mariel Gutiérrez y Carlos Gutiérrez.

A la familia Gámez Montes por su apoyo y amistad en mi estancia en Saltillo.

A los futuros ingenieros: Alejandro Churape, Aymer Montejo, Linder Deonicio Mazariegos y Ricardo Morales, que siempre sigan adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	v
ABSTRACT.....	6
1 INTRODUCCIÓN.....	7
1.1 Objetivos e Hipótesis.....	9
2 REVISIÓN DE LITERATURA.....	11
2.1 Descripción de la vegetación del Pico de Tancítaro.....	11
2.2 Concepto de diversidad de especies.....	12
2.3 Importancia de la diversidad de especies.....	13
2.4 Métodos para evaluar la diversidad de especies.....	13
2.5 Índices para evaluar la diversidad de especies y su interpretación.....	16
2.6 Importancia de las comunidades de <i>Abies-Pinus</i>	23
2.7 Factores antropogénicos o ambientales que afectan la diversidad de especies.....	25
3 MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Descripción del área de estudio.....	27
3.1.1 Ubicación geográfica.....	27
3.2 Muestreo y establecimiento de sitios permanentes.....	29
3.3 Determinación de índices de diversidad alfa y beta.....	31
3.4 Análisis de conglomerados de similitud para la diversidad beta.....	31
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1 Riqueza de especies.....	33
4.1.1 Esfuerzo de muestreo y riqueza de especies.....	34
4.2 Índices de estructura.....	37
4.2.1 Índices de dominancia.....	37
4.3 Índices de equidad.....	37

4.4 Índices de similitud para la diversidad beta.....	39
4.5 Dendrograma de agrupación para diversidad beta con el índice de similitud de Jaccard y Morisita.....	42
5 CONCLUSIONES.....	45
6 RECOMENDACIONES	46
7 LITERATURA CITADA	47
8 ANEXOS	57

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Aspectos físicos y ecológicos de las tres localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro.	30
Cuadro 2. Índices para la evaluación de la diversidad de especies alfa y beta del Pico de Tancítaro Santa Ana Zirosto, Uruapan, Michoacán..	32
Cuadro 3. Índices de riqueza de especies de las tres localidades de estudio en Pico de Tancítaro.	34
Cuadro 4. Esfuerzo de muestreo de las tres localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro.	36
Cuadro 5. Especies con las cuales no se trabajó en este estudio.....	36
Cuadro 6. Índices de dominancia de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro.	37
Cuadro 7. Índices de equidad de las localidades de estudio en el Pico de Tancítaro.	39
Cuadro 8. Comparación de pares para las localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el coeficiente de similitud de Jaccard.	39
Cuadro 9. Comparación de pares para las tres localidades en el Pico de Tancítaro con el coeficiente de similitud de Sorensen para datos cualitativos.....	40
Cuadro 10. Comparación de pares de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el índice de Sokal y Sneath.	40
Cuadro 11. Comparación de pares de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el índice de Ochai-Barkman.....	41
Cuadro 12. Comparación de pares de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el Índice de Morisita-Horn.....	41
Cuadro 13. Comparación de las tres localidades en el Pico de Tancítaro con el índice de Braun-Blanquet.	42
Cuadro 14. Comparación de pares para las tres localidades en el Pico de Tancítaro utilizando el coeficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Distribución de las localidades de estudio en el Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.	28
Figura 2. Ecuación de Clench ajustada para las curvas de acumulación de especies de las tres localidades en el Pico de Tancítaro. Santa Ana Zirosto, Michoacán.	35
Figura 3. Modelo de dependencia lineal o función exponencial negativa de las tres localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.	35
Figura 4. Dendrograma de análisis de agrupación de Jaccard para las localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.	43
Figura 5. Dendrograma de análisis de agrupación con el índice de Morisita para las localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.	43

RESUMEN

México es conocido por su gran riqueza en recursos naturales es por ello que el principal objetivo de esta investigación fue de evaluar la diversidad de especies en tres gradientes altitudinales dentro del Área Natural Protegida Pico de Tancítaro.

El trabajo se llevó a cabo dentro de los terrenos de la comunidad de Santa Ana Ziostro dentro del Municipio de Uruapan Michoacán, donde se establecieron tres rodales el primero en Los Pinos a 3100 msnm, el segundo en Tirimicuaró a 2700 msnm y el tercero en el lugar conocido como Pueblo Viejo, ubicado a 2400 msnm, donde se evaluaron sitios de 1000 m² con un muestreo sistemático, se consideraron solo los diámetros normales mayores de 2.5 cm.

Como resultado se encontraron 10 familias, 14 géneros y 23 especies, siendo la más numerosa la familia Fagaceae con 6 especies, seguida por las Pinaceae con 5 especies. Utilizando el índice de Margalef para las tres poblaciones, se obtuvo para Los Pinos (0.5020), para Tirimicuaró (2.1136) y para Pueblo Viejo (2.8519). El índice de Menhinich es para los Pinos (0.2015), Tirimicuaró (0.6465) y Pueblo Viejo (0.9138). Para el índice de McIntosh para Los Pinos (0.1901), Tirimicuaró (0.5524), Pueblo Viejo (0.6788); serie de Hill Los Pinos (1.1685), Tirimicuaró (1.9852), Pueblo Viejo (2.8545); Simpson (0.3723), Tirimicuaró (0.3191) y Pueblo Viejo (0.4389); Equidad de Pielou Los Pinos (0.6633), Tirimicuaró (0.3074), Pueblo Viejo (0.3522) y para Shannon-Wiener Los pinos (1.1685) Tirimicuaró (1.9852) y Pueblo Viejo (2.8547); para los índices de similitud solo se encuentra similitud significativa entre la población de Tirimicuaró y Pueblo Viejo.

La diversidad de especies se ve determinada por la exposición, tipo de suelo y en este caso por los gradientes altitudinales ya que donde se registraron más especies fue en el gradiente más bajo y con menores especies en el gradiente con mayor altitud.

Palabras claves: Diversidad de especies, *Abies religiosa*, índices de similitud.

ABSTRACT

Mexico is known for its richness in natural resources. The main objective of this research was to evaluate the diversity of species in three altitudinal gradients within the Area Natural Protegida of Pico de Tancítaro Area.

The study was carried out at the community of Santa Ana Ziostost area, within the Municipality of Uruapan Michoacán, where three stands were established, the first at Los Pinos at 3100 mamsl, the second at Tirimicuaro at 2700 mamsl and the third in Pueblo Viejo located at 2400 mamsl, where sites of 1000 m² were evaluated with a systematic sampling, where only diameters greater than 2.5 cm were taken into account.

As result 11 families, 14 genera and 23 species were found, being Fagaceae the richest family with 6 species, followed by the Pinaceae with 5 .Using the Margalef index for the three populations for Los Pinos (0.5020), for Tirimicuaro (2.1136) and for Pueblo Viejo (2.8519), with Menhinich for the Pines (0.2015), Tirimicuaro (0.6465) and Pueblo Viejo (0.9138). For the McIntosh index for Los Pinos (0.1901), Tirimicuaro (0.5524), Pueblo Viejo (0.6788); series of Hill Los Pinos (1.1685), Tirimicuaro (1.9852), Pueblo Viejo (2.8545); Simpson (0.3723), Tirimicuaro (0.3191) and Pueblo Viejo (0.4389); Equity of Pielou Los Pinos (0.6633), Tirimicuaro (0.3074), Pueblo Viejo (0.3522) and for Shannon-Wiener was Los Pinos (1.1685) Tirimicuaro (1.9852) and Pueblo Viejo (2.8547); for the indexes of similarity, only significant similarity is found between the population of Tirimicuaro and Pueblo Viejo.

The diversity of species will be determined according to the exposure, type of soil and in this case the altitude since where more species were recorded was in the lowest gradient and with smaller species in the gradient with higher altitude.

Keywords: Diversity of species, *Abies religiosa*, Similarity index.

1 INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica es importante para la humanidad, los ecosistemas proporcionan servicios ambientales, productos alimenticios, posibilidad de extraer diversos productos, captura del bióxido de carbono, recarga de los mantos acuíferos, proporciona materia orgánica al suelo y, embellece el paisaje, entre otros (CONABIO, 2006; SEMARNAT, 2011), México es un país conocido por su gran riqueza natural, además es mega diverso (INEGI, 1999); por lo tanto existe una diversidad de usos, manejo sustentable, legislación y servicios, para el buen manejo de los ecosistemas.

Dentro de esta gran diversidad biológica, destacan los tipos de vegetación: bosque de encino, bosque de pino-encino y bosque de coníferas. Dentro de los cuales los bosques de coníferas ocupan cerca del 15% de la superficie de México y son importantes por la producción de madera para la construcción, ebanistería, madera para combustible, celulosa para papel, triplay, resina, y semillas comestibles (Rzedowski, 2006).

De los tipos de bosque a resaltar, los bosques de pino-encino se distribuyen ampliamente a lo largo de las Sierras Madre Oriental y Occidental en el norte de México ocupando un 13.7% de la superficie terrestre de México, perteneciendo a uno de los tipos de vegetación forestal económicamente más importantes de México (Jiménez y Kramer, 1991; Jiménez *et al.*, 2001).

Sin embargo los ecosistemas de *Abies* sobresalen dentro de los ecosistemas dominados por las coníferas, aunque este género es el menos amplio de los bosques de coníferas sobre todo como bosques de montaña (Rzedowski, 2006; Fonseca, 2016).

Debido a la biodiversidad con la que cuenta México se establecieron Áreas Naturales Protegidas para su conservación, de las cuales en México existen 182 cada una con diferentes ecosistemas y riqueza tanto florística como faunística, estas áreas pueden ser Federales, Estatales, Municipales Comunitarias, Ejidales y Privadas. Están bajo el manejo de la CONANP, dichas áreas cuentan con diferentes categorías como: Reservas de la Biosfera, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Santuarios, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Monumentos Naturales y Parques Nacionales (CONANP, 2019). De aquí la importancia de realizar trabajos dentro de estas áreas para su conservación.

En esos bosques de montaña varios están en áreas destinadas a la conservación por la diversidad de especies que se encuentran en ellas. Una de estas localidades es el Pico de Tancítaro afectado por la presión de cultivos de aguacate e incendios. Cuenta con especies endémicas del lugar, producción de agua para comunidades cercanas a los municipios de Peribán de Ramos y Los Reyes (Hernández, 2014).

Algunas Área Naturales Protegida son Regiones Terrestres Prioritarias de México tal es el caso del Pico de Tancítaro la cual es el la numero RTP-114. Las Regiones Prioritarias se establecieron debido a la acelerada perdida y modificación de los ecosistemas durante las últimas décadas (Arriaga *et al.*, 2000).

Debido a la pérdida de especies y su hábitat ya que es uno de los problemas ambientales más severos debido a las actividades antropogénicas la tasa de extinción se ha incrementado en las últimas décadas. Las Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) se establecieron con el fin de fortalecer la conservación de especies protegiendo un mayor número de especies dentro de las ANP ya que se encuentran con gran riqueza biológica (Vázquez *et al.*, 2015; Dirzo y Raven, 2003).

Diversos investigadores que han realizado estudios dentro de la ANP la califican con un alto potencial de presencia de especies endémicas de las cuales destacan los reptiles para los cuales no se ha llevado a cabo ningún estudio detallado (Velázquez y Fuentes, 2004).

Dentro del estado de Michoacán se encuentra el municipio de Uruapan, la cual es la segunda ciudad más importante para el estado después de Morelia, Uruapan es conocida por su vasta exportación del conocido oro verde (*Persea americana*) ocupando el segundo lugar con una superficie de 14,878.00 ha representado un 17.4 % solo por debajo de Tancítaro con una superficie de 15,177.00 ha con un 17,7%. Durante la temporada 2003-2004, Uruapan presentó un incremento del 33% en sus exportaciones de aguacate para Estados Unidos (SAGARPA, 2005).

Los ecosistemas forestales han sido ampliamente modificados por la alta demanda del aguacate, lo que ha llevado a los lugareños a devastar una gran cantidad de áreas de *Pinus spp*, *Quercus spp*, entre otras hojosas y especies del lugar (Rubí-Arriaga *et al.*, 2013; Villanueva y Zepeda, 2018).

Desde la década de los 70 la actividad del aguacate comienza a tomar impulso estableciéndose en las áreas de cultivo, después en la década de los 80 en las áreas

del bosque localizadas en las laderas semicálidas suroccidente del Pico de Tancítaro para posterior ir ocupando más áreas del cultivo del aguacate (Velázquez y Fuentes, 2004).

Este aumento excesivo del cultivo del aguacate y la amenaza de la pérdida de biodiversidad deteriora la calidad de vida de los pobladores. Las principales causas de la pérdida de biodiversidad son la destrucción del hábitat, la introducción de especies nativas, la sobreexplotación de los recursos naturales, la acumulación de la contaminación y el mal uso de los recursos naturales (Hernández-Ramírez, 2014).

De acuerdo a Ponce (2017) entre los años 1995 y 2014 las plantaciones de aguacate dentro del Pico de Tancítaro han aumentado en un 82.5 % y las áreas boscosas han decaído un 3% en el mismo lapso de tiempo.

Por lo tanto la vegetaciones de estas áreas debería monitorearse sobre todo la diversidad de especies la importancia de conocer la distribución de la riqueza y abundancia de especies en un gradiente altitudinal, permitirá aclarar los patrones y procesos de diversidad biológica (Devries y Wallas, 2001).

Los estudios enfocados a la diversidad biológica en un gradiente altitudinal, los cuales permiten inferir la variabilidad de la composición, riqueza y abundancia de los distintos grupos de flora que conforman una comunidad o ecosistema, se verán reflejada la diversidad de especies por su composición la cual está asociada a la altitud, características del suelo (textura, pH, contenido de Carbono, profundidad, drenaje y nutrientes) así como el clima que se encuentra en las diferentes altitudes, es por ello que se deben de identificar los factores que controlan la distribución, la abundancia y la diversidad de especies dentro de las poblaciones o comunidades así como las restricciones regionales tales como clima y procesos históricos, la dispersión, especiación, migración y extinción (Fagua *et al.*, 1999; Ávila-Sánchez, 2018; Bach *et al.*, 2003; Ohmann y Spies, 1998).

Por esta razón el estudio se desarrolló en comunidad de Santa Ana Zirosto donde se cuenta con 5, 595-71-19.38 ha (DOF, 1990), de las 1, 540, 493 ha de bosques que cuenta Michoacán.

1.1 Objetivos e Hipótesis

Objetivo general: evaluar la diversidad de especies en un gradiente altitudinal dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro.

Los objetivos específicos fueron:

- Comparar la riqueza de especies para tres localidades altitudinales en el Pico de Tancítaro utilizando la riqueza específica (s), índice de Margalef (D_{Mg}), índice de Menhinick (D_{Mn}) y las funciones de acumulación de especies utilizando la ecuación de Clench y la función exponencial negativa.
- Comparar los índices de diversidad de estructura de especies leñosas entre tres gradientes altitudinales en el Pico de Tancítaro utilizando el Índice de Simpson, Serie de números de Hill, Índice de McIntosh, Índice de Shannon-Wiener, índice de equidad de Pielou e Índice de equidad de Hill.
- Determinación de la diversidad beta de las localidades en los tres gradientes altitudinales en el Pico de Tancítaro utilizando el coeficiente de similitud de Jaccard, el coeficiente de similitud de Sorensen, el índice de Sokal y Sneath, el índice de Braun-Blanquet, Índice de Ochiai-Barkman, Coeficiente de similitud de Sørensen para datos cuantitativos y el Índice de Morisita-Horn.
- Determinar la similitud de Jaccard y de Morisita-Horn utilizando dendrogramas de conglomerados en base a los índices de Jaccard y Moricita-Horn.

Hipótesis nula (H_0) e hipótesis (H_a):

H_0 : Los índices de diversidad Beta entre las tres localidades son disimilares.

H_a : Los índices de diversidad Beta entre las tres poblaciones son similares.

2.1 Descripción de la vegetación del Pico de Tancítaro

Los bosques de coníferas son los dominantes en las zonas templadas y frías del hemisferio norte, ya que caracteriza gran parte del territorio de México, donde representa amplia diversidad florística y ecológica, los bosques de coníferas prosperan en regiones de climas semiáridos, semihúmedos y con mayor frecuencia en los climas húmedos, sin embargo algunas pináceas solo se encuentran en condiciones edáficas específicas (Rzedowski, 2006).

De acuerdo con el proyecto H304 realizado en el Pico de Tancítaro y al mismo programa de manejo se determinó que el Pico de Tancítaro se compone de diversos tipos de vegetación, por lo que un porcentaje se encuentra con disturbio por cambio de uso del suelo. Los árboles se presentan en el bosque mesófilo de montaña, sobre todo a lo largo de las cañadas y cantiles, en áreas abiertas y cerradas del bosque de encino y del bosque de coníferas, el Pico de Tancítaro cuenta con 108 familias vasculares agrupadas en 297 géneros con 524 especies que de acuerdo en la NOM-ECOL-059-94, seis son raras, dos se encuentran en estatus amenazadas, dos sujetas a protección especial y por último se encuentra una en peligro de extinción (García, 2001; DOF, 2013).

Las regiones con mayor problema de deforestación para el cambio de uso de suelo son la meseta Purépecha y oriente del estado en los municipios de Zacapú, Purépero, Panindícuaro, Jiménez, Ziracuaretiro, Uruapan, Tancítaro y Zitacuaro. (PROFEPA, 2018)

Los principales géneros de plantas que se encuentran: *Salvia*, *Senecio*, *Pinus*, *Solanum*, *Gnaphalium*, *Eupatorium*, *Quercus* y *Lupinus*. A pesar del cambio y uso del suelo la flora del parque está bien representada, las cañadas y barrancas en donde se encuentra el bosque mesófilo de montaña representan los lugares con mayor biodiversidad (García, 2001).

De acuerdo al programa de manejo del ANP la especie (*Juniperus monticola* Martínez) enebro azul se encuentra presente la cual es de importancia por presentar categoría de Protección Especial de acuerdo a la NOM-059- SEMARNAT-2010. Así también, se encuentran macizos de pino (*Pinus hartwegii* Lindl), un tipo de vegetación de distribución restringida a las zonas altas así como el “zacatonal” o “páramo de altura” el cual se compone comúnmente de algunas la especies de gramíneas tales como: zacate

barbón (*Aegopogon cenchroides* Humb. Y Bonpl. ex Willd), *Bouteloua purpurea* Gould y *Kapadia*, zacate, pastos (*Festuca amplissima* Rupr y *Festuca breviglumis* Swallen), zacate (*Muhlenbergia macroura* (Kunth) Hitchc), zacate azul (*Poa annua* L), zacate (*Trisetum virlettii* E. Fourn. ex Hemsl), *Zeugites americanus* var. *mexicanus* (Kunth) McVaugh, vara de San Juan (*Phymosia rosea* Desv. Ex Ham), cedro blanco (*Cupressus lusitanica* Mill) especies sujetas a protección especial; la flor de tila (*Tilia mexicana* Schlecht) la cual se encuentra en peligro de extinción de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Hernández, 2014).

2.2 Concepto de diversidad de especies

Los primeros naturalistas observaron que las áreas tropicales contenían más especies de plantas y animales que las áreas templadas. Pero a medida que maduraron las ideas ecológicas y se introdujeron las ideas de medición cuantitativa, quedó claro que las ideas de diversidad de especies involucraban dos conceptos muy distintos (Krebs, 1999).

El término de diversidad es nuevo, ya que su uso se difundió en los años noventa. De acuerdo al convenio sobre la diversidad biológica aprobada en Río de Janeiro en 1992. Diversidad biológica o biodiversidad se define como: la variable de organismos vivos de cualquier fuente incluidos, entre otras, los ecosistemas terrestres y marinos; ya que comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y ecosistemas (Wilson, 2010).

La biodiversidad es la variedad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y complejos ecológicos; se comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas (LGEEPA, 2012).

La diversidad de especies es la forma que describe que tan heterogéneo es una población determinada en un lugar. La importancia de éste se enfoca en el funcionamiento óptimo de los ecosistemas, lo que se traduce en generar múltiples servicios ambientales vitales para los seres vivos (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

2.3 Importancia de la diversidad de especies

La diversidad de especies o diversidad biológica es importante ya que nos permite conocer la riqueza que alberga nuestro planeta en sus diversos ecosistemas desde desiertos, selvas, bosques, corales, ríos, lagos y mares, sin embargo la diversidad de especies va más allá ya que no solo se enfoca en plantas y animales; sino esto va más allá a nivel microorganismo donde se alberga una mayor diversidad (Villaseñor, 2005).

La diversidad biológica es importante para la humanidad esto debido a que los ecosistemas nos proporcionan servicios ambientales, productos alimenticios, captura de carbono, entre otros productos, por lo que surge la importancia del estudio de la biodiversidad (SEMARNAT, 2011).

Para asegurar la biodiversidad es necesario implementar políticas públicas como elementos indispensables; esto con el fin de que se reflejen cambios en el entorno socio-ambiental, así como de generar instrumentos, estrategias y acciones útiles para establecer objetivos (a corto, mediano y largo plazo) esto con el fin de detener y revertir el deterioro de la biodiversidad, realizando acciones y asignando recursos. Estos objetivos están planteados en el Convenio Sobre la Biodiversidad Biológica, la cual implementa acciones dirigidas a la conservación y el uso sustentable de la diversidad biológica de nuestro país, en concordancia con la Estrategia Nacional sobre Biodiversidad de México (enbm) y su actualización la Estrategia Nacional sobre biodiversidad en México y Plan de Acción 2016-2030 (ENBioMex), (CONABIO, 2018).

2.4 Métodos para evaluar la diversidad de especies

Diversos investigadores basan los estudios de diversidad de especies en tres componentes los cuales han llamado equitatividad, heterogeneidad y riqueza de especies, los cuales permiten que la medición de la biodiversidad sea más factible (Krebs, 1999; Moreno, 2001).

Gadow *et al.*, (2007) mencionan que para una correcta evaluación de la diversidad de especies se deben considerar cuatro características de medición: la riqueza, heterogeneidad, el grado de mezcla, y el valor de importancia ecológica.

Sin embargo Corral *et al.*, (2005) mencionan que para una correcta evaluación de dichas características es necesario emplear una serie de índices o variables que nos señalen estas características en pequeñas localidades o rodales.

Una característica que nos permite evaluar la diversidad de especies es la riqueza, su función principal es definir el número de especies presentes en un lugar determinado (Duran, 1995; Moreno, 2001).

Los índices que se utilizan para su medición son Margalef, Menhinick y Rarefacción (Moreno, 2001). Uno de los más utilizados índices para calcular la riqueza de especies es el índice de Meninick por su simplicidad de cálculo ya que transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra y supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos observados, que se incrementa al aumentar el tamaño de la muestra (Moreno, 2001).

Diversidad alfa (α)

La diversidad alfa o también conocida como diversidad primaria se refiere a la riqueza de especies de un lugar en específico (Whittaker, 1960). Sin embargo Halffter y Moreno (2001) la mencionan como la diversidad puntual debido a que refleja la relación ecológica que se encuentra en un área, los valores se expresan de la siguiente manera:

- 1) Número de especies que tiene una comunidad en una área determinada (diversidad Alfa puntual).
- 2) Obtener un promedio de los lugares correspondiente a diferentes comunidades (diversidad Alfa Promedio).
- 3) El número total de especies obtenidas de un punto determinado en un lapso de tiempo (diversidad Alfa acumulada).

Para calcular la diversidad Alfa hay una serie de índices los cuales se deben de aplicar, para calcularla se aplican los índices de Riqueza de especies y Margalef; esto para la riqueza específica, los índices de dominancia se aplica el Índice de Simpson ya que es el más claro, así como el índice de Shannon-Wiener ya que es el más utilizado (Baca, 2000).

Diversidad beta (β)

Hace referencia al grado de la variación en la composición de la comunidad, de igual manera al grado de diferencias de la comunidad, y con la relación del conjunto gradiente del ecosistema, o el patrón del ambiente, al cual se le asigna diversidad secundaria o beta (Whittaker, 1960).

En comunidades geográficas distintas, existirán especies diferentes y probablemente algunas comunes, la diversidad primaria nos señalara la tasa de cambio en especies de dos o más comunidades, reflejando la diferencia en la composición de las comunidades, y por ultimo nos mostrara la heterogeneidad del paisaje (Ferrior y Merle, 2012).

Sin embargo Halfter y Moreno (2005) menciona que la diversidad Alfa mide las diferencias o cambios de las especies en dos lugares, esto sucede cuando el levantamiento de datos se realiza en sitios distintos en un mismo tiempo o cuando se realizan en el mismo lugar pero en diferentes fechas.

Para conocer la diversidad Beta se tienen que aplicar diversos índices; índice de similitud/disimilitud o distancia dentro de este índice cualitativo aplicando el índice a) Jaccard y b) Sorenson; así como los índices cuantitativos y en este el índice de Morisita-Horn.

Diversidad gamma (γ)

Es importante mencionar esta diversidad por su importancia aunque para dicho trabajo no se tomó en cuenta.

Se define como la riqueza de especies de un grupo de habitats que resulta de la diversidad Alfa de comunidades individuales y sus diferencias. Sin embargo esta se limita en las comunidades donde se evalúan más de un tipo de diversidad.

Whittaker (1960) la define como la diversidad de especies de un conjunto de muestras de una comunidad, por las variaciones del entorno, y han sido combinadas ya que el valor es resultante de la diversidad Alfa y Beta.

Para Halffter y Moreno (2005) es el número de las especies del conjunto de las especies del conjunto de los sitios que integran el paisaje. Siendo la diversidad Gamma más completa de las tres ya que al referirnos a esta, se asocia a una extensión espacial y con una historia geomorfológica y evolutiva, y no solo a áreas grandes.

2.5 Índices para evaluar la diversidad de especies y su interpretación

La riqueza específica (S) es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que básicamente se basa en el número de especies presentes, pero no sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas. La forma más ideal de conocer la riqueza de especies (S) es realizando un muestreo completo en todas las comunidades deseadas, pero esto es solamente para los taxa ya conocidos (Moreno, 2001). A continuación se muestran los índices más usados.

Para la riqueza específica se utilizan cuatro índices, sin embargo para la estructura se utilizan los índices de abundancia proporcional, aquí en esta última se utiliza el índice de dominancia e índices de equitatividad.

Para la dominancia se utilizan cuatro índices, y para la equitatividad se utilizan siete índices.

Riqueza específica (S).

La riqueza de especies se refiere al número total de especies obtenidas en el muestreo o inventario (Moreno, 2001).

Índice de diversidad de Margalef.

Este índice es la forma más sencilla de medir la biodiversidad ya que se basa únicamente en el número de especies presentes, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas, ya que con un inventario que nos permita conocer el total de las especies se puede obtener el índice (UNAD, 2013)

$$DMg = \frac{s-1}{\ln n}$$

Donde:

s = número de especies

n = número total de individuos

Índice de diversidad de Menhinick.

El índice de Menhinick es de los más comunes para evaluar la riqueza de especies (Moreno, 2001), se basa en el número de especies y en el número total de individuos observados, el cual aumentará si se incrementa el tamaño de muestra (UNAD, 2013)

$$D_{mn} = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Donde:

D_{mn} = Índice de Menhinick.

S= Número de especies en la Muestra.

N= Número total de individuos.

Para los cálculos de este índice es relativamente sencillo ya que solo se tiene que conocer el número de las especies, y aunque este índice no proporciona demasiada información es útil ya que se utiliza para comparar con otros índices (Torres, 2006).

Los rangos de riqueza de acuerdo a Margalef de 0-2 es un valor bajo y 2.1-5 será un valor medio y 5.1 su valor será alto (Campo y Duval, 2014).

Índice de diversidad Alfa (α) de Williams

$$S = \alpha \ln \frac{1+N}{\alpha}$$

Índices de Abundancia Proporcional

Índices de Dominancia

Para la dominancia se utilizan los siguientes índices

Índice de Simpson

Este índice es utilizado para la equitatividad, este índice presenta valores de 0 a 1 y no es sensible a la riqueza de especies (Smith y Wilson, 1996; Krebs, 1999).

$$E_{1/D} = \frac{(1/D)}{S}$$

Dónde: $E_{1/D}$ =Medida de equitatividad de Simpson

D= Índice de Simpson

S= número de especies en la muestra

Sin embargo para para la estimación de este índice se requiere el índice de heterogeneidad, y se expresa partiendo de la siguiente formula:

$$1 - D = 1 - \sum Pi^2$$

Donde:

1-D= Complemento del índice de Simpson.

Pi= proporción de la especie i en la comunidad

Para el componente de Simpson entre más alto es el valor del índice mayor será la dominancia de especies en la población con un rango de valor de 0-1 (Del Río *et al.*, 2003).

Índice Serie de Hill

$$E' = \frac{N^2}{N1}$$

Sin embargo este índice puede causar con función en algunos casos particulares, alcanzando valores altos cuando la equidad es alta o cuando uno sola especie domina la comunidad

Índice de Berger-Parker

El incremento del valor en este índice, se interpreta como un incremento en la equidad y una disminución en la dominancia.

$$d = \frac{N_{max}}{N}$$

Donde:

d= índice de Berger-Parker.

N_{max}= es el número total de individuos de la especie más abundante.

N= número total de individuos.

Índice de McIntosh

$$D = \frac{N-U}{N-\sqrt{N}}$$

Donde:

$$U = \sqrt{\sum_{ni} 2(i=1, 2, 3, \dots, s)}$$

N=número total de individuos.

Es un índice de dominancia el cual es independiente de N (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995).

Índice Shannon-Wiener

El índice de Shannon nos ayuda a determinar la heterogeneidad, este refleja de la mejor manera la diversidad de una población florística (Moreno, 2001).

Las medidas más conocidas para la diversidad especies se basan en la teoría de la información. El principal objetivo de la información obtenida es la cantidad de orden o desorden contenida (Margalef, 1972). Sin embargo se establecen cuatro tipos de información la cual puede ser recopilada con respecto al orden de la comunidad.

- 1) El número de especies.
- 2) Número de individuos de cada especie.
- 3) Los lugares ocupados por los individuos de cada especie.
- 4) Los lugares ocupados por los individuos por individuos como individuos. separados, estos se miden por la función de Shannon-Wiener.

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = índice de diversidad de especies.

S = número de especies de la muestra.

P_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie.

log₂ = logaritmo base dos.

Sin embargo este índice aumenta con el número de especies de las comunidades y puede alcanzar valores muy altos (Krebs, 1999). Ya en la práctica, en comunidades biológicas este índice no parece exceder de 0.5 (Washington, 1984).

El índice de Shannon-Wiener expresa la heterogeneidad de una comunidad, este índice tiene valores en unidades Nats que se obtienen de la aplicación de un logaritmo natural, para su interpretación del índice presenta rangos de valores de 0- 2 Nats se

considera baja diversidad, de 2.1-5.0 Nats diversidad normal y ≥ 5.1 Nats alta diversidad (Margalef, 1972).

Índice de Pielou

$$J = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$$H'_{\max} = \ln(s)$$

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1 (Magurran, 1988).

El problema de este índice, presenta el problema de la estimación de la densidad del rodal cuando no se muestran todos los arboles (Del Río *et al.*, 2003).

Índice de Brillouin

Muestras de la comunidad deberán de tratarse como como una colección de muestra y no como muestras aleatorias de la comunidad biológica. Y los datos obtenidos del muestreo no se remplazaran.

Es útil cuando toda la población ha sido evaluada o cuando la aleatoriedad de la muestra no es confiable. Su valor es menor al del índice de Shannon-Wiener porque no hay incertidumbre (Magurran, 1988).

$$HB = \frac{\ln N! - \sum \ln N_i!}{N}$$

$$H = \frac{1}{N} \log \left(\frac{N!}{n_1! n_2! n_3! \dots} \right)$$

Dónde: H= índice de Brillouin.

N= número total de individuos en su totalidad.

n_1 = número de individuos pertenecientes a la especie 1.

n_2 = número de individuos pertenecientes a la especie 2.

Índice de Bulla

$$E = \frac{0-1/s}{1-1/s}$$

Donde:

$0 = 1 - 1/2 \sum [p_i - 1/s]$, Es el acomodo entre las distribuciones observadas y una distribución teórica con equidad perfecta, sin embargo este índice ha sido criticado por ser tan confuso.

Índice de Equitatividad de Hill

$$E' = \frac{N2}{N1}$$

Dónde: N1 y N2 son los números de la serie de Hill (Hill, 1973). Sin embargo, este índice puede causar malentendidos en algunos casos particulares: alcanza valores altos cuando la equidad es alta o bien cuando una especie incipientemente domina a la comunidad (Baev y Penev, 1995).

Índice Alatalo

$$F = \frac{N2-1}{N1-1}$$

Este índice no es recomendable porque al utilizarse en comparaciones tiende a sobrevalorar marcadamente la equidad y tiene una relación no lineal con ésta (Molinari, 1989; Molinari, 1996).

Índice Molinari

$$G = [(\text{Arcoseno})/F, \text{Cuandof} > \frac{1}{2}]$$

$$G = F^3, \text{ cuando } F < 1/2$$

G es una variante calibrada del índice F de Alatalo. Calculado con el programa BIODIV (Baev y Penev, 1995).

Índices para la diversidad Beta.

Coeficiente de similitud de Jaccard.

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

Donde

a= Número de especies presentes en el sitio A.

b= Número de especies presentes en el sitio B.

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

Los valores o intervalos para este índice van de 0 cuando no hay especies compartidas en ambos sitios, y un valor de 1 cuando ambos sitios tienen la misma composición.

Coeficiente de similitud de Sorensen (Czekanovski-Dice-Sorensen).

$$I_J = \frac{2c}{a+b}$$

Este índice relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios.

Índice de Sokal y Sneath.

$$I_{SS} = \frac{c}{2(c+b+a)-c}$$

a= Número de especies exclusivas del sitio A.

b= Número de especies exclusivas del sitio B

Índice de Braun-Blanquet.

$$I_{B-B} = \frac{c}{c+b}$$

Índice de Ochai-Barkman.

$$I_{O-B} = \frac{c}{\sqrt{(c+b)(c+a)}}$$

Donde

a= número de especies exclusivas del sitio A

b= número de especies exclusivos del sitio B

Coeficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos.

$$I_{\text{Scuant}} = \frac{2 pN}{aN + bN}$$

aN= Número total de individuos en el sitio A.

bN= Número total de individuos en el sitio B.

pN= Sumatoria de la abundancia más baja de cada repetición de las especies compartidas.

Índice de Morisita-Horn

$$I_{\text{M-H}} = \frac{2 \sum (a_{ni} \times b_{nj})}{(d_a + d_b) aN \times bN}$$

Donde

a_{ni}= número de individuos de la i-ésima especie en el sitio A.

b_{nj}= número de individuos de la j-ésima especie en el sitio B.

$$d_a = \sum a_{ni}^2 / aN^2$$

$$d_b = \sum b_{nj}^2 / bN^2$$

Este índice está influenciado por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras, pero tiene la desventaja de que es altamente sensible a la abundancia de la especie más abundante.

Las ecuaciones mencionadas fueron obtenidas de (Moreno 2001).

2.6 Importancia de las comunidades de *Abies-Pinus*

En los bosques del Parque Nacional Cofre de Perote Veracruz *Abies religiosa* está fuertemente asociada con *Pinus montezumae* esto de acuerdo a los resultados obtenidos por Lara-González *et al.*, (2009) donde el estudio de evaluar la regeneración presentes

en los claros del parque se observó sólo estas dos especies *A. religiosa* con un 95.7 % de abundancia y para *Pinus montezumae* un 4.7 % respectivamente.

Sin embargo la composición florística dentro de las comunidades de *Abies-Pinus* es variable debido a la distribución regional, sin embargo en el eje volcánico transversal en las partes altas donde domina por completo el *A. religiosa* en otras partes del país pueden ser más diversas los bosques presentando *Pinus*, *Quercus*, *Pseudotsuga* y *Cupressus* teniendo bosques mixtos, sin embargo el disturbio que presentan las comunidades de *Abies* por estar en laderas el sotobosque presenta una mejor diversidad ya que pueden presentarse *Quercus*, *Alnus*, *Arbutus*, *Salix*, *Prunus*, *Buddleja* entre otros y en el estrato herbáceo la familia Compositae con los géneros *Senecio*, *Eupatorium*, *Stevia* y *Archibacharis* (Rzedowski, 2006).

De acuerdo a Fonseca (2016) los botánicos reconocen 47 especies del género *Abies*, la segunda más diversa de las *Pinaceae* siendo el género *Pinus* el más diverso, *Abies religiosa* es de mayor distribución en México.

A nivel mundial las comunidades de *Abies* son sumamente importantes ecológicamente ya que constituyen el hábitat de fauna. En Michoacán es el refugio de la mariposa monarca en invierno sin embargo estas comunidades están bajo presión por la tala clandestina. En la ciudad de México estas comunidades están expuestas a la cantidad de contaminación (Rzedowski, 2006., Fonseca, 2016., González *et al.*, 2018).

Las comunidades de *Abies* (oyamel) se encuentran en las partes altas con una elevación de 2900 msnm, estas comunidades presentan una zona de transición con el bosque de *Pinus*, por lo que es común encontrar macizos de *Abies-Pinus* (CONABIO, 2008).

La importancia de las comunidades de *Abies* nos mencionan el estudio realizado dentro del Desierto de los Leones al sur de la Ciudad de México donde los abetos son los indicadores de la contaminación donde al analizar anillos de abeto indico una disminución en el ancho de los anillos de crecimientos en los últimos años (Alvarado *et al.*, 1993).

En el componente ecológico en las áreas donde se encuentran las comunidades de *Abies religiosa* a finales de los setenta principios de los ochentas la composición de las poblaciones de *A. religiosa* se encontraba *Pinus hartwegii* Lindl el cual presentó una declinación y se determinó que principalmente se daba cuando se presentaban

alteraciones por uno o más factores que hacía que los árboles presentaran un proceso de estrés. Por consecuencia la salud y vigor del arbolado decaía y por consecuencia los patógenos secundarios provocan la muerte del arbolado. Este estudio se realizó en el Desierto de los Leones. Estudios en la misma década de los ochentas en la misma área se presentó una mortalidad del 100% en poblaciones de *A. religiosa* en 274 ha esto debido a la contaminación y a la presencia de grandes partículas de Óxido de Nitrógeno (NO_x), Ozono (O₃) y Bióxido de azufre (SO₂) (Benavides-Meza *et al.*, 2011; González-Medina *et al.*, 2010; López *et al.*, 1998; Granados-Sánchez *et al.*, 2007; FAO, 2012).

Las comunidades de *Pinus hartwegii* Lindl, *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl y Cham, *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl y Cham, entre otras especies que se encuentran en las partes altas del centro de México, estas especies son indicadoras en los cambios de temperatura, contaminación y sequías, la importancia de estas comunidades radica en que son indicadores del desplazamiento de las especies ya que para el año 2050 se verá afectado tanto en lluvias como en sequías, para el caso del centro de México se señala el 88 por ciento de las especies se reducirán y se desplazaran a alturas más altas ya que la contaminación afecta los ecosistemas (Villers, 2012; González-Medina *et al.*, 2010; López *et al.*, 1998).

2.7 Factores antropogénicos o ambientales que afectan la diversidad de especies

La fragmentación ocasiona cambios en la estructura de las poblaciones en la vegetación, afectando en el ambiente físico la estructura, los efectos de la fragmentación pueden ser tanto positivos como negativos de igual manera que no se produzca ninguna afectación en las especies; sin embargo todo señala que las afectaciones son negativas en todas las especies de organismos, sin embargo uno de los principales problemas de la fragmentación es la alteración en la riqueza de especies de polinizadores y esto se ve reflejado en la comunidad vegetal disminuyendo la productividad de semillas viables (El Universal, 2016).

Los disturbios naturales y los ocasionados por el hombre como lo son los deslizamientos de tierras, el sobre pastoreo y el fuego son factores que ocasionan grandes cambios en la composición y diversidad de especies que varían de acuerdo a la altitud (González *et al.*, 2018).

Las poblaciones de *Abies* son ecosistemas que se encuentran y se desarrollan con características como geológicas, climáticas y ecológicas muy específicas. En México se encuentran establecidas en las zonas montañosas (2400 y 3600 msnm) principalmente en el Eje Neovolcánico (Nieto de Pascual *et al.*, 2003).

Los manchones de *Abies* especial mente de *Abies religiosa* se encuentran específicamente a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal donde se encuentra el 95% de la población; esta distribución se encuentra en forma de manchones en cerros, cañadas y barrancas con poca radiación y con suelos ricos en materia orgánica (Rzedowski, 2006).

Sin embargo el cambio climático es un factor que afectara en gran manera los bosques de todas las edades esto debido al aumento de temperaturas, sequias y eventos ocasionados por el calentamiento global propiciando el desplazamiento de las especies lo que ocasionara que algunas especies se vean amenazadas a desaparecer (Anderson *et al.*, 2013; Acosta, 2016).

Los gradientes altitudinales están asociados con los gradientes climáticos esto como consecuencia promueve la diversidad de especies, por lo que la elevación y los gradientes altitudinales son factores importantes ^{que} condicionan el cambio de vegetación por lo tanto la diversidad de especies es diferente a niveles altitudinales (Cuyckens *et al.*, 2015).

La distribución de especies se debe al resultado de la distribución geográfica debido a que esta esta ubicación proporcionara los factores bióticos actuales e históricos (variables climáticas y edafológicas), el estudio de la composición espacial de las plantas a diferentes escalas altitudinales y geográficas provee la información de la adaptación de las plantas (Uribe-Salas *et al.*, 2019; Acosta, 2016; UA, 2018).

La estructura del estrato arbóreo es un indicador de la biodiversidad del ecosistema y es fácilmente modificada atreves de los diferentes tratamientos silvícolas (Del Río *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2005; Solís *et al.*, 2006).

La riqueza de especies se ve afectada por los factores climáticos que estén asociados como lo son la precipitación, temperatura, tipo y profundidad de suelo y contenido de humedad (McCain y Grytnes, 2010; Lamprecht, 1990).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo dentro de los terrenos de la Comunidad de Santa Ana Zirosto la cual se encuentra en el Municipio de Uruapan Michoacán. La comunidad se encuentra a 49 km de la cabecera municipal Uruapan, donde se establecieron tres rodales diferentes Los Pinos, Tirimicuaro y Pueblo Viejo, con una superficie de 14.4, 27.3 y 21.4 hectáreas, respectivamente. La comunidad se encuentra en las coordenadas 19° 32' 08.32" Norte y 102° 19' 30.10" Oeste (INEGI, 2018).

Dentro de las poblaciones Los Pinos se observan marcas (caras muertas) de aprovechamiento de resina en *Pinus rudis* (Anexo 2), sin embargo en la población de Pueblo Viejo se sigue extrayendo este producto forestal no maderable (Anexo 4 y Anexo 5) ya que se cuentan con caras vivas, de acuerdo a la (CONAFOR 2013) Michoacán es uno de los estados más productivos de resina ya que en el 2009 fue el mayor productor con un total de 18,420 toneladas.

3.1.1 Ubicación geográfica

El Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro se ubica en los municipios de Tancítaro, Peribán de Ramos, Nuevo Parangaricutiro y Uruapan, en el Estado de Michoacán, abarca una superficie total de 23,405-92-09.55 hectáreas, y fue establecida mediante Decreto Presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 19 de agosto del 2009 (DOF, 2013). Los sitios que se evaluaron dentro de los tres rodales fueron seleccionados considerando un gradiente altitudinal dentro del Pico de Tancítaro Área de Protección de Flora y Fauna, en la Comunidad de Santa Ana Zirosto Municipio de Uruapan (Figura 1).

El ANP Pico de Tancítaro se encuentra en la parte centro occidente del país y se ubica en las coordenadas geográficas 19° 20' 00" y 19° 32' 00" de latitud norte y entre 102° 13' 05" y 102° 23' 05" de longitud oeste.

En el Cuadro 1, se muestran las características físicas y ecológicas en las tres localidades de estudio.

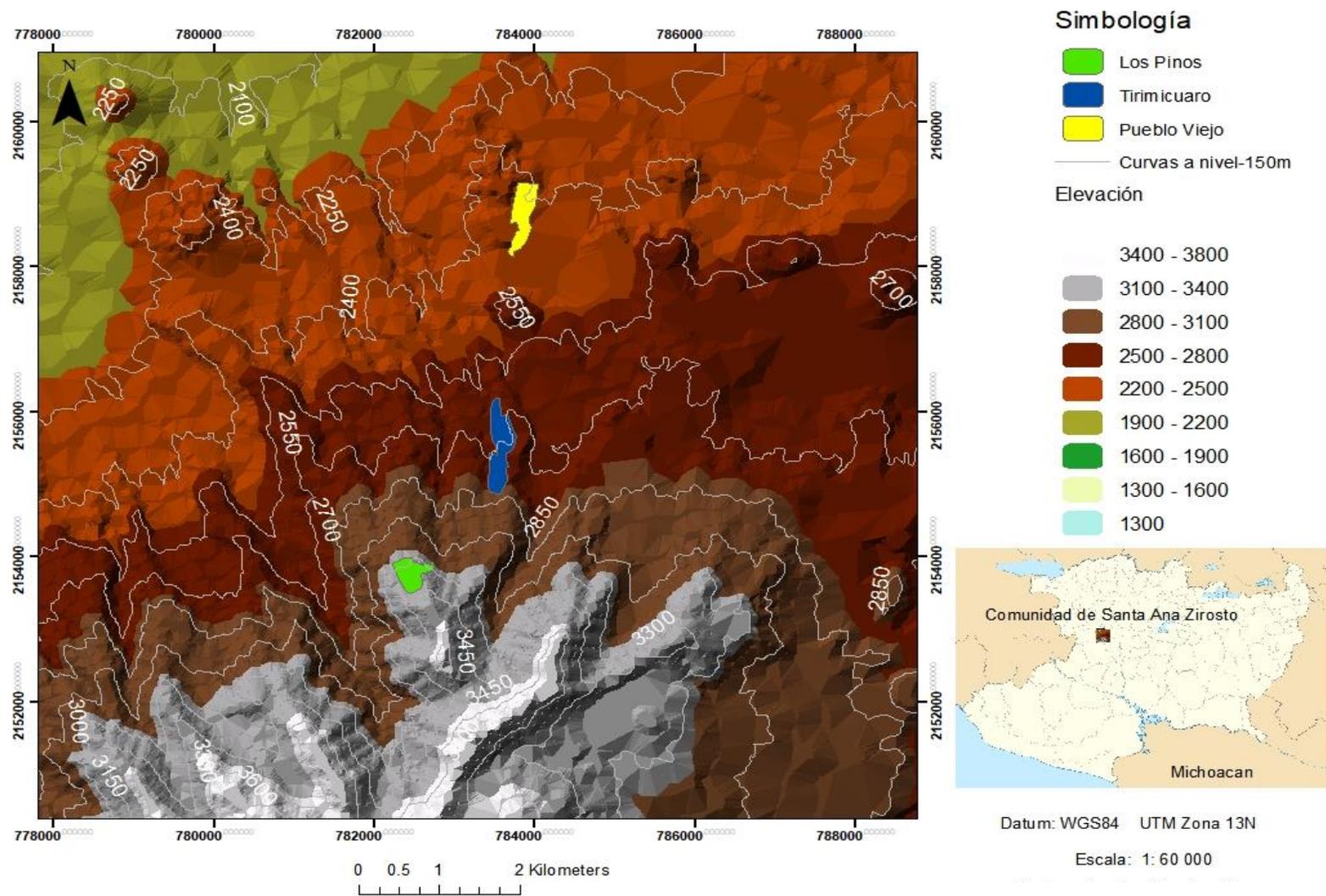


Figura 1. Distribución de las localidades de estudio en el Pico de Tancitaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

3.2 Muestreo y establecimiento de sitios permanentes

Se utilizó un muestreo sistemático empleado por (Mostacedo y Frederiksen, 2000) el cual consistió de distribuir los sitios con un patrón regular en las zonas de estudio, se evaluaron sitios permanentes con un sistema de muestreo sistemático. Los sitios de muestreo para cada rodal fueron diferentes.

Los sitios que se evaluaron dentro las tres localidades de estudio fueron de 1000 m² (radio de 17.84 donde conforme a la pendiente que se presentara en cada sitio estos sitios se compensaron) con sitio concéntrico esto para los arboles mayor a 15 cm de diámetro normal (DN), el segundo sitio fue de 250 m² y por ultimo un sitio de 100 m². Para los siguientes sitios se evaluó lo siguiente; para el sitio de 250 m² se valoraron todos los arboles con un diámetro mayor de 5-15 cm y en el sitio de 100 m² se evaluó toda la regeneración de todas las especies leñosas y semi-leñosas. Para el procesamiento de datos solo se tomaron en cuenta los diámetros mayores de 2.5 en adelante esto en base a los trabajos realizados por (Guzmán *et al.*, 2011; Zacarías *et al.*, 2011).

En el Anexo 1, se muestra la estructura de la población de Tirimicuaro sitio número uno y en el Anexo 3, estructura de la población Los Pinos y en el Anexo 12 se observa la estructura de la población de Pueblo Viejo.

La información obtenida fue: género, especie, diámetro normal a la altura del pecho (dap) en cm, altura total del árbol (HT) en m, cobertura de copa se registró en m y grosor de corteza se registró en mm.

Las especies fueron identificadas por Dr. José Ángel Villareal Quintanilla adscrito al departamento de Botánica y las especies del genero *Quercus* fueron identificadas por M.C. Juan Antonio Encina Domínguez adscrito departamento de Recursos naturales de la UAAAN.

Para la evaluación de los árboles se evaluaron tomando en cuenta la distancia y el azimut, iniciando del centro para lo que al árbol se le colocaba un numero el 00, posteriormente se enumeraron los arboles del uno hasta el árbol final correspondiente a su azimut.

Se establecieron sitios permanentes de 1000 m² dentro de los tres rodales, donde todos los árboles se marcaron partiendo del árbol centro el cual se marcó con el número 00, número de sitio y rodal partiendo del árbol cero todos los árboles se señalaron de acuerdo a su azimut con A₁, A₂, A₃... A_n, donde cada árbol está identificado.

Cuadro 1. Aspectos físicos y ecológicos de las tres localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro.

Población	Municipio	Estado	Superficie de los rodales (número de sitios de 1000 m ²)	Altitud (msnm)	Clima ¹	Tipo de suelo ²	Tipo de vegetación ³	Temperatura media anual ⁴	Precipitación en mm ⁵
Santa Ana Zirosto, Los pinos	Uruapan	Michoacán	14.4 (10 sitios)	3100	C (m) (w)	Andosol ocrico	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	6 - a 9.5 °C	2882 – 3840
Santa Ana Zirosto, Tirimicuaro	Uruapan	Michoacán	27.4 (16 sitios)	2700	C (w2) (w)	Andosol ocrico	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	9.6 a 11.5 °C	2508 – 2882
Santa Ana Zirosto, Pueblo Viejo	Uruapan	Michoacán	21.4 (11 sitios)	2400	C(m)(W)	Litosol	Vegetación secundaria arbórea de bosque de pino	13.6 a 15.5 °C	2030 – 2255

¹informacion obtenidos de carta climatológica INEGI serie 1 (2014). ²datos de la carta climatológica INEGI. ³cartas de vegetación INEGI serie 6 (2017).

⁴Fuentes, 2003, ⁵Cerano *et al.* (2013).

3.3 Determinación de índices de diversidad alfa y beta

Para el cumplimiento de tres de los objetivos específicos se procesaron los índices de diversidad Alfa y Beta (Cuadro 2) todo el procesamiento se realizó en el programa de Excel 2013, para la ecuación de Clench se trabajó con el programa de SigmaPlot 10.0 y Modelo de dependencia lineal o función exponencial se corrió el modelo dentro del programa de SAS 9.0 y con el programa de Excel para la obtención de los estimados.

Los índices más utilizados para la diversidad de especies se enfocan en el índice de Simpson y su complemento, índice de Shannon-Wiener, índice de Margalef, índice de Menhinick, índice de Jaccard y para la curva de acumulación de especies la ecuación de Clench (Cuevas *et al.*, 2011; Encina *et al.*, 2008; Pineda-López *et al.*, 2013; Návar y González, 2009; López *et al.*, 2017).

3.4 Análisis de conglomerados de similitud para la diversidad beta

El análisis de conglomerados es un método de agrupación estructural el cual su objetivo es de reducir o de resumir la información, el dendrograma es un diagrama en el cual en el eje horizontal se muestran los elementos agrupados, en el orden en que se unieron esto quiere decir de acuerdo a la similitud que presentan las poblaciones (De la Garza *et al.* 2013; De la Fuente, 2011; Montanero, 2019).

Sin embargo se tiene que seguir una serie de pasos para la obtención de estos dendrogramas.

Sin embargo a la hora de obtener nuestro dendrograma se debe de determinar cuántos grupos se podrían tener como solución, ya que el dejar todos los grupos no es factible ya que para su interpretación de todos los grupos sería muy difícil su interpretación, solo se dejaran todos los dendrogramas si la solución es homogénea; al agrupar siempre se seleccionaran los elementos con mayor similitud considerando la mínima distancia (De la Garza *et al.* 2013).

Cuadro 2. Índices para la evaluación de la diversidad de especies alfa y beta del Pico de Tancítaro Santa Ana Zirosto, Uruapan, Michoacán. Obtenido de (Moreno, 2001; Del Rio *et al.*, 2003; Corral *et al.*, 2005).

Índice	Formula	Índice	Formula
Margalef	$D_{Mg} = \frac{s-1}{\ln N}$	Jaccard	$I_j = \frac{c}{a+b-c}$
Menhinick	$D_{mn} = \frac{s}{\sqrt{N}}$	Coficiente de similitud de Sorensen	$I_s = \frac{2c}{a+b}$
Ecuacion de Clench	$E(S) = \frac{ax}{1+bx}$	Braun-Blanquet	$I_{B-B} = \frac{c}{c+b}$
Modelo de dependencia lineal o función exponencial	$E(S) = \frac{a}{b} 1 - e^{-bx}$	Ochai-Barkman	$I_{O-B} = \frac{c}{\sqrt{(c+b)(c+a)}}$
Mclentosh	$D = \frac{N-U}{N-\sqrt{N}}$	Sorenson cuantitativo	$I_{scuant} = \frac{2 pN}{aN+bN}$
Serie de Hill	$E' = \frac{N2}{N1}$	Morisita-Horn	$I_{M-H} = \frac{2 \sum (a_i \times b_{ij})}{(da+db)aN \times bN}$
Simpson	$E_{1/D} = \frac{(1/D)}{S}$		
Equidad de Hill	$E' = \frac{N2}{N1}$		
Equidad de Pielou	$J = \frac{H'}{H'_{max}}$		
Shannon-Winer	$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i)(\log_2 p_i)$		

D_{mg} = índice de Margalef, s = número de especies, n = número total de individuos, \ln = logaritmo natural, D_{mn} = índice de Menhinick, $E_{1/D}$ = índice de equidad de Simpson, E' =Índice de serie de Hill, N_{max} = número total de la especie más abundante, D = índice de McIntosh, $U = \sqrt{\sum ni^2 (i=1.2.3...s)}$, H' =índice de diversidad de especies, P_i = proporción total de la muestra correspondiente a la especie, \log_2 =logaritmo base dos, J = índice de Pielou, H'_{max} = $\ln (s)$, I_j =coeficiente de similitud de Jaccard, a =número de especies en el sitio A, b = número de especies en el sitio B, c = número de especies presentes en los sitios A y B, I_{O-B} = índice de Ochai-Barkman, I_{scuant} =coeficiente de similitud de Sorensen, aN = Número total de individuos en el sitio A, bN = Número total de individuos en el sitio B, pN = Sumatoria de la abundancia más baja de cada repetición de las especies compartidas, I_{M-H} =índice de Morisita-Horn, a_{ni} = número de individuos de la i -ésima especie en el sitio A, b_{nj} = número de individuos de la j -ésima especie en el sitio B, $da = \sum a_{ni}^2 / aN^2$, $db = \sum b_{nj}^2 / bN^2$

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Riqueza de especies

Se encontraron 10 familias, 14 géneros y 23 especies; la familia más numerosa es la Fagaceae con 6 especies y Pinaceae con 5 (Anexo 6) en el Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán; para Los Pinos se encontraron cuatro especies (Anexo 7), para Tirimicuaro 14 especies (Anexo 8) y Pueblo Viejo la cual es la más abundante se encontraron 18 especies (Anexo 9); estos resultados comparados con Medrano *et al.*, (2017) el cual registraron seis familias, ocho géneros y 30 especies en diferentes gradientes altitudinales en El Salto Durango, de igual manera Damián (2015) encontró mayor número de especies del género *Quercus* con un 71.56% seguido por *Pinus* con un 18.83% de abundancia en un bosque de coníferas y encino.

En base al número de especies (Anexo 9) el rodal con mayor riqueza de especies fue Pueblo Viejo con 18 especies, para Tirimicuaro se encontraron 14 especies y para Los Pinos 4 especies. La riqueza de especies (Cuadro 3) para el índice de Margalef fue para el rodal Los Pinos (0.5020) considerados como valor bajo, para Tirimicuaro (2.1136) y para Pueblo Viejo (2.8519) considerados valores medios de riqueza de especies respectivamente. Para el índice de Menhinick muestra valores para el rodal Los Pinos (0.2015), para Tirimicuaro (0.6465) y para Pueblo Viejo (0.9138) se consideran valores bajos de riqueza de especies, ya que valores por debajo de dos es considerado una diversidad baja (Campo y Duval, 2014).

Los valores para el índice de Margalef comparados con Nívar y González (2009) que establecieron sitios de estudio de investigación silvícola y aplicaron una intensidad de corta de 0%, 20%, 30%, 50%, 70% y 100% de remoción de área basal, tuvieron resultados para el año de 1982 de 1.13, 1.08, 1.08, 1.07, 1.05 y 0.79 respectivamente, para el año de 1993 los valores en los mismos tratamientos fueron 1.12, 1.04, 1.02, 1.03, 0.99 y 0.74, y para el año de 2004 fueron 1.21, 1.02, 1.02, 1.04, 1.03, y 0.79; sin embargo, sólo se tomaron en cuenta los resultados donde se aplicó el 0% de tratamiento cuyos valores fueron en el año de 1982 (1.13), para 1993 (1.12) y para el 2004 (1.21) estos valores son bajos al igual que el de Los Pinos que se obtuvo un valor de (0.5020), pero los valores de valores para Tirimicuaro (2.1136) y Pueblo Viejo (2.8519) son considerados como valores con una diversidad media.

Cuadro 3. Índices de riqueza de especies de las tres localidades de estudio en Pico de Tancítaro.

Atributo	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Número de especies	4	14	18
Índice de Margalef (M _{MG})	0.5020	2.1136	2.8519
Índice Menhinick (D _{MN}).	0.2015	0.6465	0.9138

Para Índice de Margalef, Graciano-Ávila *et al.*, (2017) encontraron un valor de 1.53 en un bosque de pino-encino en el ejido La Victoria en Durango en el municipio de Durango comparado con los resultados obtenidos, este estudio presenta características similares ya que de igual manera son bosques de pino-encino.

Los valores para el índice de Menhinick de las tres localidades de estudio se clasifican como valores bajos, medios y altos de riqueza de especies estos valores son semejantes a los encontrados por Návar y González (2009) en el cual se encontraron valores bajos de riqueza de especies de 0.77 en una parcela con tratamiento de aclareo con 0% en un bosque de pino-encino; de igual manera este resultado coinciden a los encontrados por Baca (2000) en riqueza de especies con un valor de (0.81) en una vegetación de pino-encino; así como Damián (2015) el cual encontró un valor de 0.772 en un bosque de coníferas y encino o también conocido como bosque templado esto al sur de Nuevo León; los resultados comparados son valores medios similares a los encontrados en la localidad de Tirimicuaro, sin embargo en la localidad de Pueblo Viejo se encontraron valores altos de riqueza de especies, y por último Los Pinos presento valor bajo.

41.1 Esfuerzo de muestreo y riqueza de especies

De acuerdo a la ecuación de Clench (Figura 2) y el Modelo dependencia lineal o funcional (Figura 3), el esfuerzo de muestro no fue satisfactorio, ya que la pendiente encontrada (Cuadro 4) para Los Pinos (0.140), para Tirimicuaro (0.168) y para Pueblo Viejo (0.375) son pendientes altas; y de acuerdo a (Jiménez y Hortal, 2003), porque son valores mayores a 0.1, por lo tanto para lograr un inventario completo se requiere valores menores de 0.1.

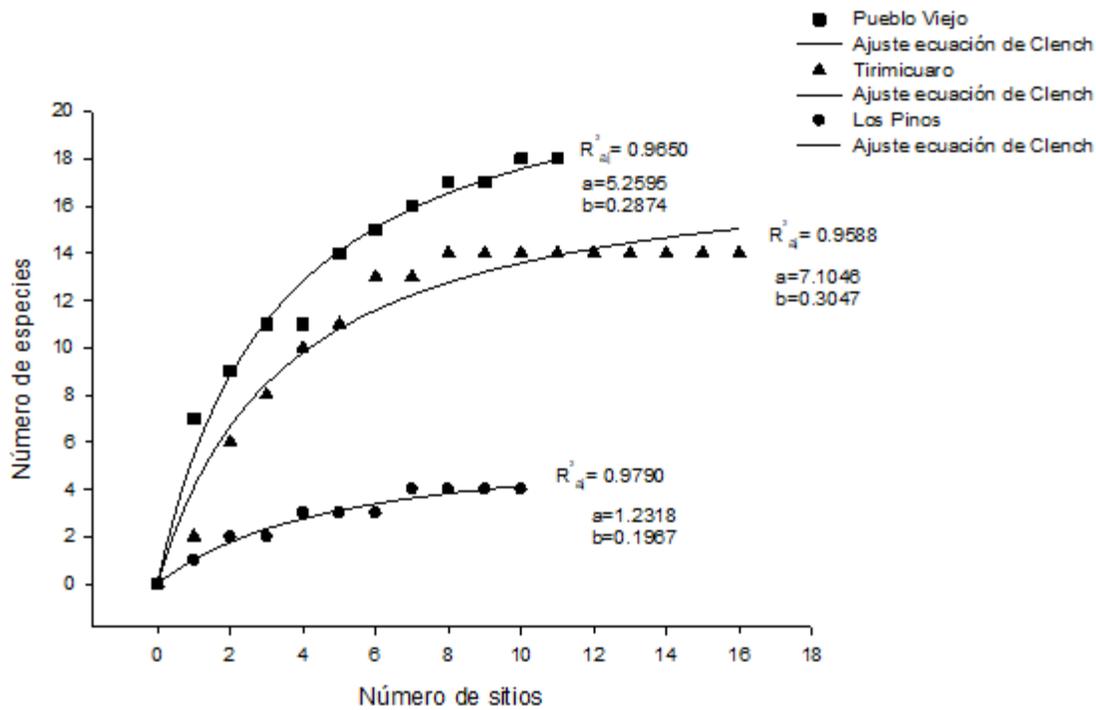


Figura 2. Ecuación de Clench ajustada para las curvas de acumulación de especies de las tres localidades en el Pico de Tancitaro. Santa Ana Zirosto, Michoacán.

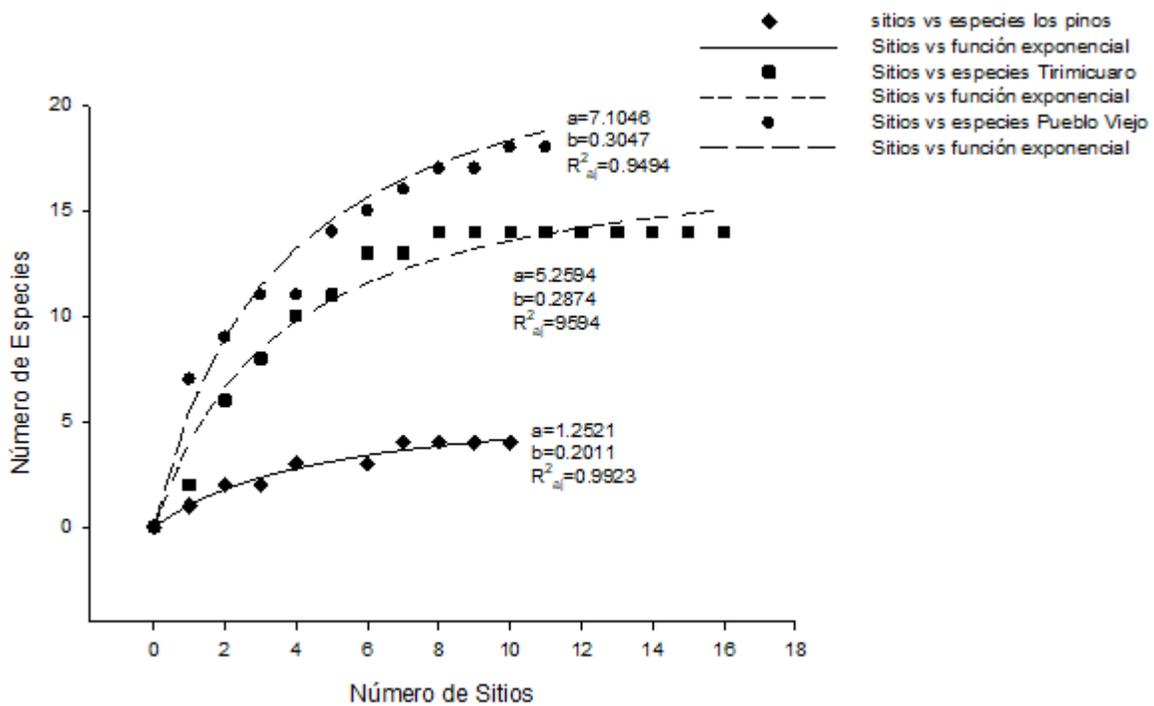


Figura 3. Modelo de dependencia lineal o función exponencial negativa de las tres localidades de estudio dentro del Pico de Tancitaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

Por otra parte para estimar el esfuerzo de muestreo faltante de acuerdo a Jiménez y Hortal (2003) y lograr registrar el 95% de las especies se aplicó la siguiente fórmula $n_{0.95}=0.95/ [b*(1-0.95)]$; para Los pinos $n_{0.95}=0.95/ [0.1967*(1-0.95)]= 96.6$ sitios, para Tirimicuaro $n_{0.95}=0.95/ [0.2874*(1-0.95)]= 66.1$ sitios, y para Pueblo Viejo $n_{0.95}=0.95/ [0.3047*(1-0.95)]= 62.4$ sitios, donde se observa que se debe de aumentar el tamaño de muestra para que el esfuerzo de muestreo sea satisfactorio.

Cuadro 4. Esfuerzo de muestreo de las tres localidades de estudio dentro del Pico de Tancitaro.

Población	Pendiente	Proporción de especies	No de sitios
Los Pinos	0.140	0.639	10
Tirimicuaro	0.168	0.765	16
Pueblo Viejo	0.375	0.772	11

Por otra parte, estos resultados cambiarían si se añaden las especies que no son leñosas (Cuadro 5), si estas especies se hubieran tomado en cuenta el esfuerzo de muestreo disminuiría.

Cuadro 5. Especies con las cuales no se trabajó en este estudio.

Especie / Población	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
<i>Cestrum aurantiacum</i> Lindl.	0	X	X
<i>Stevia caracasana</i> DC.	0	0	X
<i>Castilleja integrifolia</i> L. f.	0	X	X
<i>Roldana aschenborniana</i> (S. Schaver) H. Rob & Brettell.	X	X	X
<i>Satureja macrostema</i> (Moc. & Sessé ex Benth.) Brig.	X	X	X
<i>Smilax spinosa</i> Mil.	X	X	X
<i>Baccharis salifolia</i> (Rui y Pav) Pers.	0	X	X
<i>Acaena enlogata</i> L.	X	X	X
<i>Baccharis heterophylla</i> Kunth.	0	X	X
<i>Prunus serótina</i> Ehrh.	X	0	X
<i>Salvia polystachya</i> Epling.	0	0	X

X= especies que comparten ambas poblaciones, pero no consideradas en el estudio.

4.2 Índices de estructura

4.2.1 Índices de dominancia

Los valores del índice de McIntosh encontrados por Návar y Chaidez (2009) donde se establecieron sitios a los cuales se les aplicaron tratamientos silvícola del 0%, 20%, 30%, 50%, 70% y 100% los valores obtenidos para cada tratamiento del año 1982 fueron 0.40, 0.40, 0.38, 0.41 y 0.14, respectivamente, para el año fueron 1993 0.40, 0.41, 0.39, 0.39, 0.14 y por ultimo para el año del 2004 fueron 0.42, 0.42, 0.40, 0.40, 0.39 y 0.17; sin embargo los únicos valores que más se asimilan son los obtenidos en el año de 1993 con el tratamiento del 100% y el obtenido en el año 2004 de igual manera con el tratamiento del 100% estos valores solo se asimilan con los obtenidos en Los Pinos.

Los valores para el índice de Simpson encontrados por Baca (2000) en un bosque de pino-encino el cual encontró una alta dominancia con un valor fue de 0.76 con una alta dominancia, los encontrados por Zacarías *et al.*, (2011) Para un bosque de *Quercus-Pinus* fue un valor de 0.18, por otro lado Medrano *et al.*, (2017) encontró valores de 0.09 a 0.18 en un bosque de pino-encino; estos datos comparados con los obtenidos se observa que nuestros resultados bajos ya que en todas las poblaciones el valor es por debajo de 0.5, ya que el índice de Simpson toma valores de 0 a 1.

Los valores de índice de Serie de Hill son altos en Pueblo Viejo, en Tirimicuaro es medio y bajo en Los Pinos, por otra parte prácticamente no se encontraron estudios para confrontar estos valores en bosques de coníferas.

Cuadro 6. Índices de dominancia de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancitaro.

Atributos	Pueblo		
	Los Pinos	Tirimicuaro	Viejo
Índice de McIntosh	0.1901	0.5524	0.6788
Índice de Serie de Hill	1.1685	1.9852	2.8547
índice de Simpson	0.3723	0.3191	0.4389

4.3 Índices de equidad

Los valores obtenidos para los índices de equidad de las tres localidades de estudio (Cuadro 7) fueron para el índice de equidad de Hill para Los Pinos (1.1685), para

Tirimicuaro (1.9852) y para Pueblo Viejo (2.8547); para la equidad de Pielou para Los Pinos (1.5077), Tirimicuaro (0.3074) y Pueblo Viejo (0.3522) y valores para el índice de Shannon para los tres rodales fue para Los Pinos de (1.1686), para Tirimicuaro (1.9852) y para Pueblo Viejo (2.8547); sin embargo los valores de los rodales de Los Pinos y Tirimicuaro son considerados como valores bajos ya que valores inferiores a 2 son considerados como valores bajos y para Pueblo Viejo presento un valor medio (2.1 a 2.5) esto a que valores de 2.1 a 5 cuentan con esta consideración y valores mayores de 5.1 se consideran como altos (Margalef, 1972) esto para el índice de Shannon.

Para la Equidad de Pielou los resultados por Medrano *et al.* (2017) en niveles altitudinales en la región de El Salto Durango.

Los valores obtenidos para el índice de Shannon en Los Pinos y Tirimicuaro son inferiores a los obtenidos por Corral *et al.* (2005) el cual encontró valores de 2.46 y 2.32 sin embargo estos valores son similares al rodal de Pueblo Viejo, sin embargo la diferencia de los valores se le puede atribuir a que se trate a otro tipo de vegetación. Los valores de Los Pinos y Tirimicuaro son similares a los obtenidos por Solís *et al.*, (2006) el cual encontró valores de 0.72 y 1.21, de igual manera coinciden a los obtenidos por Návar y González (2009) con valores de 0.77 y 0.62.

Los resultados obtenidos por Medrano *et al.* (2017) el cual trabajo con diferentes niveles de altitud para el índice de Shannon a una altura de 1500-1800 con un valor de 2.29, a 1800-2100 (2.67), en 2100-2400 (2.53), de 2400-2700 (2.28) y 2700-3000 (1.94), donde se concluyó que conforme se van incrementando los monitoreos a diferentes niveles altitudinales donde se encontró que en los intervalos de altitud de 1500 a 2400 se encontró una índice medio sin embargo en los intervalos 2400-3000 con poca diversidad.

Los índices de diversidad de Shannon encontrados por Díaz *et al.* (2012) son menos equitativos que la localidad de Pueblo Viejo; ya que en un bosque mixto de coníferas con latifoliadas encontró valores $H= 1.48$ estos valores se obtuvo en barrancas y lugares de difícil acceso en un gradiente altitudinal de 2400-2600 y 2600-2800, el siguiente valor se obtuvo en sitios con mayor humedad y sitios sin aprovechamiento (1.63) con los mismos gradientes altitudinales sin embargo los índices más bajos fueron ($H=1.22$ y 1.36) en rangos altitudinales de 2200-2400 y 2000-2200 m respectivamente estos sitios se ubicaban en terrenos planos con un manejo intensivo y alta tasa de

aprovechamiento de los recursos, sin embargo, los índices son similares únicamente con los encontrados en Los Pinos y Tirimicuaro, Pueblo Viejo cuenta con un valor por encima.

Cuadro 7. Índices de equidad de las localidades de estudio en el Pico de Tancítaro.

Atributos	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Equidad de Hill.	1.1685	1.9852	2.8547
Equidad de Pielou.	0.6633	0.3074	0.3522
Shannon-Wiener	1.1685	1.9852	2.8547

4.4 Índices de similitud para la diversidad beta

Los datos obtenidos en el coeficiente de similitud de Jaccard (Cuadro 8) los valores comparativos entre Los Pinos y Tirimicuaro es 0.125 (12.5%); Los Pinos y Pueblo Viejo 0.047 (4.7%); las localidades con mayor similitud es entre Pueblo Viejo y Tirimicuaro con 0.524 (52.4%) dicho valor representan la mayor similitud de los tres rodales comparados.

Cuadro 8. Comparación de pares para las localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el coeficiente de similitud de Jaccard.

Localidades	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.125	0.048
Tirimicuaro	0.125	0	0.524
Pueblo Viejo	0.048	0.524	0

Las localidades que presentan mayor similitud, para el coeficiente de similitud de Sorensen (Cuadro 9) son Tirimicuaro y Pueblo Viejo 0.6875 (68.75%); le siguen Los Pinos y Tirimicuaro 0.2222 (22.22%) y con menor similitud Los pinos y Pueblo Viejo 0.0909 (9.09%).

El valor más alto entre localidades para el índice Sokal y Sneath (Cuadro 10) es entre las poblaciones Tirimicuaro y Pueblo Viejo 0.2075 (20.75%) seguido de Los Pinos

y Tirimicuaro con 0.0526 (5.26%) y la menor similitud es entre Los Pinos y Pueblo Viejo 0.0222 (2.22%).

Cuadro 9. Comparación de pares para las tres localidades en el Pico de Tancítaro con el coeficiente de similitud de Sorensen para datos cualitativos.

Localidades	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.2222	0.0909
Tirimicuaro	0.2222	0	0.6875
Pueblo Viejo	0.0909	0.6875	0

Cuadro 10. Comparación de pares de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el índice de Sokal y Sneath.

Localidades	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.0526	0.0222
Tirimicuaro	0.0526	0	0.2075
Pueblo Viejo	0.0222	0.2075	0

De acuerdo al índice de Ochai-Barkman (Cuadro 11) no existe similitud importante entre las localidades sin embargo el valor más alto para este índice es entre las poblaciones Los Pinos y Tirimicuaro 0.0833 (8.33%), seguido de Tirimicuaro y Pueblo Viejo 0.0758 (7.58%) y por ultimo con el valor más bajo es entre Los Pinos y Pueblo Viejo 0.0235 (2.35%).

De acuerdo al índice de Morisita-Horn (Cuadro 12) la mayor similitud se encuentra entre Tirimicuaro y Pueblo Viejo 0.2990 (29.90%) seguido por Los Pinos y Tirimicuaro 0.0512 (5.12%) y con menor similitud Los Pinos y Pueblo Viejo 0.000013 (0.0013%).

El índice de Morisita-Horn tiene la desventaja de que esta fuerte mente influenciado por la riqueza de especies y el tamaño de las muestras y es altamente sensible a la abundancia de las especies más abundantes (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995).

Cuadro 11. Comparación de pares de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el índice de Ochai-Barkman.

Localidades	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.0833	0.0235
Tirimicuaro	0.0833	0	0.0758
Pueblo Viejo	0.0235	0.0758	0

De acuerdo al índice de Bran-Blanquet (Cuadro 13) para las tres localidades el valor más alto entre poblaciones Pueblo Viejo y Tirimicuaro 0.3793 (37.83%) seguido por Los pinos y Tirimicuaro 0.3333 (33.33%) y con el valor más bajo es entre Los Pinos y Pueblo Viejo 0.0667 (6.67%).

Cuadro 12. Comparación de pares de las tres localidades de estudio en el Pico de Tancítaro con el Índice de Morisita-Horn.

Localidades	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.0512	0.000013
Tirimicuaro	0.0512	0	0.2990
Pueblo Viejo	0.000013	0.2990	0

Conforme al índice de similitud de Sorensen (Cuadro 14) no se encontró similitud entre las localidades de estudio el que tiene mayor similitud es Pueblo Viejo y Tirimicuaro la cual presenta un 0.3034 (30.34 %) de similitud, entre Los Pinos y Tirimicuaro con 0.0371 (3.71 %) de similitud y Pueblo Viejo con Los Pinos un valor de 0.026 (0.26%) de similitud.

Para Santana *et al* (2014) los datos obtenidos para la similitud, que aplico el índice de similitud de Sorensen en su área de estudio en los bosques mesófilo de montaña, encontró 45% de similitud esto en el Eje Volcánico transversal, en el estado de Michoacán y para Jaccard se estimó un 31% de similitud, encontrándose mayor similitud de Sorensen, pero igual similitud para el índice de Jaccard.

Cuadro 13. Comparación de las tres localidades en el Pico de Tancítaro con el índice de Braun-Blanquet.

Localidades	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.3333	0.0667
Tirimicuaro	0.3333	0	0.3793
Pueblo Viejo	0.0667	0.3793	0

Cuadro 14. Comparación de pares para las tres localidades en el Pico de Tancítaro utilizando el coeficiente de similitud de Sorensen para datos cuantitativos.

Población	Los Pinos	Tirimicuaro	Pueblo Viejo
Los Pinos	0	0.0371	0.0026
Tirimicuaro	0.0371	0	0.3034
Pueblo Viejo	0.0026	0.3034	0

Los índices de similitud y disimilitud no presentan semejanza significativa entre las poblaciones de estudio ya que a medida de que los sitios de muestreo van aumentando en altitud, la presencia de especies disminuye.

4.5 Dendrograma de agrupación para diversidad beta con el índice de similitud de Jaccard y Morisita

El coeficiente de similitud de Jaccard (Figura. 3) con la agrupación permitió distinguir los rodales con mayor similitud entre las tres poblaciones estudiadas dentro del Pico de Tancítaro, se puede apreciar que entre las poblaciones Tirimicuaro y Pueblo Viejo es donde se encuentra la mayor similitud con una distancia de 0 a 1 tomando un valor aproximado de 0.50 esto de acuerdo al dendrograma obtenido para Jaccard (Figura 4), ya que solo se forman dos agrupaciones, esto se debe a que entre las dos poblaciones es donde comparten más especies encontradas con un total de 11 especies de similitud entre estas dos poblaciones, por otro lado la similitud entre las tres poblaciones es muy bajo ya que solo comparten una sola especie en común entre estas poblaciones.

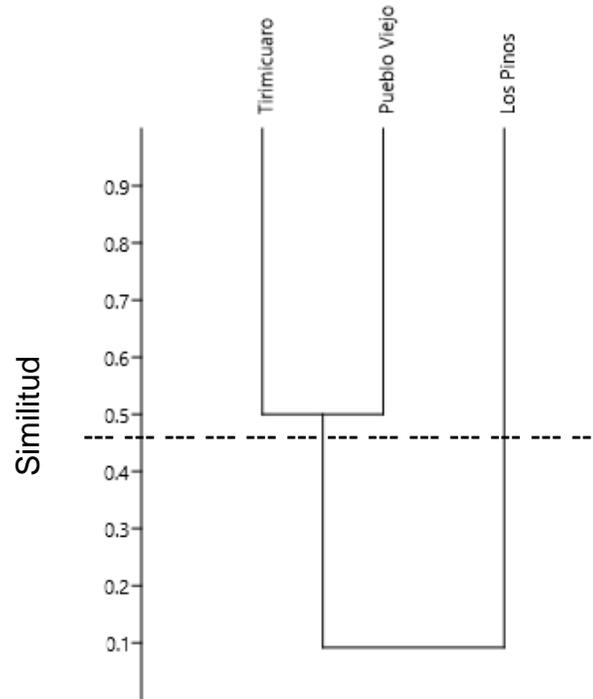


Figura 4. Dendrograma de análisis de agrupación de Jaccard para las localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

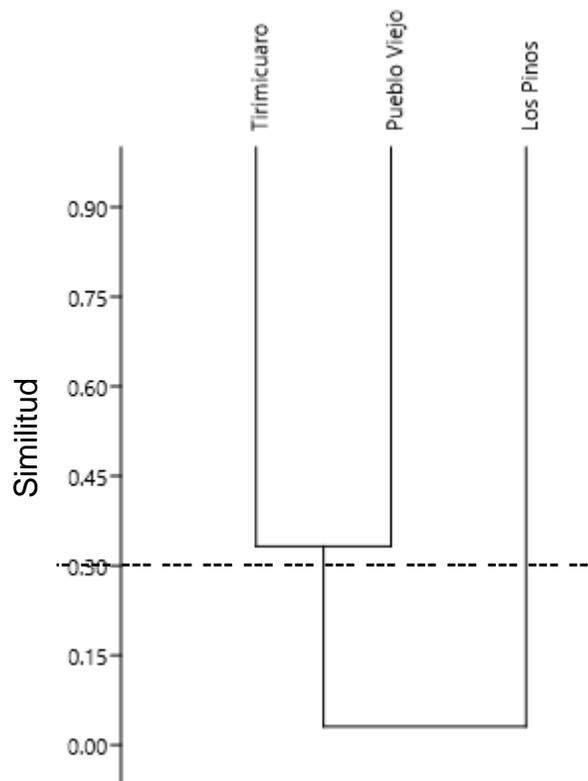


Figura 5. Dendrograma de análisis de agrupación con el índice de Morisita para las localidades de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

En comparación al dendrograma de agrupaciones con el índice de Morisita (Figura 5) donde presentan una similitud de 0 a 0.30 en escala de 0 a 1.

La razón por el área de estudio Los Pinos presente los índices de similitud más baja entre las otras poblaciones (Pueblo Viejo y Tirimicuaró) se atribuye a la poca interacción que presentan estas poblaciones con las especies encontradas en este estudio, así mismo se puede atribuir a que a la poca interacción que presenta el *A. religiosa* con otras especies; debido a la altitud a medida que la altitud va aumentando las especies vegetales se comportan diferente.

Sin embargo para determinar el número de agrupamientos o clúster es necesario realizar un corte cuando la distancia entre las agrupaciones se comienza alejar para un nuevo grupo, ya que si se trata de interpretar el total de las agrupaciones sería complicado; sin embargo se deja el total de las agrupaciones solo cuando estas son homogéneas (De la Garza *et al.*, 2013).

De igual manera se determinó la cantidad de agrupaciones que se deben de tomar en cuenta (Anexo 10 y Anexo 11) la poca similitud que se presenta en las agrupaciones con los diferentes índices, se atribuye a las especies que comparten entre las poblaciones.

Una vez aplicando la línea de corte en ambos dendrogramas se observa que solamente se forman dos agrupaciones (Figura 5 y figura 4).

5 CONCLUSIONES

La población de Pueblo Viejo es la que presenta mayor riqueza de especies de las tres poblaciones como consecuencia principalmente de la altitud.

El esfuerzo de muestreo para determinar la riqueza de especies no es satisfactorio; sin embargo, la proporción de especies estimadas para cada población es arriba del 60%.

En la población de Pueblo Viejo cuenta con mayor dominancia y equidad con respecto a los índices de estructura.

Los índices de diversidad beta en las tres poblaciones no se encontraron similitudes significativas; debido a que las poblaciones no comparten un número significativo de especies entre sí, resultado del efecto altitudinal.

La similitud que se presenta entre poblaciones es baja y sólo las poblaciones de Tirimicuaro y Pueblo Viejo son las que comparten mayor similitud.

6 RECOMENDACIONES

Se recomienda que para trabajos a futuro aumentar el tamaño de muestra para las tres localidades de estudio, esto de acuerdo con la curva de acumulación de especies y la pendiente con el fin de tener un mayor esfuerzo de muestreo.

Considerar en los futuros programas de manejo forestal la lista de especies encontradas en los diferentes sitios como apoyo en la descripción de los rodales.

- Acosta A. 2016. Las plantas y el cambio climático. All you need is Biology. AYNIB: TOP 10.
- Alvarado R, D., L L. de Bayer J y J. Galindo A. 1993. Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park south of México city. Environmental Pollution. 80(2): 115-121.
- Anderson Y, K. J., A. D. Miller., J. E. Mohan T. W. H., B. D. Duval y E. H. de Lucía. 2013. Altered dynamics of forest recovery under a changing climate. Global Change Biology 19(7): 2001-2021.
- Arriaga C, L., J. M. Espinoza R., C. Aguilar Z., E. Martínez R., L. Gómez M y E. Loa L. 2000. Regiones Terrestres Prioritarias de México. Comisión Nacional Para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. 611 p.
- Ávila-Sánchez, P., A. Sánchez-González, C. Catalán-Hevástico, R. C. Almazán-Núñez y J. Jiménez-Hernández. 2018. Patrones de riqueza y diversidad de especies vegetales en un gradiente altitudinal en Guerrero, México. Polibotánica. 45: 101-113.
- Baca, J. 2000. Caracterización de la estructura vertical y horizontal en bosque de pino-encino. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 102 pp.
- Bach K, M. Schawe., S. Beck., G. Gerold., S. R. Gradstein y M. Moraes. 2003. Vegetación, suelos y clima en los diferentes pisos altitudinales de un bosque montano de Yugas, Bolivia: Primeros resultados. Ecología en Bolivia., 38(1): 3-14.
- Baev, P. V. and L. D. Penev. 1995. BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis. Versión 5.1. Pensoft, SofiaMoscow, 57 pp.
- Benavides-Meza, H. M., M. O. Gazca G., S. F. López., F. Camacho M., D. Y Fernández G, M. P. de la Garza López de Lara y F. N. Martínez. 2011. Variabilidad en el crecimiento de plántulas de ocho procedencias de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schlecht. et Cham., en condiciones de vivero. Madera y Bosques 17(3):83-102.
- Campo, A. M. y V. S. Duval. 2014. Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural Parque Nacional Lihué Calel Argentina. Universidad Nacional de Sur 2: 25-42.

- Cerano P, J., J. Villanueva D., R. Cervantes M., L. Vázquez. S., R. Trucios C y V. Guerra de la Cruz. 2013. Reconstrucción de la precipitación invierno-primavera para el Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, 83:41-54.
- CONABIO. 2006. Capital natural y bienestar social. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 71 pp.
- CONABIO. 2008. Principales tipos de vegetación: Caso Valle de Bravo. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 8p.
- CONABIO. 2018. Estrategia Nacional Sobre Biodiversidad de México y Plan de Acción 2016-2030. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 388 pp.
- CONAFOR. 2013. La producción de resina en México. Primera edición. Comisión Nacional Forestal. 101 pp.
- CONANP. 2019. Áreas protegidas en México. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, disponible en: <
<https://www.biodiversidad.gob.mx/region/areasprot/enmexico.html>.
- Corral, R. J. Calderón, O. A., y J. J. Pérez. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la biodiversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña « El Cielo», Tamaulipas, México, Forest Systems, 14(2) 217-228.
- Cuevas G, R., E. A. Cisneros L., E. J. Jardel P., E. V. Sánchez R., L. Guzmán H., N. M. Núñez L y C. Rodríguez G. 2011. Análisis estructural y de diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. Revista Mexicana de biodiversidad. 82:1219-1233.
- Cuyckens G. A. E., L. Ricardo M y C. Blundo. 2015. Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropical de montaña (serranías de zapla, Jujuy, Argentina). Madera y bosque. 21 (3):131-148.
- Damián V, L. 2015. Diversidad estructural y su relación con la diversidad de especies en el estrato arbóreo en la sierra de Arambarri y General Zaragoza, Nuevo León, Tesis de Licenciatura, Departamento Forestal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 80 pp.

- De la Fuente F, S. 2011. Análisis conglomerados. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Autónoma de Madrid. 55 pp. Disponible en: <http://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf>.
- De la Garza G, J., B. N. Morales S y B. A. González C. 2013. Análisis estadístico multivalente un enfoque teórico y práctico, primera edición. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA. México. 712 pp.
- Del Río M., F Montes, I. Cañegas y G. Montero. 2003. Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y recursos Forestales*. 12(1): 159-176.
- Devries, P. J. y Wallas, T. R. 2001. Species diversity and community structure in neotropical fruit-feeding butterflies. *Biological journal of the linnean society*. 74: 1-15.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1990, 6 de septiembre. Resolución sobre reconocimiento y titulación de bienes comunales, del poblado denominado Santa Ana Zirosto, Municipio de Uruapan, Michoacán. México.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2013, 2 de abril. Resumen del programa de manejo del área natural protegida con la categoría de Área de Protección de Flora y Fauna Pico de Tancítaro. Tercera sección. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 38 p.
- Díaz, V., R. J. Sosa y S. D. Pérez. 2012. Distribución y abundancia de las especies arbóreas y arbustivas en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Polibotánica* 34: 99-126
- Dirzo, R. y P. H. Raven. 2003. Global state of diversity and loss. *Annual review of environment and resources*. 28:137-167.
- Duran G. R. 1995. Diversidad florística de los petenes de Campeche. *Acta Botánica Mexicana* 31: 73-84.
- El Universal. 2016. Alerta por fragmentación de ecosistemas. Dirección general de divulgación de la ciencia, UNAM, disponible en: < <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/ciencia-y-salud/ciencia/2016/11/22/alertan-por-la-fragmentacion-de-ecosistemas>.

- Encina D, J. A., F. J. Encina D., E. Mata R. y J. Valdés R. 2008. Aspectos estructurales, composición florística y caracterización ecológica de bosque de oyamel de la sierra de Zapaliname, Coahuila, México. Boletín de la sociedad botánica de México. 83: 13-24.
- Fagua, G., A. Amarillo., y Andrade C, G., 1999. Las mariposas (Lepidoptera: Rhopalocera) como indicadores del grado de intervención en la cuenca del Río Pato. Insectos de Colombia. Vol. II, Edición: 1, Capítulo 10. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colombia. pp 285-317.
- FAO. 2012. El estado de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Roma, Italia. 64 p.
- Ferriór M, M. y H. Merle F. 2012. Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación a las comunidades vegetales. Universidad politécnica de Valencia, España. 10p. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft%20Word%20-%20artículo%20docente%20def.pdf?sequence=1>.
- Fonseca, R. M. 2016. Los *Abies* u oyameles. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciencias. 120(121): 112-115.
- Fuentes J, J. de Jesús. A. 2003. Informe final y ejecutivo, Papel de los recursos hídricos en un área natural protegida. Proyecto INE/ADE-052/2003. 69 p.
- Gadow V, K., S. Sánchez O. y J. G. Álvarez G. 2007. Estructura y crecimiento del bosque. Universidad de Göttingen, Alemania. 286 pp.
- García, R. I. 2001. Flora del Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán., Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación Para el Desarrollo Integral Regional-Michoacán, Informe Final Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad Proyecto No.H304. México D.F. 58 p.
- González C. R., E.J. Treviño G., M. A. González T., M. Duque y M. Gómez C. 2018. Diversidad y estructura arbórea en un bosque de *Abies vejarii* Martínez en el sur del estado de Nuevo León. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 9(45): 36-65.

- González–Medina, R. E., M. Mendoza B. y D. Alvarado–Rosales. 2010. Exposición a ozono en relación a vitalidad en un bosque de oyamel (*Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham). *Madera y Bosques* 16(4):7–19.
- Graciano-Ávila, G., O. A. Aguirre-Calderón., E. Alanís- Rodríguez y J. E. Lujan-Soto. 2017. Composition, structure and diversity of tree species in a temperate forest in Northeastern, Mexico. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 4(12): 535-542.
- Granados-Sánchez D., G. F. López-Ríos y M. A. Hernández-García. 2007. Ecología y silvicultura en bosques templados. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 13(1):67-83.
- Guzmán, C, R., E. A. Cisneros L., E. J. Jardiel P., E. V. Sánchez R., L. Guzmán H., N M Núñez L. y C Rodríguez G. 2011. Análisis estructural y diversidad en los bosques de *Abies* de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1219-1233.
- Halffter, G. y E. C. Moreno. 2005. Sobre Diversidad Biológica. El significado de la Diversidad Alfa, Beta y Gamma. Comisión Nacional Para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (CONABIO). México; Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España. Grupo Diversitas-México y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) México. Vol. 4. Sociedad Etimológica Aragonesa., Zaragoza, España., 5-18 p.
- Hernández G, M. R. 2014. Programa de manejo Área de protección de flora y fauna Pico de Tancítaro. Primera Edición. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Impreso y hecho en México, en los Talleres de Amelia Hernández Ugalde/SEPRIM HEUA730908AM1. México. 196 p.
- Hernández- Ramírez, A. M. 2014. En el umbral de la extinción. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 113:1-7.
- HILL, M. O. 1973. Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54: 427-432.
- INEGI. 2014. Carta edafológica, Serie 1. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. 2014. Carta climática. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- INEGI. 2017. Carta de vegetación, serie 6, Instituto Nacional de Estadística y Geografía
- INEGI. 2018. Extraída de Goglee Earth Pro. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

- INEGI.1999. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1997-1998. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tomo I. México. p 15.
- Jiménez J. O. Aguirre y H. Kramer. 2001. Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Sistemas y Recursos Forestales*. 10: 356-367.
- Jiménez, J y Kramer H., 1991. Breve análisis sobre la situación actual de los recursos forestales en México. Reporte Científico No. Esp. 7. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. pp 274-283.
- JiménezV, A. y J. Horta. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de arcnología*, sección: boletín 8(31):151-161.
- Krebs, Ch. J. 1999. *Ecological Methodology*. Vol. 1. 2nd ed. University of British Columbia, Ed. Addison. 620 p.
- Lamprecht, H. 1990. *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn. Hesse, Alemania. 340 p.
- Lara-González, R., L. R. Sánchez-Velásquez y J. Corral-Aguirre. 2009. Regeneration of *Abies religiosa* in canopy gaps versus understory, Cofre de Perote national park México. *Agrociencia*. 43(7): 739-747.
- LGEEPA. 2012. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente Artículo 3o, Fracción IV. Última reforma en el DOF 04-06-2012. 114 p. <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/protocolo/LGEEPA.pdf>.
- López H, J., O. A. Aguirre C., E Alanis R., J. C. Monarrez G., M. A. González T. y J. Jiménez P. 2017. Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla México. *Madera y bosque* 23(1): 39-51.
- López L, M. A., L Velázquez M., A. Velázquez M., V. González R. y V. M. Cetina A. 1998. Estado nutrimental de *Abies religiosa* en un área con problemas de contaminación ambiental. *Agrociencia* 32(1): 53-59.

- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.
- Margalef, R. 1972. Homage to Evelyn Hutchinson, or why is an upper limit to diversity. Connecticut. Academy of Arts and Sciences. University of Florida. Gainesville, Florida. 211 p.
- McCain, C. M. y J. A. Grytnes. 2010. Elevational gradients in species richness. In: Encyclopedia of Life Sciences (ELS). John Wiley & Sons, Ltd: Chichester, U.K. 10 p.
- Medrano M, M. J., F. J. Hernández., S. Corral R. y J. A. Nájera L. 2017. Diversidad arbórea a diferentes niveles de altitud en la región de El Salto Durango. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. 8(40):57-68.
- Molinari, J. 1989. A calibrated index for the measurement of evenness. Oikos, 56: 319-326.
- Molinari, J. 1996. A critique of Bulla's paper on diversity indices. Oikos, 76: 577-582.
- Montanero F, J. 2019. Manual abreviado de estadística multivariante. Departamento de matemáticas, Universidad de Extremadura. 104 pp. Disponible en: <http://matematicas.unex.es/~jmf/Archivos/Manual%20de%20Estad%C3%ADstica%20Multivariante.pdf>.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad M&T-Manuales y tesis SEA. Vol. 1. Zaragoza, España 84 p.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. Santa Cruz, Bolivia. 52 p.
- Návar Ch. y E. González. 2009. Diversidad y productividad de bosques templados en Durango México. Polibotánica. 27:71-87.
- Nieto de Pascual-Pola C., M. A. Musalem y J. Ortega A. 2003. Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa* (Kunth) schltld. et Cham. Agrociencia. 37(5): 521-531.
- Ohmann J. L. y T.A. Spies. 1998. Regional gradient analysis and apatial pateter of woody plant communities of Oregon forests. Ecological Monographs. 68(2): pp. 151-182.
- Pineda-López., M del Rosario., R. Ortega-Solís., L. R. Sánchez-Velásquez., G. Ortiz-Ceballos y G. Vázquez-Domínguez. 2013. Estructura poblacional de *Abies religiosa* (Kunth) Schltld. et Cham en el ejido el conejo del Parque Nacional Cofre

- de Perote, Veracruz, México. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente.19 (3): 375-385.
- Ponce G. 2017. Crece la superficie aguacatera en el Pico de Tancítaro. Nota informativa, Cambio de Michoacán. Disponible en: <http://www.cambiodemichoacan.com.mx/nota-n18088>.
- PROFEPA. 2018. Profepa no participará en acciones ilegales en cambio de uso de suelo en terrenos forestales en Michoacán. (Procuradora Federal y Protección al Ambiente) Prensa Morelia, Michoacán, disponible en:< <https://www.gob.mx/profepa/prensa/profepa-no-participara-en-acciones-ilegales-en-cambios-de-uso-de-suelo-en-terrenos-forestales-de-michoacan>.
- Rubí-Arriaga M., A. L. Franco-Malvaiz., S. Rebollar-Rebollar., E. E. Bobadillo-Soto., I. Martínez-De la Cruz y Y. Siles-Hernández. 2013. Situación actual del cultivo del Aguacate (*Persea americana*) en el estado de México, México. Red de revistas científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Tropical and subtropical Agroecosystems, 16: 93-101.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 504 p.
- SAGARPA. 2005. Actualización sobre la industria del aguacate en Michoacán. California Avocado Society 2004-005 Yearbook 87: 45-54.
- Santana G., M Mendoza., V. Salinas., D. Pérez-Salicrup., Y. Martínez y I. Aburto. 2014. Análisis preliminar de la diversidad y estructura arbórea-arbustiva del bosque mesófilo en el sistema volcánico transversal de Michoacán, México. Revista mexicana de biodiversidad, 85:1104-1116.
- SEMANART.2011. Biodiversidad. Conocer para conservar, Serie ¿Y el medio ambiente? México. Capitulo I. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 49 pp.
- Smith, B. y J. B. Wilson. 1996. A consumer's guide to evenness indices. Oikos. 76: 70-82.
- Solís M, R., O. A. Aguirre C., J. Jiménez P., E. Jurado Y. y J. Corra-Rivas. 2006. Efectos de dos tratamientos silvícolas en la estructura de dos ecosistemas forestales en Durango, México. Madera y Bosques, 12(2): 49-64.
- Torres, L. M., Sánchez, J. A., y Jiménez, J. 2006. Análisis estructural de un ecosistema forestal de *Pinus-Quercus* en la Sierra Madre Oriental. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 31(100): 1-13.

- UA. 2018. El cambio climático podría generar una dramática modificación en los ecosistemas. Universidad de Arizona Redacción EFEverde. Tucson (EEUU).
- UNAD. 2013. Índices de diversidad. Escuela de Ciencias Agrícolas, pecuarias y del medio ambiente biología ambiental. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 3 pp.
- Uribe-Salas, D., M. L. España-Boquera y A. Torres-Miranda. 2019. Aspectos biogeográficos y ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae) en Michoacán, México. Acta Botánica Mexicana 126: 21 pp.
- Vázquez C, J. R., C. S, Venegas, B y G. Martínez G. 2015. Tendencia del cambio climático en Áreas Naturales Protegidas y Regiones Terrestres Prioritarias de Tamaulipas. Memorias de resumen en extenso .12-16.
- Velázquez M, J. A y J. Fuentes J. 2004. Biodiversidad, hábitat y manejo del Parque Nacional Pico de Tancítaro, Michoacán, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. Informe final Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad-Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad proyecto No.R092. México D. F. 64 p.
- Villanueva T, L y J. A. Zepeda A. 2018. La producción de aguacate en el estado de Michoacán y sus efectos en los índices de pobreza, el cambio del uso del suelo y la migración. Revista Mexicana Sobre Desarrollo Local. 2: 12 p.
- Villaseñor G, L. E. 2005. La biodiversidad en Michoacán: Estudio de Estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Secretaria de Urbanismo y Medio Ambiente. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Talleres de Producción Gráfica S.A. de C.V. Morelia, Michoacán. 268 p.
- Villers, L. 2012. Determinación del cambio climático sobre vegetación y biodiversidad en México. Boletín Universitario UNAM-DGCS-573, Ciudad universitaria. Disponible en: https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_573.html.
- Washington, H. G. 1984. Diversity, biotic and similarity índices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. Water research 18(6): 653-694.
- Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains. Oregon and California Ecological Monographs 30(3): 279-338.
- Wilson, E. O. 2010. Guía bibliográfica sobre biodiversidad. Zaragoza, España. National Academy Press. Washington. 19 p.

Zacañas E, L .E., G. Cornejo T., J. Cortés F., N. González C y G. Ibarra M. 2011.
Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México.
Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 854-869.

8 ANEXOS

Anexo 1. Sitio 1, Población Tirimicuaro del arbolado dentro del Pico de Tancítaro distribución Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 2. Población de estudio población Los Pinos dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 3. Población de *Abies religiosa*, población Los Pinos en el Pico de Tancítaro Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 4. . Aprovechamiento de recursos no maderables (resina) en *Pinus leiophylla* población Pueblo Viejo, en el Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 5. Resina de *Pinus leiophylla* población Pueblo Viejo, Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 6. Total de especies de las tres poblaciones de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

Familia	Genero	Especie	No. Individuos	
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>heterophylla</i> Kunth	20	
	<i>Argeratina</i>	<i>Spp</i>	157	
	<i>Roldana</i>	<i>aschenborniana</i> (S. Schaver) H. Rob y brettell.	36	
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i> Kunth	15	
Clethraceae	<i>Cletra</i>	<i>alcoceri</i> Greenm	7	
Cupressaceae	<i>Junipero</i>	<i>Monticola</i>	4	
Ericaceae	<i>Comorosta</i>	<i>phyloglaucenses</i> Kunth	1	
	<i>Arbutus</i>	<i>xalapensis</i> Kunth	5	
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>acuatifolia</i> Née	40	
		<i>colophylla</i> Schltld & Cham	6	
		<i>crassifolia</i> Bonpl	67	
		<i>crassipes</i> Bonpl	27	
		<i>deserticola</i> Trel	7	
		<i>laurina</i> Bonpl	195	
Pinacea	<i>Abies</i>	<i>Religiosa</i>	329	
		<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i> Scheltdl. & Cham	94
		<i>montezumae</i> Lamb	79	
		<i>pseudostrobus</i> Lindl	57	
Rosaceae	<i>Crataegus</i>	<i>rudis</i> Endl	75	
		<i>Mexicana</i> DC.	9	
		<i>pubescens</i> Steus	2	
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>paradoxa</i> Kunth	23	
Scrophulariaceae	<i>Budlleja</i>	<i>parviflora</i> Kunth	115	
Total de individuos			1364	

Anexo 7. Número de especies encontradas en la población Los Pinos dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

Familia	Genero	Especie	No. Individuos
Pinaceae	<i>Abies</i>	<i>Religiosa</i>	314
Cupressaceae	<i>Juniperus</i>	<i>Montícola</i>	4
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>Rudis</i>	75
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>Paradoxa</i>	1
Número total de individuos			394
Número de especies			4

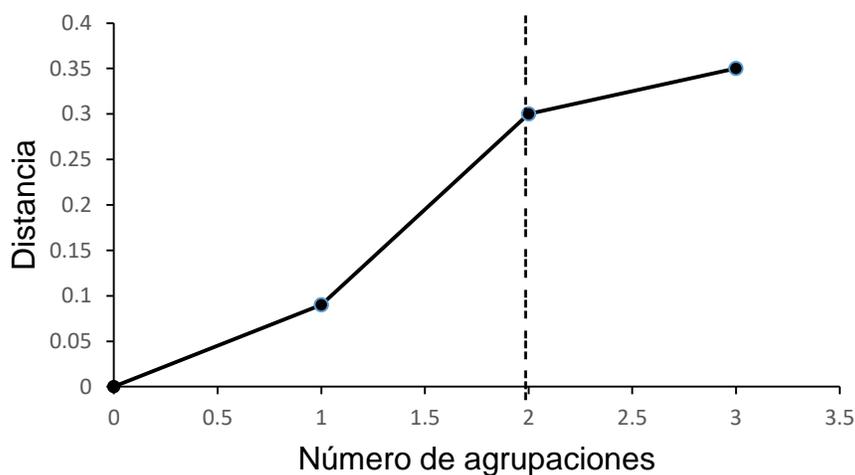
Anexo 8. Número de especies encontradas en la población Tirimicuaró dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

Familia	Genero	Especie	No. Individuos
Pinacea	<i>Abies</i>	<i>religiosa</i> (Kunth) Schltl & Cham	15
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i> Kunth	12
Ericaceae	<i>Arbutus</i>	<i>xalapensis</i> Kunth	5
Ericaceae	<i>Comorosta</i>	<i>comorostaphylos glaucenses</i> Kunth	1
Pinacea	<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i> Schl. & Cham	1
Pinacea	<i>Pinus</i>	<i>montezumae</i> Lamb	22
Pinacea	<i>Pinus</i>	<i>pseudostrobus</i> Lindl	52
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>crassifolia</i> Bonpl	15
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>crassipes</i> Bonpl	9
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>laurina</i> Bonpl	177
Asteraceae	<i>Roldana</i>	<i>aschenborniana</i> (S. Schaver) H. Rob y Brettell.	24
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>paradoxa</i> Kunth	21
Scrophulariaceae	<i>Buddleja</i>	<i>parviflora</i> Kunth	1
Asteraceae	<i>Argeratina</i>	<i>Spp</i>	114
Número total de individuos			469
Número total de Especies			14

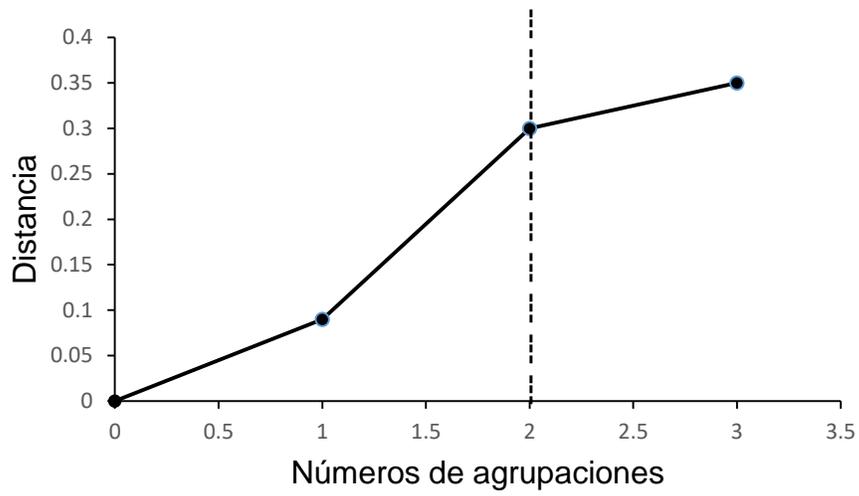
Anexo 9. Número de especies encontradas en la población Pueblo Viejo dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.

Familia	Genero	Especie	No. Individuos
Betulaceae	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i> Kunth	3
Asteraceae	<i>Baccharis</i>	<i>heterophylla</i> Kunth	20
Clethraceae	<i>Cletra</i>	<i>alcoceri</i> Greenm	7
Rosaceae	<i>Crataegus</i>	<i>mexicana</i> DC	9
Rosaceae	<i>Crataegus</i>	<i>pubescens</i> Steud	2
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>leiophylla</i> Schel. & Cham	93
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>montezumae</i> Lamb	57
Pinaceae	<i>Pinus</i>	<i>pseudostrobus</i> Lindl	5
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>acuatifolia</i> Née	34
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>colophylla</i> Schltld & Cham	6
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>crassifolia</i> Bonpl	52
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>crassipes</i> Bonpl	18
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>deserticola</i> Trel	7
Fagaceae	<i>Quercus</i>	<i>laurina</i> Bonpl	18
Asteraceae	<i>Roldana</i>	<i>aschenborniana</i> (S. Schaver) H. Rob y Brettell.	12
Salicaceae	<i>Salix</i>	<i>paradoxa</i> kunth	1
Asteraceae	<i>Argeratina</i>	<i>Spp</i>	43
Scrophulariaceae	<i>Budlleja</i>	<i>parviflora</i> Kunth	1
Número total de individuos			388
Número total de Especies			18

Anexo 10. Determinación de cantidad de agrupamientos para Jaccard en las tres poblaciones de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 11. Determinación de los números de agrupamientos para Moricita en las tres poblaciones de estudio dentro del Pico de Tancítaro, Santa Ana Zirosto, Michoacán.



Anexo 12. Estructura de la población Pueblo Viejo, Santa Ana Zirosto, Pico de Tancítaro.

