UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA DE UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO CON RELACIÓN AL GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA AMAZONIA CENTRAL.

AUTOR(ES):

Luis Alejandro Marmolejo Diaz

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Yudel García Quintana PhD.

Puyo - Ecuador

2022

Estructura y diversidad florística de un bosque siempreverde piemontano con relación al gradiente altitudinal de la Amazonia Central

Luis Alejandro Marmolejo Diaz [1]
for2017054@uea.edu.ec

Yudel García Quintana [2]
ygarcia@uea.edu.ec

[1,2]Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Forestal

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la estructura y diversidad florística de dos sitios de un bosque siempreverde amazónico con relación al gradiente altitudinal de la Amazonía Central. Para ello se consideró la información obtenida de un inventario florístico en dos zonas de importancia: la Reserva de la Isla Ecológica Marina Miller- IEMM (sitio a) ubicada a 390 msnm en la Provincia de Napo, y la Reserva Merazonia (sitio b), ubicada a 1300 msnm en la provincia de Pastaza. Los resultados de la composición florística indicaron que las especies más representativas fueron: *Irealtea deltoidea, Mabea standleyi, Otoba glycycarpa, Inga heterophylla y Piptocoma discolor*. La posición sociológica (PS) indicó un patrón de distribución vertical discontinuo para los dos sitios de estudio. La estructura horizontal y vertical reportó el predominio de clases inferiores (10-20 cm DAP) y las especies de mayor importancia ecológica fueron *Ireartea deltoidea* y *Mabea standleyi*. La riqueza y diversidad de especies fue mayor en la Reserva Merazonia, resultando el de mayor grado altitudinal, con un porcentaje de similitud de especies de 22%. Este estudio brindó información relevante en cuanto a la estructura y diversidad en sitios pocos conocidos y de alto valor ecológico.

Palabras Clave*:* bosque siempreverde, inventario florístico, composición, estructura y diversidad.

Abstract

The objective of this research work was to evaluate the structure and floristic diversity of two sites of an Amazonian evergreen forest in relation to the altitude gradient of the Central Amazon. For this, the information obtained from a floristic inventory in two important zones was considered: the Reserve of the Marine Ecological Island Miller- IEMM (site a) located

at 390 meters above sea level in the Province of Napo, and the Merazonia Reserve (site b), located at 1300 meters above sea level in the province of Pastaza. The results of the floristic composition indicated that the most representative species were: *Irealtea deltoidea*, *Mabea standleyi*, *Otoba glycycarpa*, *Inga heterophylla* and *Piptocoma discolor*. The sociological position (PS) indicated a discontinuous vertical distribution pattern for the two study sites. The horizontal and vertical structure reported the predominance of lower classes (10-20 cm DBH), and the species of greatest ecological importance were *Ireartea deltoidea* and *Mabea standleyi*. The richness and diversity of species was greater in the Merazonia Reserve, resulting in the highest altitude grade, with a percentage of species similarity of 22%. This study provided relevant information regarding the structure and diversity of little-known sites of high ecological value.

***Keywords**:* evergreen forest, floristic inventory, composition, structure and diversity.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales principalmente se pueden encontrar en la zona ecuatorial, donde es posible tener estabilidad climática, menor estacionalidad, temperaturas altas y así también altas precipitaciones (Jiménez et al., 2017).

En el Sistema de clasificación de los ecosistemas del ecuador continental del Ministerio del ambiente, los bosques en el ecuador están clasificados según algunos factores de diagnóstico, en este caso el bosque siempreverde piemontano se ubica en la fisonomía de bosque, posee un bioclima pluvial con un ombrotipo húmedo e hiperhumedo, su fenología es siempreverde, la geoforma y el relieve general es de Montañana, piedemonte como microrelieve, su altitud va desde los 400-1200 msnm, en lo que se refiere a la inundabilidad general este ecosistema tiene un régimen no inundable (MAE, 2013).

Para (Baquero, 2004), el ecosistema del bosque siempre verde pie montano esta caracterizado por árboles que llegan a medir hasta los 30 metros de altura y poseen gran concentración de epifitas y un sotobosque arbustivo y herbáceo. Este tipo de ecosistema está formado por un bosque denso que va desde los 15 a 35 metros de altura con varios estratos de estructura compleja, en lo que respecta a la estructura florística esta caracterizado por especies andinas macrotérmicas en asociación a flora de la amazonia occidental , este tipo de bosque se ubica sobre sustratos ácidos y suelos drenados y lugares con un relieve muy

variable algunas de las familias de las formaciones vegetales que se pueden localizar en este ecosistema son Arecaeae, Myrtaceae, Fabaceae, Urticaceae, Malvaceae, como principales (MAE, 2013).

La biodiversidad o riqueza biológica de un área geográfica determinada está dada por observar su vegetación, conceptualizando la vegetación como el conjunto de elementos florísticos que ocupan una superficie determinada y que en conjunto van conformando estructuras distintas, logrando así conformar bosques, matorrales, paramos, etc, así, toda esta cubierta que se va formando tiene su propia composición florística, estructura y diversidad que consagran sus elementos florísticos que lo caracterizan y originan su nombre, por otro lado la flora está dada por elementos florísticos como las especies, que a su vez siendo distintas forman poblaciones que pueden ser árboles, arbustos, hierbas, epifitas que se van determinando por varios factores ambientales como la humedad, precipitación, temperatura, tipo de suelo, en este contexto todos estos elementos son aspectos muy importantes para poder determinar acciones de manejo y conservación florística (Mendoza, 2013). Los estudios florísticos se han desarrollado a lo largo de muchos años y se dan a manera de guías ilustradas, monografías, y son de gran importancia en el crecimiento y difusión del conocimiento botánico, dicho conocimiento va más allá que enlistar las plantas o describir una especie en particular puede también dar pie a estudios donde se determine la ausencia o prevalencia de determinadas poblaciones vegetales a lo largo del tiempo, respaldando su distribución con colectas permanentes que reposan en herbarios; es así, que los inventarios florísticos pueden evaluar la riqueza y la estructura de sitios determinados en todos los tipos de ecosistemas. En el presente trabajo de investigación se pretende evaluar la estructura y diversidad florística de dos sitios de un bosque siempreverde amazónico en relación al gradiente altitudinal de la Amazonía Central.

II. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

A. Área de estudio

El trabajo se desarrolló entre dos sitios de importancia ecológica dentro de remanentes del bosque siempreverde piemontano, ubicado en la Provincia de Napo y Pastaza. Son identificados como bosques densos con un dosel cerrado de 20 m de alto en donde los árboles emergentes sobrepasan los 30 m, con alturas que van de los 350 y 1400 msnm (MAE, 2013).

Las zonas de estudio donde se llevaron a cabo los trabajos de la presente investigación están comprendidas en la Amazonía Central (Figura 1).

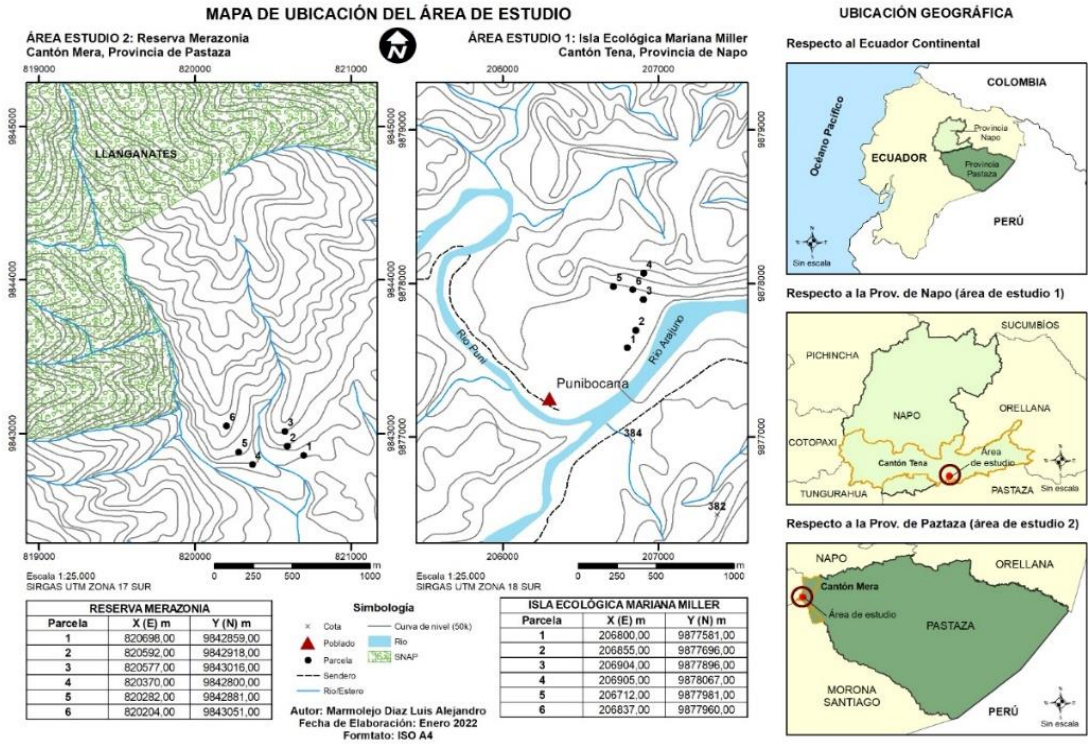

Figura 1. Localización del área de estudio: Reserva Merazonía y Reserva de la Isla Ecológica Mariana Miller.

Fuente. Elaboración propia del autor.

Área 1; Reserva Merazonía – RM (Área b) localizada en la faja de amortiguamiento del Parque Nacional Llanganates con una precipitación anual de 4119 mm, temperatura promedio anual de 21.3 °C y una altitud que va desde los 1250 a los 2000 msnm. Ubicada dentro del cantón Mera provincia de Pastaza.

Área 2; Isla Ecológica Mariana Miller – IEMM (Área a) localizada en la afluencia del río Arajuno junto la desembocadura del río Puní, llegando a encontrar una reserva de bosque en toda su extensión, donde su precipitación anual es de 3900 mm, temperatura que oscila entre los 18 °C a los 34 °C, con un rango altitudinal entre los 300 a 600 msnm. Georreferenciada en la parroquia Puerto Misahuallí perteneciente al cantón Tena provincia de Napo.

La Tabla 1 muestra las características geográficas de los dos sitios de estudio.

Tabla 1. Características geográficas de los sitios de estudio.

Provincia	Zona	Coord X	Coord Y	Altura (m)
Pastaza	Merazonía	9843051	820204	1415
Napo	IEMM	9877192	206590	390

Fuente. Elaboración propia del autor.

B. Tipo de investigación

El presente trabajo se basó en la utilización del método de observación *in situ* y medición. Partiendo del método observación *in situ* se evidenciarán las perturbaciones presentes en dos sitios de bosques diferenciados por su gradiente altitudinal. Los datos obtenidos del inventario florístico fueron: altura y diámetro, lo cual facilitó evaluar la composición estructural, riqueza, diversidad y variación de especies por el gradiente de altitud.

Así también, se realizó un recorrido dentro del bosque dentro de cada zona con la finalidad de conocer el área visualizando su topografía y componente arbustivo lo más homogéneo para establecer las parcelas de manera que se pudo tener una muestra representativa de la población presente georreferenciando los sitios para su mapeo. El número de parcelas establecidas por área de estudio fueron seis unidades rectangulares con dimensiones 20x25 cubriendo un área de 500m^2, establecidas aleatoriamente con un interlineado de 100m lineales entre parcela. Se realizó el encierro del área mediante piolas donde se procedió a marcar y recolectar datos de aquellos individuos cuyo diámetro a la altura del pecho sea mayor o igual a 10cm (DAP≥10cm).

La identificación de los individuos se realizó *in situ* con la colaboración del curador ancestral kichwa Gabriel Grefa, mismo que mediante su amplia experiencia en el reconocimiento de estos tipos de vegetación permitió identificar el taxon en cada individuo y luego se corroboró la identificación en laboratorio con la ayuda del internet, libros y revistas electrónicas que contienen información almacenada del registro de especies para estos bosques.

C. Metodología para determinar la estructura ecológica de los sitios del Bosque Siempreverde Piemontano

Estratificación Vertical

La estructura vertical se determinó mediante clasificación de estratos, de acuerdo con los criterios propuestos por (Oliva Godínez-Ibarra & Lauro López-Mata, 2002), permitiendo

determinar el grado de concentración arbórea en este tipo de bosque con su dosel.

Sotobosque

h ≤ 10 m

Dosel intermedio

h > 10 m ≤ 20 m

Dosel superior

h > 20 m

Posición Sociológica

La posición sociológica de cada especie permitió determinar el porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos, facilitando obtener el valor fitosociológico del piso que ocupan las especies en las masas forestales (Oswaldo Jadán1 et al., 2016).

VF= Valor fitosociológico del estrato; n= número de individuos del estrato; N= número total de individuos de todas las especies.

$$VF = \frac{n}{N}$$

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

Dónde:

PSa= Posición sociológica absoluta

VF= Valor fitosociológico del estrato

n= número de individuos de cada especie

i: inferior; m: medio; s: superior

Estructura Horizontal

La distribución de todos los individuos por clases diamétricas se clasificó en cinco estratos de diferentes intervalos (Tabla 2), dando a conocer la densidad de especies según el crecimiento diamétrico para cada área en relación con su vegetación arbórea (Patiño et al., 2005).

Tabla 2. Intervalos para las clases diamétricas.

Estratos	Intervalos (DAP)
1	10-20
2	20-30
3	30-40
4	40-50
5	>50

Fuente. Elaboración propia del autor.

Coeficiente de Mezcla

El coeficiente de mezcla (CM) permitió identificar la intensidad con las que se mezclan las especies respecto a los individuos en los distintos estratos de bosques logrando determinar su grado de homogeneidad o heterogeneidad al que puede encontrar estos ecosistemas de bosques siempreverde Piemontano (Morales-Salazar et al., 2012). El CM demostró cuanto más grande sea el denominador, el bosque será más homogéneo y viceversa, mientras este valor disminuya tendremos un área heterogénea.

$$\boldsymbol{CM} = \frac{n° \; de \; especies}{\text{n° de arboles}}$$

Índice de Valor de Importancia Ecológica

Los elementos del IVIE adquieren variables cualitativas generando pruebas sólidas de calificación e inferencia sobre los análisis de correspondencia y componentes arbóreos principales permitiendo comparar el peso ecológico de las especies que se localizan en una comunidad vegetal (de Arenales et al., 1995).

$$\boldsymbol{IVIE} = AR + DR + FE$$

Abundancia Absoluta

Se expresa como Aa el número total de individuos de una especie específica dentro del área de estudio.

Abundancia Relativa

Se determina el Ar obtenido del Aa de cada especie la cual esta expresada en porcentaje.

$$\boldsymbol{Ar} = \frac{Aa}{At} * 100$$

Donde:

Aa: Número de individuos de cada especie

AT: Abundancia Total

Dominancia Absoluta

Se expresa como Da constituyendo la sumatoria de las áreas basales de los individuos por especie.

Área Basal

El AB se determinará con la ayuda de la siguiente formula:

$$\boldsymbol{AB} = 0{,}7854 * DAP^2$$

DAP: Diámetro a la altura del pecho (m)

Dominancia Relativa

La Dor es el valor de Da expresado en porcentaje obteniéndolo con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Dor} = \frac{Doa}{DoT} * 100$$

Donde:

Doa: Dominancia de la especie

DoT: Dominancia total

Frecuencia Absoluta

Expresada como Fa la cual expresa el número de unidades del registro por especie en las que se encuentra una especie.

Frecuencia Relativa

La Fr se determina en base a Fa partiendo de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Fr} = \frac{Fa}{TOTAL\ DE\ UNIDADES\ MUESTREADAS} * 100$$

B) Determinación del Índice de Riqueza y Diversidad Florística de un Bosque Siempreverde Piemontano.

El cálculo de los distintos índices de riquezas permitió determinar el número de especies dentro de una zona con relación a los individuos, mientras que el obtener la diversidad en zonas de bosques permite conocer la relación existente de riqueza para una determinada área en estudio.

1) Diversidad Alfa

Los índices de diversidad alfa que se emplearon fueron: Shannon, Simpson y Margalef, los cuales son modelos de abundancia derivado de una serie logarítmica que usa solo el número de especies (S) y el número total de individuos (N) (Alejandro Juárez et al., 2016).

La riqueza de especies se obtuvo mediante la aplicación del Índice de Margalef, el cual está comprendido entre la relación que existe en el número de especies y el número total de individuos inventariados, donde este se encuentra de manera proporcional al tamaño de la muestra (Ramón Margalef, 1995).

$$\boldsymbol{Dmg} = S - \frac{1}{lnN}$$

Donde:

S: número de especies

N: número total de individuos

El índice de Shannon ha sido usado como medida de diversidad y Simpson se encontró expresando la dominancia, mismos que se obtiene con la ayuda del programa Biodiversity Professional (Ramón Margalef, 1995), con la aplicación de la presente ecuación:

Shannon

$$\boldsymbol{H'} = \sum \pi \ln \pi$$

Simpson

$$\boldsymbol{\lambda} = \sum \pi^2$$

2) Diversidad Beta

La beta diversidad puede calcularse a partir de coeficientes de similitud o disimilitud la cual demostró el grado de cambio o reemplazo en la vegetación (Farinós, 2012). El coeficiente de similitud Sorensen se lo estimó mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

a: Número de especies registradas en la zona alta.

b: Número de especies registradas en la zona baja.

c: Número de especies registradas en las dos zonas

C) Análisis de Clúster

De acuerdo con lo propuesto por de la Fuente Fernández (2011) mediante esta técnica estadística multivariada se genera el agrupamiento de elementos en busca de una homogeneidad dentro de cada grupo donde estos sean de menor diferencia entre sí. Con los datos de abundancia por parcelas se representó el dendrograma jerárquico, a partir de la agrupación de los datos obtenido del análisis de Bray-Curtis con un corte de similitud entre 35% (figura 2), cuya posición estuvo basada de forma conectiva en el nivel de similitud y disimilitud para los objetos de estudio.

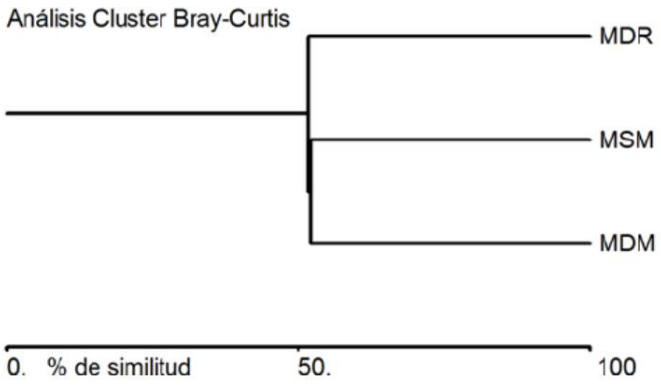

Figura 2. Análisis de Clúster Bray-Curtis, con un corte de similitud del 50%.

Análisis de Clúster permitió dividir las observaciones en grupos basándose en la proximidad o distanciamiento lejano de los elementos, donde las observaciones más cercanas caerán en

el primer clúster y las más lejanas estarán distribuidas en los diferentes clústeres.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición florística del Bosque Siempreverde Piemontano en la Amazonía Central

El inventario florístico realizado en los dos sitios objeto de estudio reportó para el sitio Reserva Isla Ecológica Mariana Miller (a) un total de 19 familias botánicas, 74 especies y 200 individuos, mientras que para la reserva Merazonia comprendida como el sitio (b) se obtuvo un total de 27 familias botánicas, 69 especies y 243 individuos (Figura 3). La composición florística es característico de los bosques húmedos tropicales donde se tiene una alta riqueza de especie y baja abundancia, así es notable una elevada variabilidad de familias botánicas pero una desproporcionada distribución de acuerdo con el número de individuos y especies (Manzano & Valdez, 2018).

Se determinó, de forma general, que aquellas familias cuya riqueza fue mayor no corresponde a tener un gran número de individuos sino más bien una alta concentración de especies, siendo la familia Fabaceae y Malvaceae las que reportaron mayor concentración de especies para los dos sitios. Esto concuerda con Alanís Rodríguez et al. (2010), los cuales reportan en su estudio a estas mismas familias con una baja cantidad de individuos, pero muy ricas en especies. Así como se recalca la representatividad de la familia Arecacea la cual está dada por la presencia de *Ireartea deltoidea* indicando un predominio en el grupo ecológicos de palmas que son predominantes en ecosistemas de bosques siempreverde piemontano.

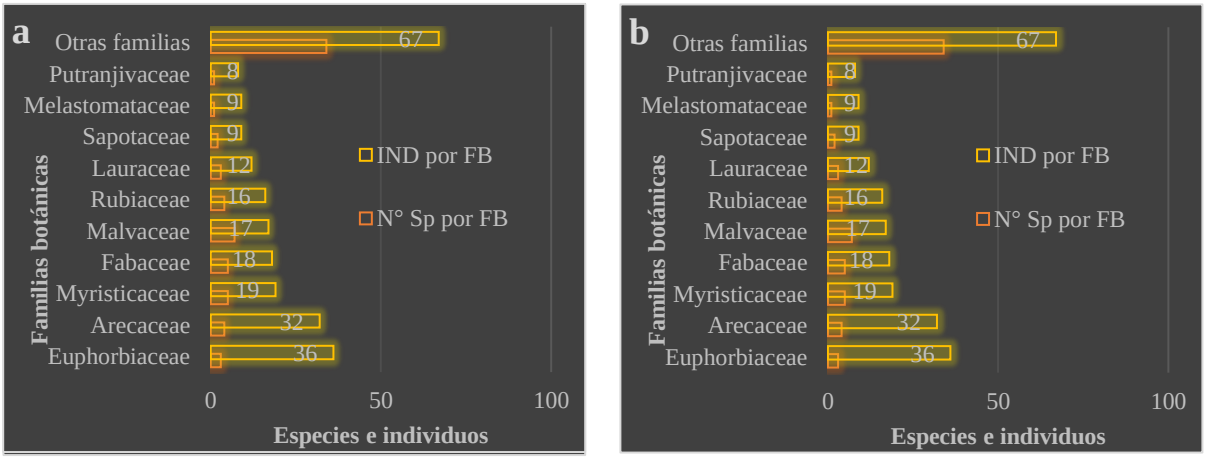

Figura 3. Composición florística (a) Reserva Isla Ecológica Mariana Miller, (b) Reserva Merazonia.
Fuente: Elaboración propia del autor.

Para Castro et al., (2021), Malvaceae es una de las plantas representativas del trópico, al igual que la descripción del ecosistema en estudio, Malvaceae forma parte de los grupos que predominan dentro del bosque siempreverde piemontano, dicha familia es originaria de la Amazonia distribuida a lo largo de Brasil, Colombia, Venezuela y Ecuador. En el presente estudio la familia Malvaceae se localiza dentro del sitio a del estudio, lo cual coincide con los hallazgos del autor que en su investigación escoge como objeto de estudio al género Matisia para relacionar su presencia en zonas amazónicas y su relación con especies polinizadores propias de la zona, es así, que el autor estudia la interrelación de organismos polinizadores del trópico con la presencia de Malvaceae en este tipo de ecosistema. Aunque el estudio solamente se lograron identificar 6 individuos de 3 especies diferentes de esta familia botánica, este hallazgo concuerda con las ideas del autor mencionado al reconocer a Malvaceae como una familia promisoria de las zonas de la amazonia. Así como la familia Fabaceae donde por su cosmopolaridad puede ser encontrada en diversos ecosistemas y pisos altitudinales por su amplia distribución ecológica, la cual ha registrado en varios estudios similares al menos una especie dentro de inventarios forestales para ecosistemas de bosques siempreverde piemontano.

Posición Sociológica de las especies

La posición sociológica de las especies en los distintos estratos permitió conocer el tipo de patrón vertical predominante para cada área en estudio, dando así que el sitio a (Figura 4) presenta una vegetación abundantemente concentrada en un solo estrato alcanzando un 73%, un 24% comparte el estrato medio e intermedio y solo el 5% de la población presenta presencia en los tres estratos. Mientras que para el sitio b este patrón vertical presentó la mayor concentración de especies en dos estratos, llegando alcanzar un valor porcentual del 57% y un 11%. El patrón característico de los dos sitios corresponde a una distribución vertical discontinua como reflejo del estado del bosque. Según Finol Urdaneta (1971), el análisis de las selvas vírgenes tropicales es importante conocer no solo su estructura horizontal, sino que también se debería determinar parámetros como la posición sociológica de las especies que permite obtener un rango ecológico para estas siendo este un factor clave para la planificación silvicultural de estos tipos de ecosistemas vírgenes tropicales.

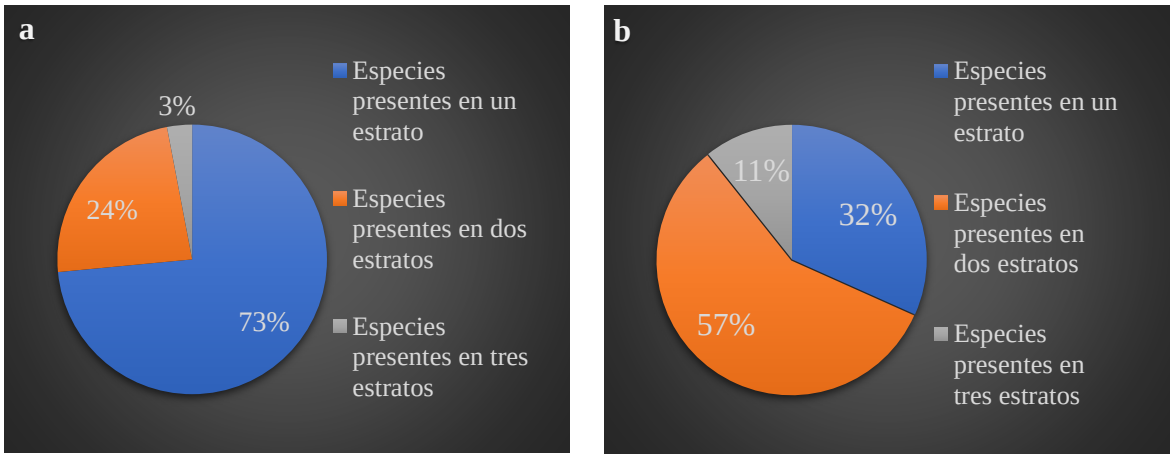

Figura 4. Especies presentes en los distintos estratos de la comunidad vegetal (a) Reserva IEMM, (b) Reserva Merazonia.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Estratificación Vertical

La determinación de la estratificación vertical reflejó una distribución proporcional para el sitio a, donde la mayor concentración de individuos estuvo dada en el estrato inferior (Figura 5) (≤ 10 m) concentrando un total de 147 individuos, seguida del estrato medio (10.1 – 20 m) con 47 individuos y el superior con 6 individuos, lo cual indica que este es un bosque joven en regeneración que no puede ser expuesto a talas o sufrir fenómenos naturales. De modo que para sitio b esta proporcionalidad de las especies respecto al estrato de bosque fue irregular ya que donde se registró una cantidad mayor de individuos fue en el estrato medio con un total de 140 individuos, seguido por el estrato inferior con 77 individuos y el superior con 26 individuos lo que hace característicos de estos tipos de vegetación tropical húmeda ya que su abundancia y riqueza está dada en los niveles inferior e intermedio de la población. Por lo que Méndez Osorio et al. (2018), en su estudio refuta que la mayor cantidad de individuos está dada en el estrato inferior de estos ecosistemas, llegando alcanzar un 50% dentro de la comunidad objeto de estudio del bosque con una mayor riqueza y alta densidad poblacional en estos estratos, además es importante considerar que la distribución vertical del dosel de los árboles tiende a ser una características forestal importante dentro del manejo de los recursos hídricos, los aspectos relacionados a la belleza paisajística y la producción de estos ecosistemas que muchas veces son intervenidos en su dosel superior, creando una competitividad en los estratos inferior por la luminosidad (Cierto et al., 2021).

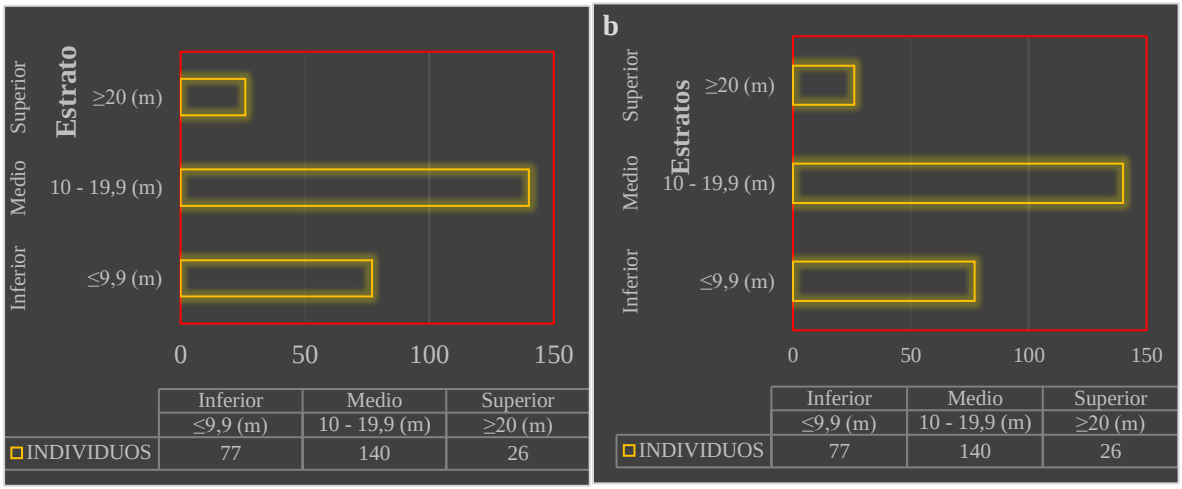

Figura 5. Abundancia de individuos por clases altimétricas (a) IEMM, (b) Reserva Merazonia.

Fuente: Elaboración propia del autor.

El elevado número de árboles y arbustos de estratos inferiores o denominado estrato arbustivo es propio de ecosistemas montanos tropicales (Quiñonez, 2012).

Distribución por clases diamétricas

La distribución por clases diamétricas comprendida en la Reserva Isla Ecológica Mariana Miller demostró un comportamiento donde la mayor concentración de individuos estuvo en la clase menor o igual 19.9 cm de DAP, teniendo un total de 112 individuos y una poca población que supera a 50 cm de DAP, al igual que la segunda clase diamétrica (20 – 29.9 cm) con un total de 52 individuos, la tercera clase diamétrica (30 – 39.9 cm) reportó 10 individuos y la cuarta clase diamétrica (40 – 49.9 cm) registró 15 individuos. En la reserva Merazonia se comportó diferente teniendo en la primera clase (10 – 19.9 cm) 135 individuos, seguido la segunda clase diamétrica que estuvo con 48 individuos, la tercera clase diamétrica con 43 individuos, la cuarta clase diamétrica con 10 individuos y la de mayor diámetro (≥ 50 cm) concentró 7 individuos (Figura 6). Dichos resultados confirman la existencia de condiciones ecológicas que al parecer estimulan la renegación natural que es asistida por un proceso de sucesión ecológica avanzada. La escaza representatividad de individuos en clases superiores se encuentra asociado a la presencia de poblaciones mezcladas en distintos ritmos de crecimiento, diferencia de edades, competencia por los recursos entre los individuos ya sean estos; luz, agua, nutrientes, espacio, y a la tala de especies con interés comercial. Según investigaciones realizadas en este tipo de ecosistemas es típico la “J” invertida que representa

una distribución de mayor concentración de individuos en las clases diamétricas inferiores (Aguirre Mendoza et al., 2018).

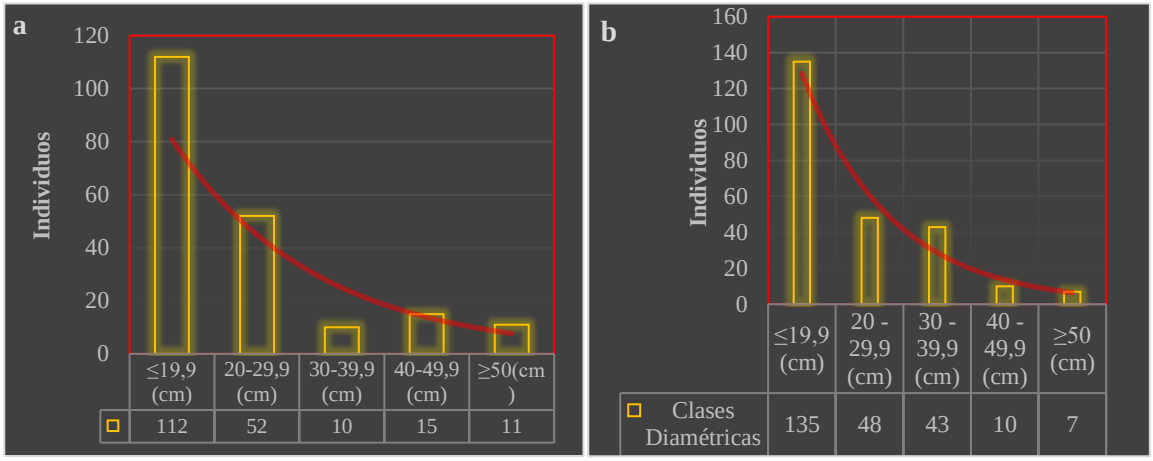

Figura 6. Abundancia de individuos por CD (a) IEMM, (b) Reserva Merazonia.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Coeficiente de Mezcla

El cociente de mezcla resultante en las dos áreas de estudios mostró valores que representan una mayor proporción en clases diamétricas inferiores (≤19,9), lo cual da como indicador que para el sitio a, se puede encontrar por cada dos individuos una especie diferente. Mientras que en el sitio b la proporción fue similar, concentrando una mayor cantidad de individuos en clases inferiores permitiendo obtener por cada 3 individuos una especie diferente (Tabla 2). De acuerdo con Bascope & Jorgensen (2005), para estos ecosistemas la mayor concentración de individuos está dado en los estratos inferiores, se reporta un cociente de mezcla de 1:8, dando a conocer que por cada ocho individuos se tendrá al menos una especie nueva, teniendo un ecosistema vegetal más homogéneo.

Tabla 2. Cociente de mezcla para cada una de las clases diamétricas del bosque siempreverde piemontano de los sitios de estudio.

Clase Diamétrica	Sitio a IEMM			Sitio b Reserva Merazonia		
	Número de Especies	Número de Individuos	Sitio 1	Número de Individuos	Número de Especies	Coeficiente de mezcla
≤19,9	52	112	1:2	135	45	1:3
20-29,9	10	15	1:2	7	6	1:1
30-39,9	31	52	1:2	48	36	1:1

40-49,9	8	10	1:1	43	24	1:2
≥50	10	11	1:1	10	9	1:1

Fuente: Elaboración propia del autor.

Índice de Valor de Importancia Ecológica a nivel de especie

Mediante la estructura horizontal evaluada se pudo conocer el comportamiento de los árboles de forma individual, así como de las especies, partiendo de parámetros ecológicos fundamentales en los ecosistemas para entender la relación existente entre su abundancia, frecuencia y dominancia relativa. De acuerdo con el índice de valor de importancia calculado a nivel de especie determinamos una población más heterogénea, puesto que las especies más dominantes son las menos abundantes y frecuentes. Tal es el caso para el sitio (a) donde las especies que sobresalieron por su peso ecológico fueron *Iriartea deltoidea* con un 20,04%, *Otoba glycycarpa* con un 9,52% y *Piptocoma discolor* con un 6,61%, ocupando los tres primeros niveles por su acumulado valor de importancia ecológica, mientras que el comportamiento de las otras especies hasta el décimo nivel tuvo una proporción de valores semejantes entre ellos (Figura 7).

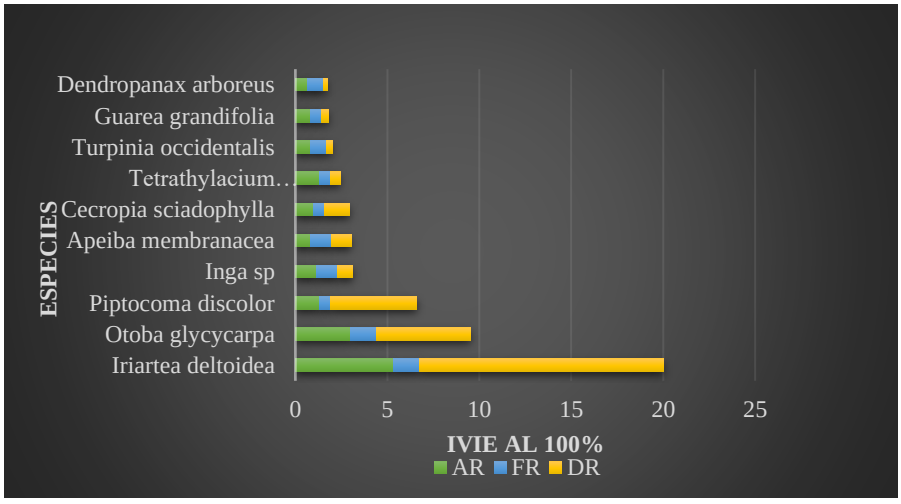

Figura 7. Índice de valor de importancia ecología de las especies en la reserva Isla Ecológica Mariana Miller.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Dentro del sitio (b) el grupo con mayor peso ecológico en el primer nivel *Mabea standleyi* con un 11,35%, *Otoba glycycarpa* con un 3,59% e *Ireartea deltoidea* con un 2,93%, estas especies representaron tener una mejor abundancia y mayor frecuencia dentro de este

ecosistema (Figura 8). Lo que se evidencia que el grupo sobresaliente de estos ecosistemas son las palmeras, las cuales tuvieron una gran importancia en la conformación de estos ecosistemas.

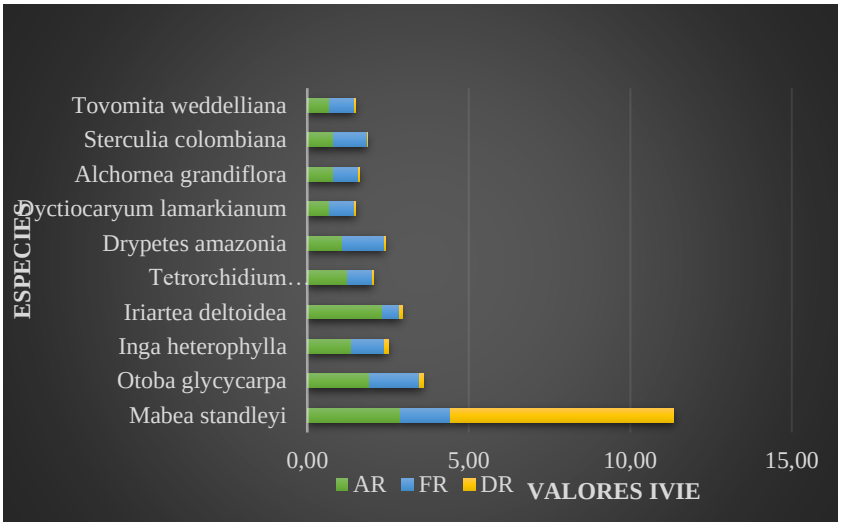

Figura 8. Índice de valor de importancia ecología de las especies en la Reserva Merazonia.

Fuente: Elaboración propia del autor.

En el caso del Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVIE) de las dos áreas de estudio (a y b) se apreció que no comparten la misma especie *Mabea standleyi*, siendo la que posee mayor dominancia para el sitio b y por otro lado en el sitio a la especie con mayor IVIE se ubicó *Ireartea deltoidea*, las dos alcanzando valores de hasta 11.5%. Para el caso de *Ireartea deltoidea* un estudio desarrollado por Svenning, (1999) demuestra que, a diferencia de la mayoría de las grandes palmeras absorbentes, esta especie al ser una palmera zancuda no requieren de lagunas para su crecimiento, es así, que en este caso la prevalencia de la especie por su tipo de adaptación a la pluviosidad típica del bosque siempre verde característico del área es innegable.

Diversidad y Riqueza de las especies del Bosque Siempreverde Piemontano de la Amazonia central

El índice de Shannon H' reportó que las parcelas P6 y P12 albergan una mayor diversidad florística, lo que pudiera estar asociado proporcionalmente a la distribución homogénea que prevalece en estas áreas, mientras que el índice de Margaleff reflejó que las parcelas de mayor riqueza de especies fueron P9, P10 y P11 (Tabla 3), lo que está ligado a su topografía donde su acceso es más complejo debido a su ubicación altitudinal (1500 msnm). La

dominancia estuvo determinada con mayores valores en las parcelas 1, 3 y 10, encontrándose de manera general un patrón característico donde las parcelas más diversas son las menos dominantes y viceversa. En este sentido Holguín-Estrada et al. (2021), en su estudio determinó que la variabilidad altitudinal muestra una riqueza y dominancia significativa entre los intervalos de altitud, mientras que el índice de Shannon no presento diferencia significativa alguna; donde el conocer la estructura de estos ecosistemas a diferentes intervalos altitudinales sirve para referenciar los posibles cambios que pueden surgir a futuro.

Tabla 3. Índice de riqueza y diversidad a escala alfa para las parcelas del bosque siempreverde piemontano de la Amazonia Central.

Índices	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Shannon H'	1,15	1,22	1,28	1,29	1,19	1,39	1,28	0,89	1,20	1,13	1,15	1,36
Shannon J'	0,93	0,94	0,90	0,95	0,93	0,96	0,94	0,74	0,96	0,92	0,96	0,96
Simpsons	0,06	0,05	0,06	0,03	0,05	0,03	0,04	0,21	0,04	0,06	0,04	0,03
Margaleff	83,05	77,01	71,50	80,96	82,32	75,18	80,96	73,20	86,38	85,48	93,12	81,62

Fuente: Elaboración propia del autor.

Índice de diversidad Beta

La diversidad beta estimada por el índice de Sorensen reflejó que un total de 74 especies se encontraron dentro del sitio a y 68 especies fueron registradas para el sitio b, donde 16 especies estuvieron compartiendo estos dos sitios, dando un 22,54% de similitud florística (Tabla 4).

Tabla 4. Índice de diversidad beta para la comunidad vegetal de dos áreas de la Amazonia central.

Áreas	Especies presentes en el sitio a	Especies presentes en el sitio b	Especies presentes en los dos sitios
IEMM	74		
Merazonia		68	16
Índice de Similitud (Sorensen)			22,54%

Fuente: Elaboración propia del autor.

Análisis de Clúster

Como parte de la estimación de la diversidad beta el conglomerado jerárquico con una

similitud del 35 % de las medidas de Bray Curtis reportó la formación de dos grupos de vegetación en función de la abundancia de especies (Figura 9), lo cual permitió conocer el grado de reemplazo en la composición florística de las dos zonas ecológicas de estudio del bosque siempreverde piemontano. El grupo uno estuvo conformado por siete parcelas P1, P2, P4, P5, P6, P3 y P8, reflejando similitud entre ellos, en sus mayorías estas parcelas corresponden a la reserva Merazonia. El grupo dos se conformó por cinco parcelas P7, P10, P9, P11 y P12, con semejanzas entre ellas, resultando todas de la reserva IEMM. Esto indicó que los sitios de estudio se diferencian por su topografía, estado de la sucesión ecológica, su ubicación geográfica y grado altitudinal que determinan la abundancia de especies.

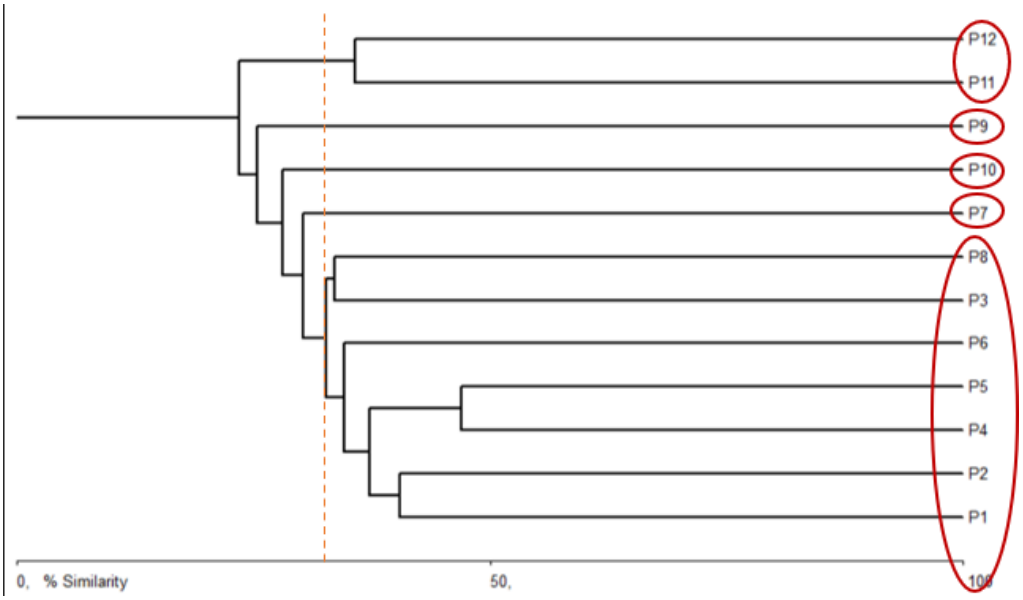

Figura 9. Conglomerado jerárquico a partir de las medidas de Bray Curtis de las parcelas de estudio.

Fuente: Elaboración propia del autor.

IV. CONCLUSIONES

- La composición florística resultó con mayor riqueza para el sitio Reserva Merazonia con un total de 27 familias botánicas, 69 especies y 243 individuos, lo cual está asociado al gradiente altitudinal; reportándose una relación desproporcional en función del número de especies e individuos como patrón característico del bosque siempreverde piemontano.
- La estructura vertical indicó diferencias entre los sitios de estudio, con mayor cantidad

de individuos en el estrato inferior (≤ 10 m) para el sitio Reserva Isla Ecológica Mariana Miller y en el estrato medio (10.1 – 20 m), para el sitio Reserva Merazonia, sin embargo, conforme la posición sociológica relativa existió un patrón de distribución vertical discontinuo.

- La estructura horizontal estuvo determinada por la mayor concentración de individuos en la clase diamétrica inferior (10-19,9 cm) con una distribución en forma de jota invertida para ambos sitios de estudio. El cociente de mezcla expresó un patrón más homogéneo (1:3) para el sitio Reserva Merazonia. Estos resultados demuestran el predominio de un bosque en fase de regeneración natural en estado intermedio de la sucesión ecológica.
- El Índice de valor de importancia ecológica (IVIE), indicó que *Iriartea deltoidea* es la de mayor peso ecológico en el sitio Reserva Isla Ecológica Mariana Miller, mientras que *Mabea standleyi* en la Reserva Merazonia, lo determina el carácter estructural considerada especies claves en la dinámica del bosque y promisorias para un futuro proceso de restauración.
- Los índices de diversidad reflejaron diferencias en cuanto a la riqueza, diversidad y dominancia de especies, resultando las parcelas 6, 11, y 12 con mayor diversidad, reportándose un porcentaje de similitud de especies entre los sitios de estudio bajo con un 22,54%.

V. REFERENCIAS

Aguirre Mendoza, Z. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, *25*(3). https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.253.25306

Aguirre Mendoza, Z., Celi Delgado, H., & Herrera Herrera, C. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa, 25*(3), 923–938. https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.253.25306

Aguirre Mendoza, Z., Reyes Jiménez, B., Quizhpe Coronel, W., & Cabrera, A. (2017). Composición florística, estructura y endemismo del componente leñoso de un bosque montano en el sur del Ecuador. *Arnaldoa*, *24*(2), 543–556.

https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.242.24207

Alanís Rodríguez, E., Aranda Ramos, R., Mata Balderas, J. M., Canizales Velázquez, P. A., Jiménez Pérez, J., Uvalle Sauceda, J. I., Valdecantos Dema, A., & Ruiz Bautista, M. G. (2010). *Riqueza y diversidad de especies leñosas del bosque tropical caducifolio en San Luis Potosí, México*.

Alejandro Juárez, Natividad Dolores Herrera Castro, José Luis Martínez y Pérez, & Maximino Reyes Umaña. (2016). *Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México.*

Baquero. (2004). La vegetacion de los Andes del Ecuador. *Francis Sierra, Rodrigo Ordoñez, Luis Tipán, Marco Espinosa, Leonardo, Rivera, María Soria, Paola*.

Bascope, F., & Jorgensen, P. (2005). Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas, La Paz. *Ecología En Bolivia*, *40*((3)), 1–15. https://ecologiaenbolivia.com/documents/13Yungas40-3.pdf

Castro, M. A., Ramírez, D. G., Osorio, V. Á., & Ruiz, S. M. (2021). Floral and reproductive biology of *Matisia cordata* (fam: malvaceae). *Revista Brasileira de Fruticultura*, *43*(2). https://doi.org/10.1590/0100-29452021469

Cierto, L. E. O., Quintana, E. D., & Aliaga, W. C. L. (2021). Estructura vertical e índice de valor forestal ecológico de la vegetación arbórea del Bosque Reservado en Tingo María, 2021. *Qantu Yachay*, *1*(1), 02–16. https://doi.org/10.54942/QANTUYACHAY.V1I1.2

Daniel Cofre. (2013). *Bosque Siempre Verde Montano Alto - EcuRed*. https://www.ecured.cu/Bosque_Siempre_Verde_Montano_Alto

Daniela Lima Maldonado. (n.d.). *Universidad técnica del norte facultad de ingeniería en ciencias "Estructura y composición florística, posterior a la Universidad Técnica del Norte*.

de Arenales, C., San Salvador, Y., Digmar, E., Bone, A. L., & Tapias, Á. L. (1995). Propuesta y evaluación de un índice de valor de importancia etnobotánica por medio del análisis de correspondencia en las. In *Etkin*. Phillips & Gentry. http://www.colforest.com.co/revista/vol14/Lajones-Lema/Lajones-Lema.htm

de la Fuente Fernández, S. (2011). *Análisis Clúster*.

Farinós, M. (2012). *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales*.

Finol Urdaneta, H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana (Venezuela)v. 14(21) p. 29-42*.

Herrera Herrera Clemencia, & Aguirre Zhofre. (2018). Structure and floristic composition of low montane evergreen forest in Palanda. *Arnolda*, 615–630. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25216

Holguín-Estrada, V. A., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Yerena-Yamallel, J. I., & Pequeño-Ledezma, M. Á. (2021). Estructura y composición florística de un bosque de galería en un gradiente altitudinal en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, *27*(2). https://doi.org/10.21829/MYB.2021.2722123

Jiménez, L., Gusmán, J., Capa-Mora, D., Quichimbo, P., Mezquida, E., Benito, M., & Rubio, A. (2017). Riqueza y diversidad vegetal en un bosque siempreverde piemontano en los Andes del sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *7*(1), 17–29.

López Maldonado, A. L. (2014). *Composición florística y estructura de un bosque montano alto en Patichubamba, provincia de Pichincha, Ecuador*. http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4127

MAE. (2013). *Sistema de clasificacion de los Ecosistemas del Ecuador Continental*.

Maldonado Ojeda, S. (2018). Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, *25*(2). https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.252.25216

Manzano, D., & Valdez, R. (2018). *Estructura y composición florística del bosque siempreverde piemontano como bases ecológicas para la restauración de la zona alta de la microcuenca del río Puyo*.

Méndez Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A., Treviño Garza, E. J., Pequeño Ledezma, M. Á., Méndez Osorio, C., Mora Donjuán, C. A., Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., Aguirre Calderón, O. A.,

Treviño Garza, E. J., & Pequeño Ledezma, M. Á. (2018). Fitodiversidad y estructura de un bosque de pino-encino en la Sierra Madre del Sur, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *9*(50), 35–53. https://doi.org/10.29298/RMCF.V9I50.236

Mendoza, Z. (2013). *Guia de metodos para medir la Biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja.

Ministerio del Ambiente. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*.

Morales-Salazar, M., Vílchez-Alvarado, B., Chazdon, R. L., Ortega-Gutiérrez, M., Ortiz-Malavassi, E., & Guevara-Bonilla, M. (2012). Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica. *Artículo Científico Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, *9*(23). www.tec.ac.cr/revistaforestal

Oliva Godínez-Ibarra, & Lauro López-Mata. (2002). Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia. *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, *73*, 283–314. https://www.redalyc.org/pdf/400/40073209.pdf

Oswaldo Jadán1, Bolier Torres, Daniela Selesi, Denisse Peña, Cornelio Rosales, & Sven Günter. (2016). Diversidad florística y estructura en cacaotales tradicionales y bosque natural (Sumaco, Ecuador). *Colombia Forestal*, *19*, 5–18. https://www.redalyc.org/pdf/4239/423946648001.pdf

Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B. (2005). *Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m s.n.m. en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador*.

Quiñonez, L. (2012). *Composicion florística y su estructura en un bosque húmedo montano al suroeste del Parque Nacional Madidi*. Universidad Mayor San Simon.

Ramón Margalef. (1995). *Ecología* (220 Casanova, Ed.; Ediciones Omega, S.…). http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB_ECOLOGIA/Ecologia_de_Poblaciones_y_Comunidades_files/margalef_cap_1.pdf

Sandra Serrano Arribasplata. (2019). *Composición y diversidad florística del bosque montano el Cedro-San Silvestre de Cochán-San Miguel-Cajamarca*.

Santiago Ron. (2020). *Regiones naturales Ecuador*. https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/RegionesNaturales

Svenning, J.-C. (1999). Recruitment of tall arborescent palms in the Yasuní National Park, Amazonian Ecuador: are large treefall gaps important? *Journal of Tropical Ecology*, *15*, 355–366.

Zambrano Palma, J. V. (2020). *Diversidad estructura y concentración de carbono en un bosque siempre verde piemontano de 800 a 900 m s. n. m. en la Amazonia Ecuatoriana.* http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5990

VI. ANEXOS

MARCO TEÓRICO

A. Tipología de Bosques Siempreverde

La presente clasificación de bosques según (Ministerio del Ambiente, 2013); está basada en los prescriptivos clasificadores de provincia biogeográfica, ombrotipo, macrorelieve, régimen de inundación y fenología. De manera que la provincia biogeográfica es la subdivisión de la región definiendo comunidades vegetales a escala regional, por consiguiente, se determinó la siguiente clasificación de bosques siempreverdes:

Piemontano

Este tipo de bosque cubre una región de 13 122km^2 con una elevación oscilante entre los 600 y 1300 de elevación. Este bosque siempreverde contiene una mezcla de especies arbóreas andinas y de las tierras bajas en la región amazónica, donde su dosel llega alcanzar hasta los 30 m de altura con sotobosques densos. Su diversidad en relación con el Bosque Húmedo llega a ser menor, así como llega a tener una precipitación media anual por encima de todas las regiones con 2833 mm (Santiago Ron, 2020).

Montano Bajo

De acuerdo con (Maldonado Ojeda, 2018) este tipo de bosques alojan una diversidad biológica sobresaliente de mejor manera en el componente florístico. Este tipo de bosques tienden a ser de importancia global debido a su reservorio de biodiversidad, así como su excepcional papel en la regulación hídrica y almacenamiento fenomenal acuífero. Este tipo de bosques se encuentran sobre los 1400-2000 msnm, con una precipitación de 2815 mm y temperatura promedio de 16.3 °C. Dentro de esta región florística se puede encontrar poblaciones de palmas y helechos arborescentes, su componente arbustivo es escaso con dominio de Rubiaceae y Melastomatacea (Ministerio del Ambiente, 2013).

Montano

Esta región de bosque siempreverde alcanza una cubierta vegetal de 31 555 km^2 de área

llegando a encontrarse entre los 2000-3100 msnm en las estribaciones de los Andes, con una precipitación promedio de 1992 mm y una temperatura promedio anual de 16.2 °C. Contiene una estructura vegetal similar a la del bosque montano occidental. Los árboles que se sitúan por debajo de los 2900 m de elevación estarán cubiertos de musgos y plantas epífitas como lo son; orquídeas, helechos y bromelias la cuales abundan en el sotobosque alcanzando su mayor diversidad. Por encima de los 2900 m de elevación los árboles se encontrarán con una ramificación desde su base con troncos de forma irregular y una cubierta en el suelo llena de musgos (Santiago Ron, 2020).

Montano Alto

El bosque montano alto se extiende desde los 3 100 hasta los 3400 msnm, identificado por la presencia de lluvia horizontal su humedad permanece en la atmosfera, dentro de esta área se puede llegar a encontrar la mitad de todas las especies de flora del Ecuador. Científicos explican que el endemismo resulta de la especiación rápida que surge en este nicho ecológico de bosque. De estos bosques se puede obtener una amplia variedad de bienes y servicios ambientales, son grandes alojadores de musgos que habitan frondosamente sobre los troncos y el suelo dando forma a una alfombra esponjosa (Daniel Cofre, 2013)

B. Estructura de Bosque

El conocer la estructura formativa constituyente de un bosque dentro de los patrones de estudio para flora es de suma importancia para el análisis en el manejo, cuidado y conservación ecosistémico, para poder realizar una toma de decisiones acorde al grado de intervención existente de manera consiguiente se pueda llegar a planificar el mejoramiento natural o antropogénico sobre estos nichos ecológicos (Aguirre Mendoza, 2018).

Estructura horizontal

La estructura horizontal permite analizar el comportamiento de los individuos que habitan los bosques amazónicos de acuerdo con su distribución por área geográfica. Este patrón estructural puede ser evaluado de acuerdo con su ocurrencia de especies, por el valor de importancia ecológico adquirido acorde a cada especie obtenido mediante la abundancia de especie, frecuencia y dominancia, tras una suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (Zambrano Palma, 2020).

De acuerdo con (Daniela Lima Maldonado, n.d.) la estructura horizontal pretende establecer como están distribuidos los árboles dentro del bosque y analizar su comportamiento acorde a las especies representativas del nicho ecológico conforme estas presentan amenazas, perturbaciones o limitaciones que alteran el correcto crecimiento florístico, calcular su abundancia, dominancia y frecuencia ayudan corroborando posibles relaciones existentes entre especies de una misma población.

Estructura vertical

Dentro de los distintos nichos ecológicos se puede determinar varias formas de desarrollo

llegando a presenciar estrato superior, medio, inferior y el sotobosque; por consiguiente, expresan homogeneidad en estos ecosistemas de bosques tropicales dentro de su dosel haciendo difícil el determinio membranal vegetativo conforme a su clasificación basado en altura de copa (Aguirre Mendoza et al., 2017).

La estructura vegetal comprende la distribución de las especies por estrato acorde al tamaño y número de individuos, lo cual se representa mediante su forma de vida para cada especie. El desarrollo de los individuos adentro de estos ecosistemas está basado primordialmente en la intensidad lumínica alcanzada en sus fases fenotípicas generando gran tamaño de fuste y concentrando la humedad hacia sus partes inferior del sotobosque o arbolado menor (Zambrano Palma, 2020) Acorde a lo referido por (Herrera Herrera Clemencia & Aguirre Zhofre, 2018) el conocer la estructura del bosque permite desarrollar una planificación y crear un manejo de los ecosistemas degradados como una fuente sostenible florística puesto que los ecosistemas tropicales amazónicos llegando a contener una gran diversidad, creando una visualización de copas irregulares de manera específica en arboles con una amplitud de copa y frondosas llegando alcanzar en determinado casos amplitud de copa hasta 9 m.

1. *Abundancia*

Se define como abundancia el número de individuos de cada especie presente en el área de estudio, de manera relativa comprende el número total de especies registradas dentro la parcela o transepto acorde a su participación en porcentaje, creando densidades normales, sobre densos y sub densos (López Maldonado, 2014).

2. *Frecuencia*

Expresa la distribución espacial de las especies conforme se encuentren agrupadas o dispersas en zonas ecológicas, dividiendo en parcelas o subparcelas para inventariar representando la presencia o ausencia de especies; la frecuencia relativa está basada en la suma total de frecuencias de las parcelas en total al registro de todas las especies expresada en porcentaje (Sandra Serrano Arribasplata, 2019).

3. *Dominancia*

Llamada también como grado de cobertura de especies, la cual se expresa por el espacio ocupado por las mismas. Definida como la suma de intervenciones horizontales de los árboles sobre el suelo, las áreas basales calculadas determinan el verdadero valor dominante por especie. La dominancia relativa determinada como la proporción de una especie en el área basal total expresado en porcentaje. los valores de abundancia, frecuencia y dominancia no solo se calculas a nivel de especie sino también para género, familia y formas de vida (Sandra Serrano, 2019).