

International Journal of Human Sciences Research

ISSN 2764-0558

vol. 5, n. 13, 2025

••• ARTICLE 5

Acceptance date: 23/12/2025

ESTRUCTURA Y FUNCIONALIDAD DE LOS ESTRATOS ARBÓREO Y ARBUSTIVO DEL BOSQUE MESÓFILO Y PINO-ENCINO EN LA ZONA PROTEGIDA “LA CRUZ”, EN URUAPAN, MICH., MÉXICO

Juvenal Esquivel Córdova

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”- UMSNH, Uruapan, Mich., México

Grecia Guadalupe Bedolla Medrano

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”- UMSNH, Uruapan, Mich., México

Juvenal Roberto Esquivel Muñoz

Ingeniería en Sistemas Agroambientales, Educación y Capacitación A.C.

Héctor Ramírez Contreras

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”- UMSNH, Uruapan, Mich., México

Rosa Elena Pérez Sánchez

Facultad de Químico Farmacobiología- UMSNH, Morelia, Mich., México

Gyorgy Eduardo Manzanilla Quijada

Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”- UMSNH, Uruapan, Mich., México



All content published in this journal is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

Resumen: México se distingue por su vaste biodiversidad, sin embargo, enfrenta el problema de pérdida de especies y la degradación de sus ecosistemas forestales por diversos factores. En el estado de Michoacán, los ecosistemas templados de pino encino y mesófilo de montaña han sido severamente dañados principalmente por el cambio de uso del suelo para establecer huertas de aguacate y los incendios forestales. En la Zona Protectora Forestal Vedada del cerro “La Cruz” esta presente el bosque de pino encino y relictico del bosque mesófilo de montaña en 154.32 ha, se localiza al norte de la ciudad de Uruapan, pertenece a la Comunidad Indígena del Barrio de San Juan Bautista, zona de alto valor ecológico, ambiental, social y político, pero con elevada vulnerabilidad frente a los factores antrópicos. Los objetivos fueron determinar la estructura del estrato arbóreo, la composición, funcionalidad, índices de valor de importancia e índices de diversidad biológica del estrato arbustivo del área de estudio. Se realizó la división dasocrática a partir del concepto de cuenca hidrográfica como unidad superior hasta la Unidad Mínima de Manejo (UMM). Se aplicó el sistema de muestreo estratificado dirigido con intensidad del 5%. Se aplicaron modelos matemáticos para el cálculo de variables dasométricas para el estrato arbóreo y el arbustivo. Se aplicaron metodologías para determinar Índices de valor de importancia, índices de diversidad e índices de similitud del área de estudio. La estructura del estrato arbustivo es muy irregular producto de la heterogeneidad del dosel superior. El análisis de los índices ecológicos aplicados revelan una notable variabilidad en la biodiversidad de unidades de muestreo, como un reflejo de los impactos que han ocasionado factores ambientales. Existe un

conjunto de UMM que se caracterizan por presentar alta diversidad y riqueza florística, contrastando con otros grupos que muestran valores más bajos. Se asociaron a estos ecosistemas 25 familias de 46 géneros y 55 especies arbustivas, mostrándose como una estructura ecológica compleja y la presencia de múltiples nichos ecológicos. La diversidad está influenciada por variables ambientales como luz solar, el tipo de suelo, altura sobre el nivel del mar, fisiografía, cobertura de los estratos arbóreos y la codependencia entre ambos ecosistemas para la conservación y restauración generacional.

Palabras-clave: estratos arbóreo y arbustivo, estructura, funcionalidad, índices de valor, índices de diversidad.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se localiza en la parte Norte de la Ciudad de Uruapan del Estado de Michoacán, en una superficie de 154.32 ha, declaradas como “Zona Protectora Forestal Vedada” publicado en el Diaria Oficial de la Federación No.39 publicado en 1937. La tenencia de la tierra es comunal y pequeña propiedad. La dinámica a la que son sometidos los bosques es un proceso constante por la resiliencia natural para estabilizarse de los impactos que frecuentemente producen los incendios, tala clandestina, plagas y enfermedades y el cambio de uso del suelo. El área se encuentra en su mayor parte cubierta por vegetación joven producto de la regeneración natural que va cubriendo las áreas que año con año son dañadas. El estrato arbóreo está formado por dos tipos de vegetación importantes, el bosque de pino de diez especies, de las cuales cinco son las de mayor importancia por su distribución y abundancia y el bos-

que mesófilo formado por siete especies de *Quercus* y diez de latifoliadas de microhabitats de barrancas, cumpliendo funciones generadoras de bienes y servicios ambientales de gran importancia para la sociedad y se consideran como bosques de la Ciudad, Esquivel y Castro (2018).

Según Curtis y McIntosh (1951), el IVI es una herramienta eficaz para describir y comparar la composición florística de los bosques, proporcionando información valiosa para la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales. La identificación de especies clave permite reconocer qué especies tienen una mayor influencia en la estructura del ecosistema, lo que es crucial en programas de manejo forestal y conservación de la biodiversidad.

Los objetivos propuestos fueron determinar la estructura del estrato arbóreo, la composición, funcionalidad, índices de valor de importancia e índices de diversidad biológica del estrato arbustivo del área de estudio.

La evaluación de la biodiversidad, facilita la comparación entre diferentes comunidades vegetales y la determinación de la diversidad ecológica de un ecosistema.

Por otro lado el análisis de impacto ambiental, es útil para monitorear los efectos de la deforestación, incendios forestales y otras perturbaciones en la composición de la vegetación.

Los índices son herramientas útiles para analizar la diversidad beta, ya que permite comparar la composición de especies entre diferentes hábitats o localidades, identificando niveles de similitud en función de su biodiversidad (Jaccard, 1912).

El índice de Jaccard es particularmente relevante en estudios de conservación y ecología de paisajes, ya que ayuda a identificar áreas con alta conectividad ecológica o a priorizar hábitats para la preservación en función de su similitud con otras áreas. Además, puede utilizarse en otros campos, como biología molecular, para comparar conjuntos de datos biológicos.

El uso de estas métricas permitió una interpretación más completa de la estructura y composición de la vegetación en los sitios analizados, facilitando la identificación de patrones ecológicos y la comparación entre diferentes áreas de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

División dasocrática

El área de investigación fue zonificada a partir del concepto de cuenca hidrográfica como categoría superior y el rodal como la unidad mínima de manejo (UMM), como proceso fundamental para la planificación territorial. Esta zonificación se llevó a cabo utilizando herramientas digitales avanzadas que combinan precisión y funcionalidad, a través del Programa de Google Earth, como plataforma que permitió visualizar imágenes satelitales de alta resolución, facilitando la identificación y delimitación de las UMM en función de las características del terreno como detalles topográficos de pendiente, exposición, geoforma, cobertura de la vegetación y recorridos de campo para cotejo.

Los datos generados en Google Earth fueron transferidos y procesados en el sistema de información geográfica QGIS versión 3.30, que facilitó el análisis geoespacial avanzado, además de realizar ajustes de precisión mediante la edición vectorial,



Figura 1. Ubicación del área de estudio en la zona protectora forestal vedada Cerros La Cruz y La Charanda, municipio de Uruapan, Michoacán.

aplicando simbologías personalizadas para destacar características o atributos clave de las UMM como superficies, coberturas, pendientes, entre otras y poder construir los mapas temáticos requeridos, Fig. 1.

Muestreo y toma de datos

A partir de los criterios para realizar la zonificación y homogeneizar la variabilidad de las poblaciones de vegetación, se delimitaron 20 UMM en 154.32 ha, de bosque mesófilo de montaña y bosque de pino-encimiento como zona de estudio.

Se aplicó el sistema de muestreo estratificado dirigido con intensidad del 5%, con el objetivo de representar adecuadamente la variabilidad de las condiciones ambientales y estructurales del área, asegurando que cada estrato estuviera representado proporcionalmente en el muestreo.

Para la información del estrato arbóreo se establecieron sitios circulares de dimensiones fijas de 500 m², (12.62 m de radio) y para la información del estrato arbustivo, se establecieron parcelas de 1 m² en cada cuadrante, equidistantes a partir del punto central del sitio.

La distribución del muestreo se proyectó a través de puntos en un mapa de rodalización con el Programa QGIS, puntos que fueron cargadas sus coordenadas geográficas en aparatos GPS para su localización en campo, Fig. 1.

Calidad de sitio

Datos dasométricos del estrato arbóreo

Se diseñó un formato específico para la recolección de datos en campo, el cual incluye información general, características del entorno, daños del arbolado, diámetros mayores a 7.5 cm, datos del estrato arbustivo con diámetros menores a 7.5 cm y datos de la cubierta herbácea.

En cada sitio de muestreo y para cada especie de pino identificada, se seleccionaron árboles representativos según su clase diamétrica, a los que se les midió el diámetro normal (DN), altura en m, se barrenaron a la altura del DN con taladro de Pressler para extraer la viruta en dirección contraria a la pendiente. Con los anillos de las virutas se determinó la edad del árbol, tiempo

de paso en años, se midió la longitud de los últimos 10 anillos en mm, el espesor de la madera temprana y de la madera tardía, con un vernier milimétrico, Kiessling (1978), Aguilar y Mas (1988).

La captura y proceso de datos se realizó en la tabla electrónica de Microsoft Excel versión 10, en la que se aplicaron diversas expresiones matemáticas de cálculo.

El cálculo de la densidad arbórea se realizó mediante la fórmula:

$$\text{No. de árboles por hectárea} = 20 / \\ N^{\circ} \text{ de sitios} * \text{No. Árboles de la especie}$$

El área basal ha⁻¹ se determinó con la fórmula AB = $\pi D^2/4$

Las existencias reales volumétricas por hectárea se calcularon con la fórmula:

$$Er/\text{ha } m^3 = \text{Árb./ha} * \text{Volumen unitario por especie}$$

Las Er volumétricas totales por UMM se obtuvieron multiplicando el valor anterior por la superficie en hectáreas.

Datos del estrato arbustivo

Para la recolección de datos del estrato arbustivo se utilizó el mismo formato con parcelas de 1 m² por cuadrante (4 m²).

De cada cuadrante se registró el número de plantas arbustivas, diámetro basal en cm y altura en m. La identificación de las especies se realizó mediante la combinación de observación directa en campo e identificación en laboratorio. Se realizaron tomas fotográficas por especie, enfocándose en elementos morfológicos de hojas, tallos, flores, frutos y características generales del hábito de crecimiento.

Las imágenes fotográficas fueron sometidas a un proceso de identificación mediante el uso de aplicaciones de reconocimiento botánico asistidas por inteligencia artificial, como PlantNet y Seek by Naturalist, las cuales permitieron comparar las características morfológicas observadas con bases de datos botánicas globales, así como el uso de literatura especializada, como floras regionales y catálogos taxonómicos.

Se sistematizó la información mediante la elaboración de una tabla taxonómica por familia, género, especie, nombre común y nombre científico, siguiendo los lineamientos del sistema binomial propuesto por Linneo y de acuerdo con las nomenclaturas aceptadas por el The Plant List y el catálogo taxonómico de CONABIO.

Índice de valor de importancia

El Índice de Valor de Importancia (IVI) es un indicador ecológico ampliamente utilizado en estudios de vegetación para evaluar la estructura, composición y dominancia de las especies dentro del ecosistema. Su cálculo fue dirigido a los parámetros de: densidad relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa, los cuales reflejan la influencia de una especie en la estructura del ecosistema (Curtis & McIntosh, 1951), siendo determinados a través de las fórmulas siguientes:

Densidad relativa (DR)

Es la proporción de individuos de una especie en relación con el total de individuos presentes en el ecosistema:

$$DR = (\text{Número de individuos de la especie} / \text{Número total de individuos en la comunidad}) \times 100$$

Frecuencia relativa (FR)

Representa la presencia de una especie en el número de parcelas estudiadas, en relación con la suma total de frecuencias de todas las especies:

$$FR = (\text{Frecuencia de la especie} / \text{Suma de frecuencias de todas las especies}) \times 100$$

Dominancia relativa (DoR)

Indica la proporción de espacio ocupado por una especie en función del área basal total del ecosistema:

$$DoR = (\text{Área basal de la especie} / \text{Área basal total de todas las especies}) \times 100$$

El IVI se calculó con la suma de estos tres valores: $IVI = DR + FR + DoR$

Índices de diversidad

Para evaluar la diversidad de las especies arbustivas se aplicaron las metodologías siguientes:

Margalef: utilizado para medir la riqueza de especies en función del número total de especies y del número total de individuos registrados: $D_{mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$

Simpson: permite cuantificar la dominancia de ciertas especies dentro de la comunidad, reflejando la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie: $\Lambda = \sum pi^2$

Shannon-Wiener: para evaluar la equitatividad y riqueza de especies dentro de cada sitio de muestreo, proporcionando una medida de la heterogeneidad del ecosistema. Castro, et al. (2019); Esquivel et. al. (2024): $H' = - \sum pi \log pi$

Índice de Jaccard y Soresens

Es una medida de similitud utilizada en ecología para evaluar el grado de similitud entre dos comunidades biológicas en términos de especies compartidas y expresado mediante la fórmula: $J = a / (a + b + c)$

Donde:

a = es el número de especies compartidas entre las dos comunidades.

b = es el número de especies presentes solo en la primera comunidad.

c = es el número de especies presentes solo en la segunda comunidad.

Los índices de Jaccard y Soresens no toman en cuenta la abundancia relativa de las especies, limitando sus uso a situaciones donde los datos de presencia y ausencia son suficientes (Magurran, 1988).

Este índice de Jaccard toma valores entre 0 y 1: (Jaccard, 1912); Chávez, (2024); Esquivel, (2024).

Generación de dendrogramas

Para la elaboración del dendrograma se empleó la plataforma en línea ClustVis, una herramienta basada en R que permite visualizar agrupamientos jerárquicos en datos multivariados. Los datos fueron organizados en formato CSV, estructurando las filas como observaciones y las columnas como variables.

Se utilizaron variables dasométricas representadas como promedios del estrato arbóreo por UMM: altura, edad, cobertura, área basal y volumen total por hectárea. Estos datos permitieron establecer patrones de similitud estructural entre las distintas UMM. Una vez cargada la base en la plataforma ClustVis, se aplicó una normalizaci-

ón por columnas con el fin de estandarizar las variables y asegurar su comparabilidad en el análisis. Se seleccionó el método de enlace de Ward junto con la distancia euclíadiana, criterios ampliamente recomendados por su eficacia en la formación de grupos homogéneos, Según Hair, Black, Babin y Anderson (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición de especies del estrato arbóreo

La composición de la diversidad de especies vegetales que determinan la estratificación vertical arbóreo está formada por 14 especies de coníferas, del género *Pinus*: *Pinus lawsonii*, *P. devoniana*, *P. montezumae*, *P. douglasiana*, *P. pseudostrobus*, *P. pseudostrobus var. protuberans*, *P. tenuifolia*, *P. oocarpa*, *P. oocarpa trifoliata*, *P. pringlei*, *P. leiophylla* y *P. patula*; *Cupressus lindleyi* y *Abies religiosa*; 10 especies del género *Quercus*: *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. paniculata*, *Q. castanea*, *Q. magnolifolia*, *Q. rugosa*, *Q. resinosa*, *Q. laurina*, *Q. obtusata* y *Q. conspersa*; 17 géneros y especies de latifoliadas: *Carpinus caroliniana*, *Clethra mexicana*, *Cl. spp.*, *Arbutus xalapensis*, *A. glandulosa*, *Cornus disciflora*, *Fraxinus uhdei*, *Garrya laurifolia*, *Inga spuria*, *Zymplocos speciosa*, *Ternstroemia pringlei*, *Prunus salicifolia*, *Tilia mexicana*, *Dendropanax trifidus*, *Oreopanax spp.*, *Crataegus mexicana*, *Laurus nobilis*, *Ulmus sp.* y Pacata nombre vulgar de especie no identificado, sumando en total 41 especies arbóreas en zonas de barrancas, formando micro hábitats del bosque mesófilo de montaña y el bosque de pino encino. Bello y Madrigal (1996), señalan que la vegetación predominante del cerro “La Cruz” es de Pino-Encino con

una fracción de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) en la parte más alta del cerro y las especies dominan esta comunidad son: *Pinus michoacana* var. *cornuta* Mtz, *P. pringlei* Shaw, *P. oocarpa* Schiede, *P. douglasiana* Mtz y *P. lawsonii* Roezl. Entre los encinos se encuentran: *Q. castanea* Née y *Q. magnolifolia* y las especies asociadas que forman un estrato inferior son: *Alnus jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, y *Clethra mexicana*.

Estructura y calidad de sitio del estrato arbóreo

Se delimitaron 20 UMM con características estructurales referidas a DN, altura del arbolado, altura de fuste limpio, ancho de copas, tiempo de paso, edad, cobertura en %, área basal ha-1, volumen en m³ ha-1, superficie en hectáreas y volúmenes por UMM. En la Tabla 1, se presentan los valores y se observa que las UMM con mejores calidades de sitio ya que registran existencias volumétricas superiores a 300 m³ ha-1 son 3, 5, 7 y 15 del bosque mesófilo y pino-encino. La UMM 15 registró 23.0 m² ha-1 de área basal, 34.4 m de altura de los árboles, 379.190 m³ ha-1 de volumen y 62.7 años de edad, por lo que concentra los mayores valores, Castro et. al. (2019), reporta valores cercanos para el bosque de pino encino en rodales cercanos al área pero en condiciones de afectación por fuego en años de 1987 a 2018,

En conjunto el bosque que presenta mayores existencias volumétricas total árbol es el BMM con 12, 287.722 m³ equivalente al 61.5% y el BPE contiene 7, 692.314 m³, con el 38.5% en relación con el total, en la Fig. 2, se indica la relación comparativa entre ambos ecosistemas, Chávez (2024), reporta valores volumétricos mayores para

mismos ecosistemas en la zona los cuales han sido ajustados.

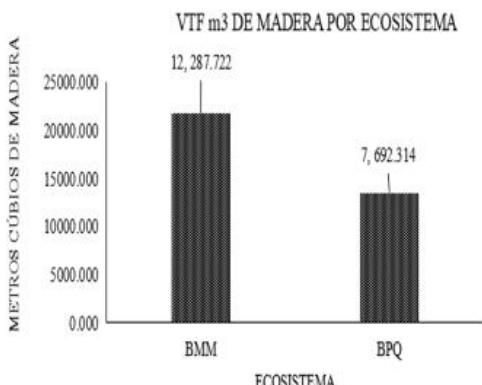


Figura 2. Volumen comparado por ecosistemas entre BMM y BPE.

Agrupamiento jerárquico de las UMM en el área de estudio

El dendrograma es una representación gráfica del análisis clustering jerárquico aplicado a los datos obtenidos en el área de estudio, donde los elementos se agruparon en función de sus similitudes. En este gráfico, el eje horizontal representa los índices de muestra, mientras que el eje vertical indica la distancia o disimilitud entre los grupos fusionados. La estructura jerárquica del dendrograma permite identificar diferentes niveles de agrupamiento y analizar la relación que presentan entre sí las UMM.

Desde una perspectiva general, se observa que los elementos en la parte inferior del gráfico representan las unidades individuales, las cuales se combinan progresivamente en grupos a medida que se asciende en el dendrograma. La altura en la que ocurre cada fusión es un indicador clave de la similitud entre los elementos: las uniones a alturas bajas indican una fuerte relación entre las UMM, mientras que las fusiones a

alturas elevadas marcan diferencias significativas entre los grupos formados.

Al analizar la estructura jerárquica del dendrograma, se pueden identificar distintos conglomerados que reflejan la similitud entre las UMM. En primer lugar, se distingue un grupo de unidades que se fusionan a distancias relativamente bajas, lo que indica una alta similitud entre ellas. El primer grupo se forma por las UMM 17, 10, 11, 5, 19, 20, 21, 13, 4, y 3, los cuales presentan características homogéneas. El segundo grupo, está formado por las unidades agrupadas en alturas intermedias, siendo 15, 14, 16, 9, 8 y 12, lo que significa que poseen similitudes moderadas entre sí. El tercer grupo, está formado por las unidades 7, 2, 1 y 6, cuya fusión ocurre a una distancia considerablemente alta. Lo que significa que son unidades distintas del resto y podrían representar una categoría separada dentro del conjunto de datos.

Desde un punto de vista analítico, las agrupaciones observadas en el dendrograma tienen importantes implicaciones en la interpretación de los datos. Las muestras que se agrupan a alturas bajas pueden considerarse como entidades homogéneas dentro del análisis, lo que es útil para la clasificación o segmentación de datos. Por otro lado, las fusiones a alturas elevadas evidencian diferencias sustanciales entre ciertos grupos, lo que indica que estos conjuntos de muestras poseen características distintivas que justifican su tratamiento diferenciado, Fig. 3.

Esquivel et. al. (2007), para determinar y evaluar los indicadores de base en el Ordenamiento Ecológico Territorial Comunitario (OETC), los ordenó en una matriz de datos tabulados y procesados a través de un

Tabla 1. Distribución de datos dasométricos por UMM en el área de estudio.

UMM	CODIFI-CACIÓN	DN (cm)	AT (m)	TP (años)	Edad (años)	Cober-tura (%)	AB/ha (m ²)	VTA/ha (m ³)	Superficie ha UMM	VTA m ³ /rodal
1	Pqh II 5, 5, 5	32.25	23.88	4.89	22.8	37.39	7.5972	96.413	4.16	401.076
2	Pq III 6, 5	41.65	22.59	7.50	54.2	60.16	15.7760	239.568	4.41	1056.495
3	Hpq IV 3, 6, 4	32.54	23.30	13.15	52.1	69.20	17.3274	272.974	9.86	2691.520
4	Pqh III 5, 4, 3	57.58	30.94	9.11	52.0	49.00	15.2160	243.150	7.26	1765.272
5	Phq IV 7, 6, 3	21.37	26.73	10.89	59.2	62.06	16.9334	302.607	2.50	756.518
6	Phq II 4, 2, 2	33.47	18.69	8.72	35.6	38.13	7.5215	72.797	6.70	482.127
7	Hpq IV 4, 7, 5	32.96	21.93	13.92	57.6	71.80	21.3419	338.518	6.18	2092.039
8	Pqh III 8, 3, 3	37.20	27.91	7.75	44.3	64.14	10.8198	190.791	48.67	1854.161
9	Pq II 4,2	30.81	17.45	4.52	19.1	25.18	6.4307	74.133	8.81	653.109
10	Ph II 7,6	42.76	36.14	5.56	30.2	22.46	6.7167	129.590	2.58	334.341
11	Ph II 3, 1	39.58	33.15	2.50	13.4	31.59	5.0046	90.779	4.24	384.902
12	P II 6	43.41	31.08	5.42	31.8	36.97	5.2285	83.602	4.07	340.261
13	P II 6	30.28	27.83	9.06	34.8	25.45	1.9897	29.395	6.64	195.185
14	Pq III 8, 3	50.23	30.10	4.56	23.1	46.69	10.6136	179.653	4.56	819.219
15	P IV 6	54.67	34.44	11.00	62.7	64.25	22.0886	379.193	3.04	1152.747
16	P II 5	44.86	24.00	4.44	29.0	21.99	5.0751	82.526	4.50	371.366
17	P II 7	37.48	37.25	6.00	27.0	25.04	4.6182	90.867	7.53	684.227
19	P III 6	53.09	28.17	5.50	30.1	43.69	15.4398	229.850	4.63	1320.140
20	Pq III 5, 2	33.83	21.26	9.17	46.8	42.79	13.9762	184.377	5.26	969.822
21	Qph III 6, 5, 3	37.49	21.53	7.11	29.4	47.76	14.7589	189.852	8.72	1655.507
	TOTALES/ PROMEDIOS	39.37	26.92	7.54	37.8	41.99	11.2237	175.032	154.32	19980.035

Dendrograma de Clustering Jerárquico

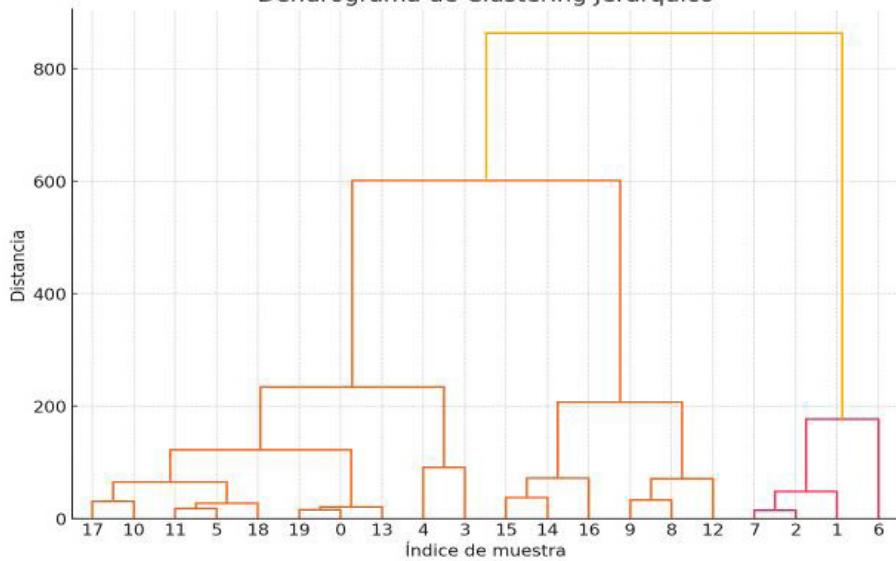


Figura 3. Dendrograma de similitud del estrato arbustivo de características de las UMM.

análisis de conglomerados por el procedimiento de CLUSTER (Información aplicada al Análisis Económico-Fondo Social Europeo, 2007; Chatfiel, 1980), separando los Ordenamientos en tres grupos: de la región templada, región tropical y el conjunto de todos de los ordenamientos elegidos, llegando a resultados de alta confiabilidad.

Índices de Valor de Importancia (IVI) de las especies del estrato arbustivo

En el estrato arbustivo se identificaron 25 familias, 46 géneros y 55 especies, sin considerar el estrato herbáceo, lo que evidencia una riqueza florística significativa en los ecosistemas analizados.

Abundancia relativa de las especies del estrato arbustivo

El análisis de la abundancia relativa de las especies muestra que la comunidad vegetal está dominada por pocas especies con alto número de individuos, mientras que la mayoría presenta baja representación. Se encontró que *Pteridium aquilinum* ocupa el 16.8% y *Verbesina greenmanii* el 9.9%, *Verbesina alternifolia* el 6.1 %, *Eupatorium* sp. el 4.5 %, *Mellinis minutifoera* el 3.7 %, *Oplismenus hirtellus* el 3.3 %, *Smilax pumila* Walter con 3.3 %, siendo las especies de mayor abundancia, después otro grupo como *Dendropanax* sp. con 2.9 %, *Salvia polystachya* con 2.9 %, *Smilax tamnoides* con 2.9 %, representando en conjunto más del 56.3% del total de individuos registrados. Estos resultados reflejan una estructura vegetal en la que unas pocas especies tienden a dominar el espacio y los recursos disponibles, lo que esta relacionado con su capacidad de adaptación a las condiciones del sitio o con posibles disturbios que favorecen su

propagación. Aun así, la presencia de muchas especies con baja abundancia mantiene un nivel aceptable de diversidad florística en el estrato.

Se identificaron gran número de especies con baja abundancia relativa desde 0.1 a 2.8%), lo que indica que son especies menos frecuentes o que tienen requerimientos ecológicos específicos.

Estos resultados indican que se trata de una comunidad con alta riqueza específica, pero con una distribución desigual, donde unas pocas especies dominan y otras tienen una presencia limitada en la Tabla 2 se presentan los valores porcentuales.

Castro, et. al. (2019), en sus resultados de las zonas de estudio afectadas por incendios recurrentes, encontraron tres especies de *Pinus* y dos de *Quercus*, que pudieron sobrevivir al los incendios el cual modificó su estructura o composición en el ecosistema evidenciando cuales especies son más resistentes a estos eventos, tomando como base la densidad, frecuencia y dominancia su Índice de valor de importancia (IVI) por hectárea de 5 especies de pino las más altas fueron; *Pinus oocarpa* 128.14%, *Pinus pininglei* 57.84%, de las especies de encinos *Q. rugosa* muestra un valor más alto 39.36%, como especies importantes en este ecosistema considerando su estructura física. En el área IV como testigo, se identificaron por hectárea 97 especies repartidas en 20 familias 48 géneros. De las cuales 21 especies son del estrato arbóreo, 20 para el arbustivo y 56 del estrato herbáceo, con diferencias no significativas en relación con los grupos botánicos de los datos registrado en este trabajo.

Tabla 2. Abundancia relativa de las especies arbustivas en el área de estudio.

Especie	Nº de plantas	Abundancia relativa (%)	Especie	Nº de plantas	Abundancia relativa (%)
<i>Aguacatillo</i>	34	2.8	<i>Muhlenbergia robusta</i>	25	2.0
<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.)	1	0.1	<i>Oplismenus hirtellus</i>	40	3.3
<i>Adiantum capillus-veneris</i>	5	0.4	<i>Oreopanax sp.</i>	15	1.2
<i>Ageratina havanensis</i> (Kunth)	1	0.1	<i>Parra</i>	4	0.3
<i>Argemone mexicana</i> y <i>A. ochroleuca</i>	1	0.1	<i>Passiflora lutea L.</i>	8	0.7
<i>Artostaphylos pungens</i>	10	0.8	<i>Phaseolus sp.</i>	24	2.0
<i>Arundo donax</i>	15	1.2	<i>Prunus salicifolia</i>	3	0.2
<i>Baccharis conferta</i>	13	1.1	<i>Psacalium peltatum</i>	1	0.1
<i>Bidens pilosa</i>	30	2.4	<i>Pteridium aquilinum</i>	206	16.8
<i>Calea urticifolia</i> (Mill.)	25	2.0	<i>Ricinus communis</i>	5	0.4
<i>Calliandra anomala</i>	25	2.0	<i>Rubus ulmifolius</i>	25	2.0
<i>Coriaria ruscifolia</i>	22	1.8	<i>Salvia coccinea</i>	28	2.3
<i>Crataegus pubescens</i>	25	2.0	<i>Salvia polystachya</i>	35	2.9
<i>Dendropanax sp.</i>	35	2.9	<i>Satureja macroura</i>	1	0.1
<i>Eringium sp.</i>	5	0.4	<i>Senecio tolucensis</i>	1	0.1
<i>Eryngium sp.</i>	25	2.0	<i>Sida acuta</i>	25	2.0
<i>Eupatorium sp.</i>	55	4.5	<i>Simplocos saponaria</i>	6	0.5
<i>Huique</i>	1	0.1	<i>Smilax pumila</i> Walter	40	3.3
<i>Inga spuria</i>	1	0.1	<i>Smilax tamnoides</i>	35	2.9
<i>Inga spuria</i>	11	0.9	<i>Solanum hispidum</i>	30	2.4
<i>Loselia mexicana</i>	5	0.4	<i>Taxicodendron radicans</i>	30	2.4
<i>Mellinis minutiflora</i>	45	3.7	<i>Tersntroemia pringlei</i>	20	1.6
<i>Mimosa sp.</i>	8	0.7	<i>Verbesina alternifolia</i>	75	6.1
<i>Mimosa sp. (rosa)</i>	18	1.5	<i>Vervesina greenmani</i>	122	9.9
<i>Muhlenbergia macroura</i>	7	0.6	<i>Wigandia urens</i>	1	0.1
Subtotal	423	34.4	Subtotal	805	65.6
			Total	1228	100.0

El estrato arbustivo desempeña un papel esencial en la estabilidad ecológica del ecosistema. Su presencia contribuye a la protección del suelo, reduciendo la erosión y mejorando la retención de humedad. Además, su diversidad estructural proporciona refugio y alimento a numerosas especies de fauna mayor y entomofauna, lo que fortalece la conectividad ecológica y la regeneración natural del bosque. Muchas de las especies arbustivas desempeñan un papel

relevante en los procesos de sucesión ecológica, facilitando el establecimiento de otras plantas y promoviendo la restauración de áreas degradadas.

La elevada diversidad del estrato arbustivo revela que se trata de un ecosistema funcional y resiliente, capaz de adaptarse a las condiciones ambientales y de responder a cambios en la dinámica forestal. Sin embargo, esta riqueza también nos indica

la necesidad de implementar medidas de conservación y manejo sostenible, ya que la alteración de este estrato podría afectar negativamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporciona.

4. Índices de diversidad

En la Tabla 3 se presentan los valores de índices ecológicos para evaluar la biodiversidad: Shannon-Winer, Simpson y Margalef, aplicados a distintas UMM. Estos índices permitieron medir tanto la riqueza de especies como su distribución, proporcionando información clave sobre la diversidad de cada unidad. La UMM 9, presenta el Índice de Shannon-Winer de 2.9, siendo el más elevado de toda la tabla, indicando gran diversidad. Este índice indica la presencia de múltiples nichos ecológicos y refleja la influencia de factores ambientales como la disponibilidad de luz, composición del suelo, altitud e interacción con otros estratos de vegetación, que favorecen la coexistencia de una amplia variedad de especies arbustivas.

EL Índice de Simpson es de 0.8, es valor alto lo que significa que las especies están distribuidas sin dominancia extrema; y el Índice de Margalef es de 6.1, excepcionalmente alto en comparación con las demás unidades, lo que significa una riqueza de especies mayor. Estos resultados conduce a que la UMM 9 tiene las condiciones ecológicas más favorables para el desarrollo de una comunidad diversa y equilibrada, debido a factores ambientales como la disponibilidad de nutrientes, menor perturbación o una mayor heterogeneidad del hábitat.

Analizando los valores promedio de todos las UMM, se tiene que el Índice de Shannon-Winer es de 1.5, lo que significa que existe una diversidad moderada en la

mayoría de las UMM; el Índice de Simpson es de 0.6, esto significa que en general, las especies están relativamente bien distribuidas sin dominio excesivo de una sola; y el Índice de Margalef es de 2.0, considerándose como riqueza de especies moderada.

Comparando estos valores con los de la UMM 9, se observa una diferencia significativa, ya que el Índice de Shannon-Winer es de 2.9, equivalente al doble del promedio de 1.5, lo que evidencia una mayor diversidad en esta unidad en comparación con el resto. Asimismo, el Índice de Margalef de 6.1 triplica el valor promedio de 2.0, lo que indica una riqueza de especies sustancialmente mayor en este sitio en particular.

La UMM 21, presenta los valores más bajos de todos los índices, el Índice de Shannon-Winer de 0.1, el de Simpson 0.0 y el de Margalef 0.3, lo que indica que se tiene un ecosistema extremadamente pobre en términos de biodiversidad, posiblemente debido a condiciones desfavorables o a la presencia de factores limitantes severos. Además, se observa una gran variabilidad en la riqueza de especies, ya que el Índice de Margalef oscila entre 0.3 y 6.1, mientras que los valores de Shannon-Winer y Simpson también muestran fluctuaciones importantes, lo que refleja una heterogeneidad significativa en las condiciones ecológicas entre las UMM.

Otros valores elevados del Índice de Simpson de 0.8 aparecen en las UMM 1 y 15, lo que indica que en estos sitios las especies están distribuidas uniformemente, aunque no necesariamente con la misma riqueza de especies que la UMM 9.

Tabla 3. Índices de diversidad de las especies arbustivas en el área de estudio.

UMM	Indice Shannon	Indice Simpson	Indice Margalef	UMM	Indice Shannon	Indice Simpson	Indice Margalef
1	1.9	0.8	2.1	12	1.9	0.6	2.5
2	1.5	0.6	2.2	13	1.5	0.7	1.9
3	1.6	0.5	1.6	14	1.8	0.7	2.0
4	1.5	0.7	1.9	15	1.7	0.8	2.1
5	1.2	0.6	1.7	16	0.7	0.7	1.9
6	1.6	0.4	2.0	17	1.5	0.7	1.8
7	1.5	0.7	1.9	19	0.7	0.1	0.6
8	1.8	0.6	2.2	20	1.5	0.4	1.7
9	2.9	0.8	6.1	21	0.1	0.0	0.3
10	1.5	0.7	1.7	Promedio	1.5	0.6	2.0
11	1.4	0.7	1.8				

Estos resultados son valiosos para comprender la distribución de la biodiversidad y pueden servir como base para estudios de conservación, manejo ambiental o monitoreo de cambios en el ecosistema, ayudando a identificar qué áreas requieren mayor atención para su preservación y qué factores pueden estar influyendo en la estructura de las comunidades ecológicas en cada unidad de manejo.

Diversidad Alfa

La diversidad alfa se refiere a la riqueza y composición de especies dentro de un ecosistema o sitio específico. En este análisis, se ha medido mediante los índices de Shannon-Winer, Simpson y Margalef, los cuales permiten evaluar diferentes aspectos de diversidad en cada UMM.

El índice de Shannon-Winer, mide la equitatividad y riqueza de especies, presenta valores entre 0.1 en la UMM 21 y 2.9 en la UMM 9, con un promedio de 1.5, indicando que la mayoría de los sitios tienen una diversidad moderada. El índice de Simpson, que mide la dominancia de especies, oscila entre 0.0 UMM 21 y 0.8 UMM 1, 9 y 15, lo que indica que en algunas zonas hay especies dominantes, mientras que en otras la comunidad está más equilibrada. El índice de Margalef, con el que se evalúo la riqueza específica, varía entre 0.3 en la UMM 21 y 6.1 en la UMM 9 con un promedio de 2.0,

lo que significa diferencias en la cantidad de especies entre los sitios analizados.

Diversidad alfa: grado de riqueza BMM del estrato arbóreo

La dominancia calculada mediante Simpson es baja ($D=0.151229$), por lo tanto, los índices de *Gini-Simpson* y de Margalef exhiben una alta diversidad en la comunidad ($H'=0.848771$) y ($D_{MG}=2.446346$).

Al calcular la equitatividad ($E=0.472320$) se observó que el ecosistema está medianamente dominado por cuatro especies; éstas ocupan una porción de los recursos tan grande según sea el tamaño de su población, por esa razón la estructura social del ecosistema se ajusta al modelo Broken stick.

Las especies más abundantes del BMM son: *Quercus crassipes*, *Clethra mexicana*, *Q. obtusata* y *Pinus douglasiana*.

Diversidad alfa: grado de riqueza BPQ del estrato arbóreo

El BPQ está constituido por un total de 13 especies, pertenecientes a cuatro géneros. Las especies exclusivas de este ecosistema son: *Pinus pringlei*, *P. oocarpa trifoliata*, *P. devoniana*, *Arbutus xalapensis* y *Fraxinus uhdei*. El cálculo de dominancia se interpreta como bajo ($D=0.148468$), por lo tanto, la diversidad de Simpson es alta ya que ésta es inversamente proporcional ($H'=0.851532$) y ($D_{MG}=2.570346$). La equitatividad de los recursos es moderada ($E=0.481104$); el entorno está dominado por dos especies muy numerosas dentro de la comunidad (*Pinus pseudostrobs* y *P. pringlei*). De la misma ma-

nera, la estructura social se ajusta al modelo Broken stick.

Diversidad Beta

La diversidad beta midió la variación en la composición de especies entre los diferentes sitios, reflejando el grado de heterogeneidad en la comunidad biológica. El Índice de Jaccard de similitud para el estrato arbóreo es de $J = 0.421052$, similitud del 42.1% entre las especies de ambos ecosistemas y para el estrato arbustivo un valor de 0.2, esto indica que hay una baja similitud entre los sitios evaluados, el 20% de las especies son compartidas entre los sitios comparados, mientras que el 80% de las especies son diferentes. Esto conduce a que se presenta alta diversidad y que la composición de especies varía significativamente entre las distintas UMM. Este resultado se debe a factores como variaciones en el hábitat, disponibilidad de recursos, barreras ecológicas o presiones ambientales específicas de cada unidad.

Dado este escenario, la alta diversidad beta observada resalta la importancia de conservar múltiples áreas dentro de la región de estudio, ya que cada una alberga especies distintas y contribuye de manera única a la biodiversidad total del ecosistema.

Diversidad Gamma

La diversidad gamma representa la diversidad total en la región estudiada, integrando la diversidad alfa y beta para proporcionar una visión general de la biodiversidad. En este caso, la combinación de sitios con alta diversidad como es el caso de la UMM 9 y otros con baja diversidad como la UMM 21 resulta una diversidad gamma moderada.

La diversidad gamma intermedia conduce a que, aunque existen zonas con comunidades biológicas ricas y equitativas, hay otras con baja riqueza específica, disminuyendo el valor global de la diversidad en la zona de estudio. La presencia de sitios con diferencias marcadas en su composición también indica que ciertos factores ecológicos están favoreciendo la biodiversidad en algunas áreas y limitándola en otras.

El análisis de la diversidad gamma es importante para entender la biodiversidad a gran escala y puede servir como base para estrategias de conservación y manejo, asegurando que se protejan tanto los sitios con alta diversidad como aquellos que presentan menor riqueza, pero pueden ser vulnerables a cambios ambientales.

Castro, et. al. (2019), en sus áreas de estudio por afectaciones por incendios en zonas aledañas, presenta resultados de estos índices muy similares a los determinados en esta investigación: Índice de Margalef: Muestra un índice/ha de 2.9 para el estrato arbóreo, 2.3 en el estrato arbustivo y para el estrato herbáceo de 4.2. En promedio de los tres estratos el índice es 3.1, considerándose como diversidad media.

Índice de Shannon: El estrato arbóreo tuvo un valor de 2.5, el arbustivo 1.9 y en el herbáceo 2.8 por hectárea. A nivel del área IV se agrupan los tres estratos este índice tiene valor de 2.4. El índice es sensible a bajas riquezas, se considera que este resultado no es muy bajo y demuestra que aún hay una gran cantidad de especies considerando que es un área perturbada constantemente por los incendios.

Índice de Simpson: El resultado de este índice fue, estrato arbóreo 0.10, el estrato arbustivo de 0.25 y herbáceo de 0.15,

el estrato herbáceo y arbóreo tienen un valor más cercano a 0, indicando que tienen mayor diversidad de especies que el estrato arbustivo, esto se ve reflejado en el número de especies con relación al número de individuos ya que el estrato arbóreo tiene pocas especies pero su número de individuos por hectárea es bajo como pasa en el estrato herbáceo, en el estrato arbustivo porque son pocas especies con muchos individuos, cuando se agrupan los tres estratos se obtiene un índice de 0.2, se considera zona de diversidad media tomando en cuenta los parámetro que maneja Sonco (2013), El valor de D oscila entre 0 y 1: entre más cercano sea a 0 significa más alta diversidad.

Relación entre la estructura del estrato arbóreo y el arbustivo

La estructura del estrato arbóreo y arbustivo en los bosques mesófilo y de pino-encino refleja diferencias en la composición y distribución de especies, influenciadas por factores ambientales como se indicó en la diversidad Beta. La relación entre estos dos estratos dentro de cada bosque determina la dinámica ecológica y la estabilidad de la comunidad vegetal.

En el bosque mesófilo, el estrato arbóreo está formado por especies del género *Pinus*, *Cupressus*, *Abies*, *Quercus*, *Carpinus*, *Clethra*, *Arbutus*, *Cornus*, *Fraxinus*, *Garrya*, *Inga*, *Zymplocos*, *Ternstroemia*, *Prunus*, *Tilia*, *Dendropanax*, *Oreopanax*, *Crataegus*, *Laurus*, *Ulmus*, *Pacata* y otras con nombres vulgares no identificados, en zonas de barrancas, formando microhábitats del bosque mesófilo de montaña. Se observa una estructura en la que los árboles generan una cobertura densa, lo que influye en la disponibilidad de luz y favorece el desarrollo de un estrato ar-

bustivo adaptado a condiciones de sombra o menor radiación solar.

En el bosque pino-encino, la composición arbórea y arbustiva varía significativamente. Especies como *Pteridium aquilinum*, *Verbesina* y *Mimosa*, dominan el sotobosque, lo que nos permite considerar que se trata de una mayor presencia de arbustos y un menor dominio del estrato arbóreo. La presencia de especies como Tejocote y Aguacatillo indica que, aunque existen árboles en la comunidad, su densidad es menor en comparación con el bosque mesófilo, permitiendo una mayor penetración de luz solar en el sotobosque y favorecer el crecimiento de arbustos.

Estos patrones conducen a que el bosque mesófilo tiene una estructura más estratificada, mientras que el bosque pino-encino permite una mayor proliferación del estrato arbustivo. Estas diferencias en la relación entre ambos estratos influyen en la composición florística y en la biodiversidad general de cada ecosistema, reflejando su adaptación a distintas condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

El estudio permitió identificar la composición de la diversidad de especies vegetales que determinan la estratificación vertical arbórea formada por 14 especies de coníferas del género *Pinus*, *Cupressus* y *Abies*, 10 especies del género *Quercus* y 17 géneros y especies de latifoliadas en total 41 especies arbóreas en zonas de barrancas, formando microhábitats del bosque mesófilo de montaña y el bosque de pino encino y 46 géneros y 55 especies del estrato arbustivo, agrupados en 25 familias. Lo que refleja alta diversidad florística y que los ecosistemas poseen condiciones ambientales que favorecen el

establecimiento y permanencia de una variada comunidad de especies arbustivas.

La diversidad alfa varía en cada ecosistema, con algunas especies dominantes en cada bosque. El Índice de Jaccard de 0.2 confirma una alta diversidad beta, lo que implica que la mayoría de las especies no se encuentran en ambos bosques, sino que son exclusivas de uno u otro.

La diversidad beta, evaluada a través Índice de Jaccard y soresens de similitud para el estrato arbóreo es de $J = 0.421052$, con similitud del 42.1% entre las especies de ambos ecosistemas, para el estrato arbustivo indica que solo el 20% de las especies son compartidas entre los sitios comparados, mientras que el 80% son exclusivas de cada sitio, lo que conduce a contrastes en las condiciones ambientales, disponibilidad de recursos o presencia de barreras ecológicas que influyen en la distribución de las especies, siendo necesario estudiar las conexiones entre los ecosistemas y cómo estos cambios pueden impactar la biodiversidad regional.

La diversidad gamma se mantiene en un nivel moderado, resultado de la coexistencia de sitios con alta y baja diversidad y conduce a la necesidad de dar atención a las áreas de baja diversidad para su conservación generacional.

Estos resultados constituyen una base fundamental para futuras investigaciones relacionadas con la ecología, conservación y manejo sostenible del bosque estudiado.

Además, resaltan la necesidad de implementar estrategias de monitoreo y conservación, especialmente ante posibles impactos antrópicos que puedan afectar la composición florística y la dinámica de la vegetación en la región.

Un enfoque integral que contemple la variabilidad entre sitios garantizará una mejor gestión de los ecosistemas y contribuirá a la sostenibilidad de la biodiversidad en la región.

REFERENCIAS

Aguilar R. M. y Mas. 1988. Curso sobre determinación de calidad de estación; SARH, CIFAP-MICH., CE-URUAPAN, MICH.

Bello, G. y Madrigal, S. 1996. Estudio florístico del Campo Experimental “Barranca del Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán. Folleto Científico Núm. 2, INIFAP.

Bouza, C., y Covarrubias, D., 2005. Estimación del índice de diversidad de Simpson en m sitios de muestreo, Artículo Revista Investigación Operacional Vol. 26, No. 2, 2005.

Castro et al. (2019). Resiliencia y Sostenibilidad de Ecosistemas Forestales Impactados por Incendios en el Municipio de Uruapan, Michoacán. Uruapan del Progreso: UMSNH.

Curtis, J. T., & McIntosh, R. P. (1951). An Upland Forest Continuum in the Prairie-Forest Border Region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476-496.

Chávez, H. J. A. 2024. ESCOLITINOS COMO INDICADORES DEL ESTADO DE SALUD DEL BOSQUE MESÓFILO DE MONTAÑA DEL CERRO LA CRUZ, URUAPAN, MICHOCÁN, Tesis Profesional de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” UMSNH. P.P. 102.

Chávez H. y M. y Gómez Tagle R. A. 1984. Principales interacciones entre los suelos forestales de las coníferas del cerro “La Cruz”, Mich. Tesis profesional UNAM, México, D. F. 75 P.

Chatfield C. and Collins A. J. 1980. Introduction to multivariate analysis . First published by Chapman and Hall. London New York. Printed in Great Britaain at the University Press, Cambridge, 245 Pp.

Esquivel et. al. 2007. Propuesta metodológica y de Ordenamiento Ecológico Territorial Comunitario en el Ejido El Valle y Anexos, Arteaga, Michoacán. Tesis doctoral en Ciencias Forestales, por el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De Méx. Pp. 132.

Esquivel, C. J. y Castro, C. R. 2017. Valor y sostenibilidad de ecosistemas forestales impactados por incendios forestales en la Comunidad Indígena Barrio de San Juan Bautista, municipio de Uruapan, Mich.", México.

Esquivel C. J. et al. 2018. Resiliencia del bosque natural de pino ante los impactos de incendios en la Zona de Protección Forestal, municipio de Uruapan, Mich., Congreso Internacional de Recursos Naturales.

Esquivel, et. al. (2024). CONSERVACIÓN Y CALIDAD DE SITIO DEL BOSQUE MESÓFILO Y DE PINO-ENCINO EN LA ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CIUDAD DE URUAPAN, MICH., MÉXICO. JPB Review. International Journal Of Professional Business Review. ISSN: 2525-3654. DOI: <https://doi.org/10.26668/businessreview/2024.v9i12.5229>

Gerardo Santana, M. M.-S. (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, 1104-1116.

Información aplicada al análisis económico-Fondo Social Europeo. 2007. Análisis cluster, 15 Pp.

Orellana, L. J., 2009. Determinación de índices de diversidad florística arbórea en las parcelas permanentes de muestreo del valle de Sacta,

Tesis de Título De Técnico Superior Forestal. Universidad Mayor De San Simon, Facultad De Ciencias Agrícolas forestales y veterinarias, Escuela De Ciencias Forestales. Cochabamba, Bolivia.

Villavicencio, E. L. 2002. Caracterización Agroforestal del Sistema Rusticano de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. Tesis de Maestría por el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. De Méx. Pp. 88.

López Hernández, J. A., Aguirre-Calderón, O. A., Alanís-Rodríguez, E., Monarrez-Gonzáles, J. C., González-Tagle, M. A., & Jiménez-Pérez, J. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. Madera y Bosque, 39-51.

Yolotzín Martínez Ruiz, M. E. (2016). Dinámica Espacio Temporal del Bosque Nublado y su Estado Sucesional en el Estado de Michoacán, México. Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica, 233-247.