



UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

Relación de la composición florística, diversidad y estructura con el potencial maderable de especies leñosas en bosques piemontanos y montanos bajos del macizo de El Cajas, provincia del Azuay

Trabajo de Titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Agrónomo

Autores:

Jessica Catherine González Sánchez

CI: 0302713698

Correo electrónico: jessy.c.gon@outlook.com

Edwin Geovanny Maldonado Maldonado

CI: 0105685895

Correo electrónico: edwin19gm@gmail.com

Director:

Ing. Ángel Oswaldo Jadán Maza M. Sc

CI: 1103298061

Cuenca-Ecuador

6 de enero de 2022



RESUMEN

Los bosques montanos tienen una gran diversidad biológica y se caracterizan por tener una estructura de vegetación compleja. El presente estudio generó información sobre la composición de especies, diversidad, densidad y potencial maderable de especies leñosas en remanentes de bosques maduros dentro de la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas. Se levantó información de 20 parcelas en dos rangos altitudinales: 10 parcelas en el Bosque pie montano (500 ± 500 m snm) y 10 en el Bosque montano bajo (1500 ± 500 m snm). Los resultados indican que la composición florística fue diferente para los dos tipos de bosques. En cuanto a la riqueza de especies leñosas con diámetro a la altura del pecho (DAP) ≥ 10 cm los índices de diversidad alfa (Shannon y Simpson) fueron mayores para el Bosque pie montano. La densidad arbórea obtuvo mayores valores en el Bosque montano bajo. En cuanto a la estructura del bosque, se evaluó el volumen total, volumen comercial, área basal, promedio de DAP, altura máxima, en el cual se obtuvo mayores resultados en el bosque de menor altitud (Bosque pie montano). Las correlaciones se dieron entre las variables de vegetación riqueza, diversidad (índice de Shannon) y densidad arbórea con el volumen total y comercial, en la que nos dieron como resultado 7 correlaciones significativas para los distintos niveles de análisis. Los resultados sugieren que si se aplicara de manera consistente las normas de manejo forestal la integridad florística de los bosques montanos no se vería afectada, para lo cual se debe profundizar en esta línea de investigación.

Palabras clave: Riqueza de especies. Densidad arbórea. Volumen total. Volumen comercial. Bosques montanos andinos. Macizo del Cajas.



ABSTRACT

Montane forests present an important biologic diversity, and are characterized by a complex vegetation structure. This research generated information about species composition, diversity, density and timber potential of wood species in remaining ripe forests within “Macizo del Cajas” Biosphere Reserve. Information from 20 plots in two altitudinal ranges was collected: 10 parcels in submontane forest (500±500 m asl) and 10 in the lower montane forest (1500±500 m asl). Results indicate that floristic composition was different for the two types of forests. In terms of the richness of woody species with diameter at breast height (DBH) ≥ 10 cm, alpha diversity indices (Shannon and Simpson) were higher for the submontane forest. Tree density obtained higher values on the lower montane forest. In relation to forest structure there were evaluated total volume, commercial volume, basal area, average DBH ≥ 10 cm and maximum height with higher results in the lower altitude forest (submontane forest). Correlations were found between the variables of vegetation richness, diversity (Shannon) and tree density with the total and commercial volume, which resulted in seven significant correlations for the different levels of analysis. Results suggest that if forest management standards were applied consistently, the floristic integrity of montane forests would not be affected, however, further research needs to be developed.

Key words: Species richness. Stem density. Total volumen. Commercial volumen. Andean montane forests. Macizo del Cajas.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
LISTA DE TABLAS	5
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE ANEXOS	7
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA	8
AGRADECIMIENTOS	9
DEDICATORIA	14
1. INTRODUCCION	15
2. OBJETIVOS	17
2.1. Objetivo general	17
2.2. Objetivos específicos	17
3. HIPÓTESIS	17
4. REVISIÓN DE LITERATURA	18
4.1. Bosque pie montano	18
4.2. Bosque montano bajo	19
4.3. Estudios florísticos en el Bosque pie montano y Bosque montano bajo	19
4.4. Potencial forestal y normas para el aprovechamiento en el Bosque pie montano y montano bajo	24
5. MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1. Materiales y equipos	27
5.2. Ubicación y descripción del área de estudio	27
5.3. Instalación de parcelas y muestreo de campo	28
5.4. Metodología	29
5.4.1. Metodología para el objetivo específico uno.....	29
5.4.2. Metodología para el objetivo específico dos	31
5.4.3. Metodología para el objetivo específico tres	33
6. RESULTADOS	35



6.1. Cuantificación de composición, diversidad y densidad de especies arbóreas (primer objetivo).....	35
6.1.1. Diversidad de especies arbóreas en individuos con $DAP \geq 5$ cm e individuos leñosos con $DAP \geq 10$ cm.	36
6.2. Cuantificación del volumen total, comercial y el aprovechable de especies leñosas arbóreas para los diferentes tamaños de vegetación individuos leñosos con $DAP \geq 5$ cm, $DAP \geq 10$ cm y especies aprovechables (objetivo específico dos).....	40
6.3. Relaciones entre la composición de especies, diversidad y densidad con el volumen total, volumen comercial en individuos con $DAP \geq 5$ cm, $DAP \geq 10$ cm y aprovechables (tercer objetivo)	43
7. DISCUSIÓN.....	48
8. CONCLUSIONES.....	52
9. RECOMENDACIONES.....	54
10. BIBLIOGRAFÍA.....	55
11. ANEXOS	60



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estudios florísticos en dos tipos de bosques; Bosque pie montano y Bosque montano bajo.	21
Tabla 2. Número de familias, géneros y especies registradas en los dos tipos de bosques, biotipos leñosos considerando los dos tamaños de vegetación.	35
Tabla 3. Promedios de volumen total $DAP \geq 5$ cm, volumen comercial $DAP \geq 5$ cm, volumen comercial $DAP \geq 10$ cm, volumen total aprovechable y volumen comercial aprovechable en dos tipos de bosque, Bosque montano bajo y Bosque pie montano.....	41
Tabla 4. Relación entre los biotipos y los diferentes parámetros de vegetación, prueba t ($p < 0,05$).....	42
Tabla 5. Relación de la composición florística con los volúmenes total y comercial en individuos con $DAP \geq 5$ cm, $DAP \geq 10$ cm y Aprovechables. Escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS).....	43
Tabla 6. Correlaciones entre las variables de respuesta riqueza, diversidad (índices de Shannon y Simpson), y densidad arbórea de la vegetación (individuos con $DAP \geq 5$ cm y con $DAP \geq 10$ cm) con los volúmenes totales, comerciales, volumen aprovechable, total y comercial (que fueron considerados como variables predictoras).....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio (parcelas de investigación), San Antonio de Chaucha (Bosque montano bajo) y La Iberia de Molleturo (Bosque pie montano) Provincia del Azuay.....	28
Figura 2. Especies e individuos seleccionados para calcular el volumen aprovechable en parcelas de 0.1 hectáreas. DCM (diámetro mínimo de corta); A (Especie de color rojo); B (Especie de color verde); C (especie de color amarillo). La especie A (color rojo) que este en veda, así cumplan con los DMC (diámetro mínimo de corta) no serán seleccionadas para calcular el volumen aprovechable. De la especie B (color verde), luego de su identificación taxonómica, dos árboles de la misma especie cumplen con el DMC, uno de ellos será considerado para calcular su volumen aprovechable (el que tenga mayor DAP). De la especie	



C (color amarillo) si uno tiene DMC y el otro no, no se considerará ninguno de los árboles para calcular el volumen aprovechable porque el que cumple con el DMC no tiene un sustento (individuos suficientes para su aprovechamiento)..... 33

Figura 3. Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos tipos de bosques: Bosque montano bajo y Bosque pie montano en árboles, palmas y helechos con DAP ≥ 5 cm (a) y DAP ≥ 10 cm (b). 36

Figura 4. Promedio de riqueza de especies \pm error estándar en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm (a) y DAP ≥ 10 cm (b). Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). 37

Figura 5. Medias (\pm desviación estándar) para los índices de diversidad alfa de Shannon en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm (a) y DAP ≥ 10 cm (b), según la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). Letras diferentes indican diferencias significativas. 38

Figura 6. Medias (\pm desviación estándar) para los índices de diversidad alfa de Simpson en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm (a) y DAP ≥ 10 cm (b), según la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). Letras diferentes indican diferencias significativas. 39

Figura 7. Medias (\pm desviación estándar) para la densidad arbórea en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm (a) y DAP ≥ 10 cm (b), según la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). Letras diferentes indican diferencias significativas. 40

Figura 8. Gráficos de correlación: **a)** Volumen comercial ≥ 5 DAP/ Riqueza ≥ 10 DAP; **b)** Volumen total ≥ 5 DAP/ Shannon ≥ 10 DAP; **c)** Volumen comercial ≥ 5 DAP/ Shannon ≥ 10 DAP; **d)** Volumen total ≥ 10 DAP/ Shannon ≥ 10 DAP; **e)** Volumen comercial ≥ 10 DAP/ Shannon ≥ 10 DAP; **f)** Volumen comercial aprovechable /Shannon ≥ 10 DAP; **g)** Volumen total ≥ 5 DAP / Densidad ≥ 10 DAP..... 47



LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad QQ-plot.....	60
Anexo 2. Bosques de estudio San Antonio de Chaucha (Bosque montano bajo) (izquierda) y La Iberia de Molleturo (Bosque pie montano) (derecha)	60
Anexo 3. Medición de DAP en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ y $DAP \geq 10$	61
Anexo 4. Recolección de muestras botánicas en las parcelas de investigación.	61
Anexo 5. Procesamiento de muestras botánicas.....	62
Anexo 6. Identificación de especies botánicas.	62
Anexo 7. Hoja de campo para la toma de datos de DAP, Altura total y altura comercial. ..	63



ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

DAP	Diámetro a la altura del pecho
m snm	metros sobre el nivel del mar
DCM	Diámetro mínimo de corta
NMDS	Escalamiento multidimensional no métrico
MLG	Modelos lineales generalizados
PM	Bosque pie montano
MB	Bosque montano bajo
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Jessica Catherine González Sánchez en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Relación de la composición florística, diversidad y estructura con el potencial maderable de especies leñosas en bosques piemontanos y montanos bajos del macizo de El Cajas, provincia del Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 6 de enero de 2022

Jessica Catherine González Sánchez

C.I: 0302713698



Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Edwin Geovanny Maldonado Maldonado en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Relación de la composición florística, diversidad y estructura con el potencial maderable de especies leñosas en bosques piemontanos y montanos bajos del macizo de El Cajas, provincia del Azuay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 6 de enero de 2022

Edwin Geovanny Maldonado Maldonado

C.I.: 0105685895



Cláusula de Propiedad Intelectual

Jessica Catherine González Sánchez, autora del trabajo de titulación “Relación de la composición florística, diversidad y estructura con el potencial maderable de especies leñosas en bosques piemontanos y montanos bajos del macizo de El Cajas, provincia del Azuay”, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 6 de enero de 2022

Jessica Catherine González Sánchez

C.I: 0302713698



Cláusula de Propiedad Intelectual

Edwin Geovanny Maldonado Maldonado, autor del trabajo de titulación "Relación de la composición florística, diversidad y estructura con el potencial maderable de especies leñosas en bosques piemontanos y montanos bajos del macizo de El Cajas, provincia del Azuay", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 6 de enero de 2022

Edwin Geovanny Maldonado Maldonado

C.I: 0105685895



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos de manera especial a nuestro director de tesis, Ing. Oswaldo Jadán por su orientación, conocimientos y paciencia brindada durante el desarrollo y culminación de nuestra tesis.

También agradecemos al Ing. Hugo Cedillo, Ing. Isabel Alvarado, Ing. Carlos Cobos y al Ing. Darío Gualpa por el apoyo brindado en la fase de campo que fue esencial para la culminación de esta tesis. A nuestros docentes de la Universidad de Cuenca, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

Por último, agradecemos a las personas que habitan en las zonas de estudio donde se realizó la investigación por su colaboración al facilitarnos el acceso a estas zonas.

Jessica González, Edwin Maldonado



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por darme la salud y sabiduría para culminar con mis estudios. A mis padres Luis y Laura por su amor, comprensión y afán durante toda mi etapa estudiantil. A mis hermanos Juan Pablo y Viviana por su amistad, su apoyo incondicional y por ser mi inspiración para alcanzar todos mis objetivos propuestos.

Jessica

Mi tesis la dedico a Dios, por darme la salud y guiarme a lo largo de mi existencia, a mis padres Segundo y Susana por darme la vida y por darme su ejemplo de trabajo y humildad y demostrarme su apoyo incondicional a mis hermanos por haberme brindado su apoyo y sus esfuerzos, a mis tías que formaron parte de mi vida y estar presentes a lo largo de mi formación académica y aquellas personas que contribuyeron con un granito de arena para poder culminar con éxito la meta propuesta. Este logro es por y para ustedes.

Edwin



1. INTRODUCCION

En el Ecuador las áreas de bosques nativos se encuentran en las estribaciones de las cordilleras andinas, zonas secas y húmedas de la costa y amazonia. La ocupación territorial del área forestal es de 44,6% en el Ecuador con respecto a otras categorías de uso de suelo (Cué et al., 2019), mientras que el 1% se dedica a plantaciones forestales (174 000 ha). El 30% del territorio nacional (2 531 000 ha) está siendo usado en actividades agropecuarias (Rosero, 2001).

En este país existen los bosques andinos que son ecosistemas altamente diversos respecto a la riqueza florística de plantas vasculares (Rafiqpoor et al., 2005). Así también dentro de estos ecosistemas se encuentra diversidad de especies arbóreas que pueden ser utilizadas para la conservación estricta y para el aprovechamiento mediante el manejo forestal sostenible (Gazda et al., 2015).

Los bosques andinos contienen una flora diversa dentro de diferentes tipos de vegetación que varían según las condiciones climáticas, altitudinales y edáficas, especialmente (Bussmann, 2005). Estos factores ambientales también han dado origen a una variedad de ecosistemas complejos (Lozano, 2002). Es así que en las estribaciones andinas se encuentran los bosques montanos; en zonas por debajo de los 2 000 m snm se encuentran el Bosque montano bajo y el Bosque pie montano. Estos tipos de bosques representan ecosistemas con alta diversidad por su singularidad y exclusividad de especies (Baquero et al., 2004). En estos tipos de bosques las palmas y árboles de las familias Mimosaceae, Fabaceae y Burseraceae son dominantes. Además que se puede observar los árboles cubiertos por musgos, orquídeas, bromelias y helechos (MAE, 2012).



Los bosques montanos cada día son amenazados por la ampliación de la frontera agrícola, asociada con la creciente demanda de productos agrícolas, ganaderos y biocombustibles, cuya producción siempre está relacionada con los procesos de deforestación (Viteri & Cordero, 2010). Además, gran parte de la deforestación es consecuencia de actividades provenientes del incorrecto aprovechamiento forestal maderero, y de la subvaloración de los bosques y la madera (Delgado & Alcibar, 2018). También existe un débil control estatal por parte de los entes encargados del sector forestal lo que ha contribuido a la pérdida de los recursos forestales y otros elementos de la biodiversidad (Palacios et al., 2016).

La conservación y el manejo de los bosques naturales andinos tanto pie montano y montano bajo es una prioridad a nivel local y nacional, ya que en estos ecosistemas existe una gran diversidad de especies de alto valor económico. Ante esto la presente investigación pretende generar información cualitativa y cuantitativa sobre cómo influye la diversidad y estructura de las especies presentes en estos bosques sobre el potencial forestal y así contribuir al conocimiento sobre la importancia y utilidad ecológica de estos remantes de bosque ubicados en la provincia del Azuay.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Generar información sobre la composición de especies, diversidad, densidad y potencial maderable de especies leñosas en bosques pie montanos y montanos bajos de El Cajas, provincia del Azuay.

2.2. Objetivos específicos

Determinar la composición, diversidad y densidad de especies arbóreas leñosas en los bosques pie montanos y montanos bajos de la Reserva de la Biósfera Macizo de El Cajas, provincia del Azuay.

Cuantificar el volumen total, comercial y el aprovechable de especies leñosas arbóreas en bosques pie montanos y montanos bajos de la Reserva de la Biósfera Macizo de El Cajas, provincia del Azuay.

Establecer relaciones entre la composición de especies, diversidad y densidad con el volumen total, comercial y volumen aprovechable en bosques pie montanos y montanos bajos de la Reserva de la Biósfera Macizo de El Cajas, provincia del Azuay.

3. HIPÓTESIS

La composición de especies, diversidad y densidad de especies leñosas arbóreas se relacionan significativamente con el volumen total, comercial y aprovechable de las especies leñosas en dos tipos de bosques de la vertiente occidental de Los Andes, provincia del Azuay.



4. REVISIÓN DE LITERATURA

La composición florística, diversidad y estructura en los bosques pie montano y montano bajo son muy variables. Esta variación depende de muchos factores como la ubicación geográfica, las influencias ambientales (Fadrique & Homeier, 2016), así como el estado de conservación que está a su vez condicionado por las perturbaciones naturales y antropogénicas (Aguirre et al., 2017). Con respecto a las influencias antropogénicas, el tipo de uso (racional o indiscriminado) de los recursos florísticos maderables y no maderables marca fuertes diferencias sobre las coberturas vegetales (Mathez-Stiefel et al., 2017). En particular, condiciona la presencia de los componentes intrínsecos dentro del bosque, tanto en la parte taxonómica, estructural y atributos funcionales de la vegetación (Peres et al., 2006).

4.1. Bosque pie montano

El Bosque pie montano es una formación de transición entre la vegetación de tierras bajas y las de cordillera (Fernandez, 2013). Está caracterizado por elementos típicos de las dos floras, pero sus límites inferior y superior son también los límites de distribución de cada una de ellas. En las estribaciones occidentales de los Andes las formaciones pie montanas empiezan aproximadamente a los 300 metros y alcanzan los 1 300 m snm en el norte y los 1 100 m snm al sur del país (MAE, 2013). Se ubica en el occidente de las provincias de Cotopaxi, Los Ríos, Bolívar y Azuay-Guayas, entre 300 y 1 300 m snm.

Los árboles alcanzan más de 30 m de alto, con una gran concentración de epífitas y un sotobosque arbustivo y herbáceo abundante en las familias Araceae, Heliconiaceae,



Cyclanthaceae, Piperaceae, Orchidaceae y Gesneriaceae (Palacios 2009). Este ecosistema tiene especies características tales como: *Carapa megistocarpa* (Meliaceae), *Erythrochytton carinatus* (Rutaceae), *Brownea coccinea* (Caesalpiniaceae), *Castilla elastica* (Moraceae), *Iriartea deltoidea*, *Wettinia aequalis*, *W. quinaria* (Arecaceae), *Caryodaphnopsis theobromifolia* y *Ocotea sodiroi* (Lauraceae) (Sierra, 1999).

4.2. Bosque montano bajo

El Bosque montano bajo es considerado como una formación andina donde la mayoría de los géneros y familias típicos de las tierras bajas desaparece (por ejemplo, Bombacaceae); en otros casos, éste es el límite superior de su distribución (como en Myristicaceae). Las leñosas trepadoras también disminuyen, tanto en el número de especies como en el de individuos. En este tipo de vegetación se encontraron entre 70 y 140 especies leñosas con diámetros de 2,5 cm o más en áreas de 0,1 hectáreas (Caranqui, 2015). Los Bosques montanos bajos se encuentran sobre la faja pie montana en un rango altitudinal aproximado que va desde los 1 300 a 1 800 m snm en el norte y de 1 100 a 1 500 m snm en el sur de las estribaciones occidentales de los Andes. Los árboles presentes en estos bosques cuentan con un dosel entre 25 a 30 m.

4.3. Estudios florísticos en el Bosque pie montano y Bosque montano bajo

Los estudios de composición florística y estructura de la vegetación son fundamentales para la planificación y desarrollo de planes de conservación y uso sostenible de los ecosistemas y sus componentes (Vargas et al., 2015). El conocimiento de la flora es esencial para entender la dinámica de los bosques y los cambios inducidos por la actividad o perturbaciones humanas (Delgado & Alcibar, 2018; Jadan et al., 2017).



Los bosques del sur del Ecuador contienen recursos florísticos sobresalientes, la distribución de las especies es heterogénea y se desarrollan en sitios específicos respecto a características edáficas y ambientales climáticos (Kvist et al., 2006). Estos factores determinan que las formaciones vegetales presenten diferencias marcadas en cuanto a su composición florística, diversidad y estructura. A continuación, se resumen varios estudios realizados en estos dos ecosistemas (Tabla 1).

Tabla 1. Estudios florísticos en dos tipos de bosques; Bosque pie montano y Bosque montano bajo.

Tipo de bosque	Tema del estudio	Riqueza y diversidad de especies	Especies más importantes	Autor
Bosque pie montano	Riqueza y diversidad vegetal en un bosque siempreverde pie montano en los Andes del sur del Ecuador	Se cuantificaron un total de 1 412 individuos de especies arbóreas pertenecientes a 35 familias, 68 géneros y 97 especies. Los 321 individuos de herbáceas encontrados en las parcelas correspondieron a 16 familias, 23 géneros y 27 especies. Las familias Rubiaceae, Melastomatacea y Moraceae fueron las que mayor número de especies arbóreas presentaron; y Araceae, Dryopteridaceae y Marattiaceae fueron las familias con mayor número de especies herbáceas,	Las especies arbóreas más representativas fueron <i>Grias peruviana</i> (295 Ind/ha), <i>Iriartea deltoidea</i> (173 Ind/ha) Para el componente herbáceo la especie que tuvo el mayor porcentaje de representatividad en la comunidad vegetal fue <i>Bolbitis lindigii</i> (53 Ind/ha)	(Jiménez et al., 2017)
Bosque pie montano	Composición florística y estructura de un bosque siempreverde	Se identificaron 32 familias y 68 especies en 288 individuos de árboles con DAP \geq a 10 cm registrados. Las familias más diversas fueron:	Las especies con mayor número de individuos de acuerdo al IVI son <i>Iriartea deltoidea</i> (106 Ind/ha),	(Patiño et al., 2015)



	piemontano de 600 a 700 m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador	Arecaceae, Fabaceae y Moraceae	<i>Ocotea aciphylla</i> (56 Ind/ha)	
Bosque montano bajo	Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador	En este estudio se identificaron 46 especies dentro de 35 géneros y 20 familias, pertenecientes a 33 arbóreas y 13 arbustivas. • Las familias con mayor diversidad en el estrato arbóreo son: Lauraceae, Melastomataceae, Rubiaceae y Euphorbiaceae y en el estrato arbustivo: Lauraceae, Primulaceae, Chlorantaceae y Rubiaceae.	Especies más representativas en el estrato arbóreo son: <i>Alchornea glandulosa</i> (75Ind/ha) y <i>Nectandra lineatifolia</i> (56 Ind/ha), En el estrato arbustivo: <i>Psychotria brachiata</i> (1400 Ind/ha), <i>Tetrorchidium andinum</i> (533 Ind/ha) y <i>Palicourea</i> sp (500 Ind/ha).	(Aguirre et al., 2018)
Bosque montano bajo	Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda, Zamora Chinchipe,	Las familias más diversas del estrato arbóreo son Rubiaceae, Lauraceae, Clusiaceae y Euphorbiaceae; del estrato arbustivo: Piperaceae, Solanaceae y Poaceae; y del herbáceo: Dryopteridaceae, Polypodiaceae y	Las especies ecológicamente importantes del estrato arbóreo son <i>Alsophila cuspidata</i> (710 Ind/ha) y <i>Nectandra lineatifolia</i>	(Maldonado et al., 2018)



	Ecuador	Araceae.	(200 Ind/ha); del estrato arbustivo: <i>Chamaedorea linearis</i> (800 Ind/ha) y <i>Philodendron</i> sp., (666 Ind/ha) y del estrato herbáceo: <i>Elaphoglossum latifolium</i> (9200 Ind/ha)	
--	---------	----------	---	--

En la Tabla 1 citamos las investigaciones florísticas más relevantes realizadas tanto en Bosques pie montanos y montanos bajos para tener como referencia la riqueza, diversidad de especies más importantes que existen dentro de estos remanentes con características similares a nuestra zona de estudio ubicada en la provincia del Azuay.



4.4. Potencial forestal y normas para el aprovechamiento en el Bosque pie montano y montano bajo

Antes de describir sobre el potencial forestal es importante hablar sobre la deforestación. En el Ecuador la tasa de deforestación es alta ya que se pierde anualmente 70 mil hectáreas de bosque, lo que implica reducción en su biodiversidad y en el potencial forestal que podría ser extraído de manera legal y sostenible (MAE, 2013). Por más de 50 años los recursos forestales se han extraído irracionalmente, esto lógicamente ha provocado que algunas de las especies se encuentren amenazadas o vulnerables a extinción local (Palacios & Jaramillo, 2001). Esto pese a que en el Ecuador existen normas enmarcadas al aprovechamiento y uso de los recursos madereros para diferentes ecosistemas forestales: bosques húmedos, andinos y secos (Izko & Burneo, 2003).

El Ministerio del Ambiente (MAE) es la autoridad competente para regular el uso y aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables, y para emitir las normas para el manejo forestal sustentable de los bosques andinos ecuatorianos mediante acuerdos ministeriales. Para el Bosque pie montano aplica la norma de bosque seco hasta los 800 m snm (MAE, 2007). En el Bosque montano bajo que se localiza en cotas superiores a los 1300 m snm, aplica la Norma para el Aprovechamiento de Bosque Andino (MAE, 2006). Las dos normas enfatizan en sus procedimientos técnicos las especies que serán aprovechadas de manera racional que conducen al manejo y aprovechamiento forestal sostenible.

Según el art. 35 de la Norma para el Aprovechamiento de Bosque Andino, las especies de aprovechamiento condicionado para esta norma son:



“todas las especies de los géneros *Myrcianthes*, *Ruagea*, *Weinmannia*, Podocarpaceae, *Polylepis*, y especies como *Cabrlea canjerana*, *Cedrela montana*, *Cedrela odorata*, *Guarea kunthiana*, *Clusia* spp., *Clusia flaviflora*, *C. multiflora*, *Tabebuia chrysantha subs*, *Meridionalis*, *Myrsine coriácea*, *Hyeronima macrocarpa*, *Hyeronima* spp., *Styloceras laurifolia*, *Juglans neotropica*, *Vallea stipularis*, *Mauria heterophylla*. No se incluirán árboles protegidos (condicionadas o en veda). Los árboles a aprovechar deberán tener el DAP igual o mayor al DMC que esté estipulado para su fin.”

En términos físicos, el recurso forestal maderable se mide en metros cúbicos y en hectáreas de cobertura boscosa. Los volúmenes sean estos totales o comerciales, varían sustancialmente con relación al tipo de bosque o calidad de sitio. Diversos estudios han analizado la situación del sector forestal en el Ecuador (Aguinsaca et al., 2019; Mendoza et al., 2015). En la región sur del Ecuador se determinó que dentro de las especies maderables más usadas en el ámbito local están *Cedrela montana* (cedro), *Cedrelliga cateniformis* (*seique*), *Swietenia macrophylla* (almendro), *Juglans neotropica* (nogal), *Terminalia amazonica* (yumbingue) y *Podocarpus oleifolius* (romerillo fino). Estas especies han sido y son taladas sin consideración de su edad, DMC o calidad (Mendoza et al., 2015; Toro Vanegas & Roldán Rojas, 2018).

Segura et al. (2015) mencionan que el volumen comercial total más alto por hectárea se encuentra en los estratos de las tierras bajas perennes de la vertiente amazónica y las estribaciones andinas. Por lo contrario, los registros de volúmenes más bajos son para los estratos de bosque seco, bosque seco andino y bosques montanos alto andinos.



El aprovechamiento también se basa en el uso de las especies con fines específicos. En una investigación realizada en la provincia de Loja en bosques montanos bajos se reportaron 65 especies útiles. De estas especies se reportan usos múltiples como: frutas comestibles (44 especies), madera para construcción de casas rurales (37 especies), construcción de cercos (26 especies), elaboración de herramientas (20), para leña y medicina humana (ambos usos 19 especies). Algunas especies son de importancia forestal como: *Cupania* sp. *Inga* spp y *Heliocarpus americanus* (Kvist et al., 2006).



5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales y equipos

Para la evaluación de las parcelas y el procesamiento de las muestras botánicas se utilizaron los siguientes equipos y materiales: GPS (Garmin Oregon 550), cinta métrica, cinta diamétrica, martillo, placas, machetes, clavos, fundas plásticas, periódico, estufa, cámara fotográfica, tijeras de podar, cartón, prensas botánicas, brújula, piolas y podadoras manuales.

5.2. Ubicación y descripción del área de estudio

El área de investigación se localiza en los Andes Sur del Ecuador, provincia del Azuay, en los remanentes de Bosque siempre verde pie montanos y montano bajo dentro de la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas. Estos remanentes se ubican en una matriz agropecuaria fragmentada dentro de un gradiente altitudinal desde los 500 m snm hasta 2 200 m snm, en las parroquias Chaucha (San Antonio) y Molleturo (La Iberia), las dos parroquias pertenecen al Canton Cuenca (Figura 1).

MAPA DE LA ZONA DE ESTUDIO

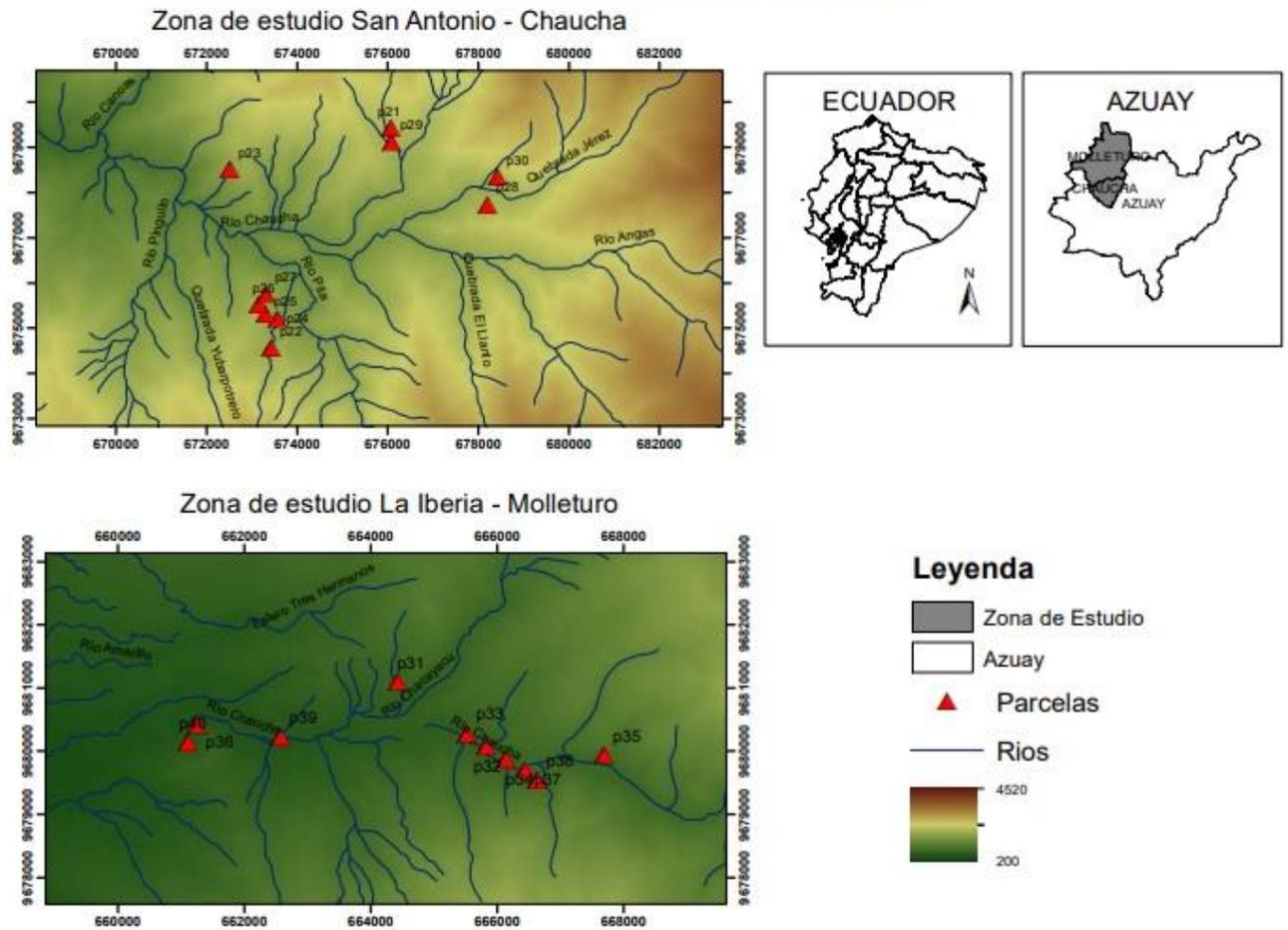


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de estudio (parcelas de investigación), San Antonio de Chaucha (Bosque montano bajo) y La Iberia de Molleturo (Bosque pie montano) Provincia del Azuay.

5.3. Instalación de parcelas y muestreo de campo

En el área de estudio se utilizaron veinte parcelas permanentes de 20 m x 50 m (0,1 ha) instaladas bajo el proyecto de investigación denominado “El rol de los bosques andinos frente al cambio climático con base a la diversidad taxonómica, y funcional y stock de carbono en Bosques siempreverdes montanos andinos. Azuay – Ecuador”. Para el establecimiento de las parcelas, y tomando en cuenta el carácter fragmentado de los bosques, dicho proyecto aplicó



un diseño de muestreo estratificado, considerando dos altitudes de referencia: 500 ± 500 m snm para Bosque pie montano, y 1500 ± 500 m snm para Bosque montano bajo. Estas parcelas fueron instaladas en los remanentes de bosques maduros, con al menos 300 m de distancia horizontal para tener independencia en las variables a medir. A las parcelas se las instaló en el centro de los parches de bosque, o al menos a 300 metros del límite de bosque para evitar el efecto de borde. También se consideraron parches de bosques con pendientes que no superen los 45 grados. Por último, se consideró la accesibilidad y el permiso de sus propietarios.

Para facilitar la medición de las diferentes variables planteadas en los objetivos a cada parcela de $50\text{ m} \times 20\text{ m}$, se la dividió en 10 subparcelas de $10\text{ m} \times 10\text{ m}$, siguiendo la metodología propuesta por Arellano et al. (2016).

5.4. Metodología

5.4.1. Metodología para el objetivo específico uno: *“Determinar la composición, diversidad y densidad de especies arbóreas leñosas en los bosques pie montanos y montanos bajos de la Reserva de la Biósfera Macizo de El Cajas, provincia del Azuay.”*

La composición florística fue determinada mediante la identificación de especies registradas en cada parcela. La variación en la composición florística entre parcelas fue analizada mediante un análisis de escalamiento multidimensional no métrico - NMDS; para ello usamos la función “monoMDS” de la librería Vegan de R (Oksanen et al., 2020). Este análisis nos permitió evidenciar la distribución espacial de grupos de parcelas en dos ejes de ordenamiento. La diferencia florística entre estos grupos fue comprobada mediante un



análisis de similitud - ANOSIM ($P < 0,05$), utilizando la función “vegdist” la librería Vegan de R. Para este análisis se tomó como criterio de clasificación los tipos de bosques. Los análisis NMDS y ANOSIM fueron realizados para dos tamaños de la vegetación: 1) biotipos o individuos leñosos (incluyendo palmas y helechos arbóreos) con $DAP \geq 5$ cm y 2) con $DAP \geq 10$ cm. Esto se lo realizó para hacer comparaciones con estudios locales y regionales en donde las metodologías no son uniformes y utilizan estos dos tamaños de la vegetación. Para estos análisis se diseñó bases de datos en Excel en donde las especies forman las columnas y en las filas las parcelas con las respectivas densidades arbóreas en cada campo. Los gráficos se los realizó desde el entorno virtual del programa ecológico estadístico Qeco (Di Rienzo et al., 2010).

La diversidad fue analizada mediante la riqueza de especies (número de especies por parcela) y los índices de diversidad alfa de Shannon y Simpson en los dos tamaños de vegetación. Estas variables fueron normales (Anexo 1) por lo que se compararon entre los dos tipos de bosques utilizando la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha=0,05$) que permite comparar dos tratamientos o escenarios de estudio. Estas comparaciones fueron realizadas con el programa estadístico Infostat (Di-Rienzo et al., 2017).



5.4.2. Metodología para el objetivo específico dos: *“Cuantificar el volumen total, comercial y el aprovechable de especies leñosas arbóreas en bosques pie montaños y montaños bajos de la Reserva de la Biósfera Macizo de El Cajas, provincia del Azuay.”*

Con los datos de DAP tomados en cada parcela se calculó el área basal; esta variable más las alturas, total y comercial permitieron calcular el volumen total y comercial. Para el cálculo de los volúmenes se utilizó el factor de forma de 0,7 que es utilizado para especies latifoliadas (Cancino, 2012; MAE, 2006). Estas variables se calcularon para cada parcela. Las fórmulas utilizadas para calcular el área basal y los volúmenes se muestran a continuación:

$$\text{Área basal} - G \text{ (m}^2\text{/ha)} = 0,7854 \times \text{DAP}^2$$

$$\text{Volumen total o comercial} - V \text{ (m}^3\text{/ha)} = G \times H \times f$$

Donde:

$$G = \text{Área basal (m}^2\text{)}$$

$$H = \text{Altura total o altura comercial (m)}$$

$$f = \text{Factor de forma}$$

El volumen aprovechable fue estimado considerando tres aspectos generales que se disponen en la norma de aprovechamiento para bosques andinos. Para ello se seleccionó estimativamente los árboles dentro de nuestras parcelas bajo los siguientes criterios:

1. No se consideraron las especies condicionadas o en veda, según lo estipulado en el



artículo 25 de la norma para el aprovechamiento para bosques nativos andinos.

2. Se consideraron los diámetros mínimos de corta (DMC) que corresponden a cada especie identificada. Bajo este criterio y para seleccionar los árboles dentro de nuestro estudio con los cuales se calculó el volumen aprovechable, se consideró a todas las especies maderables que tengan el DMC el cual fue consultado en la norma correspondiente.
3. Se aplicó lo descrito en el artículo 26 en la norma: “Podrán ser aprovechados árboles de especies de aprovechamiento condicionado, siempre que se mantenga una reserva mínima obligatoria del 60%”. Bajo este criterio y para la selección de los árboles con los cuales se calculó el volumen aprovechable, se consideró a los árboles de la misma especie no condicionada que tengan un sustento, es decir que por cada individuo a considerar dentro de este volumen que tenga un reemplazo y que cumpla con el DMC.

A continuación, se muestra un ejemplo para la selección de especies para calcular el volumen aprovechable de acuerdo con los tres criterios descritos anteriormente con base a la normativa de aprovechamiento forestal (Figura 2).

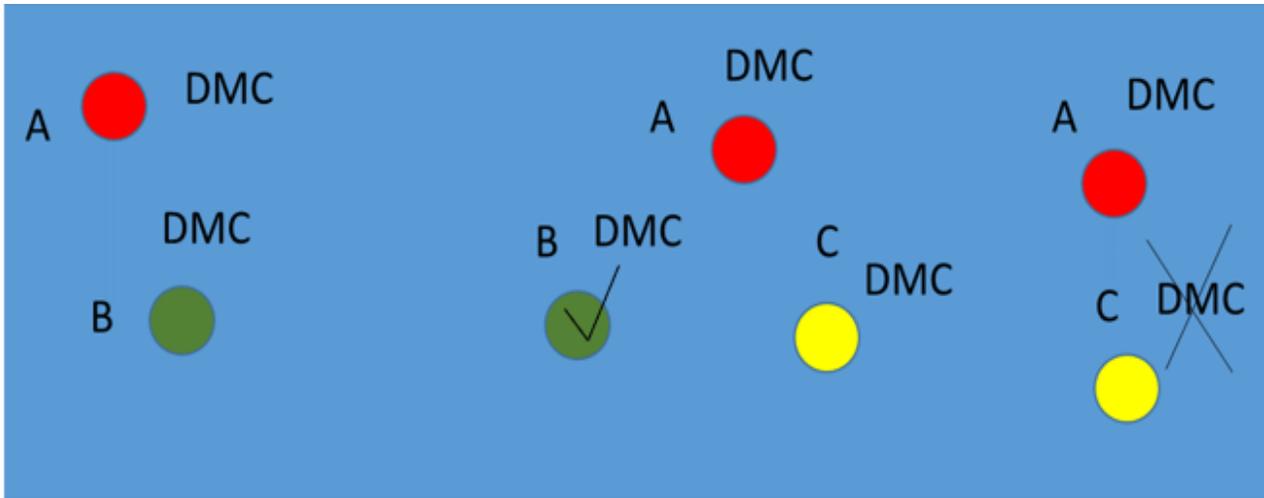


Figura 2. Especies e individuos seleccionados para calcular el volumen aprovechable en parcelas de 0.1 hectáreas. DCM (diámetro mínimo de corta); A (Especie de color rojo); B (Especie de color verde); C (especie de color amarillo). La especie A (color rojo) que este en veda, así cumplan con los DMC (diámetro mínimo de corta) no serán seleccionadas para calcular el volumen aprovechable. De la especie B (color verde), luego de su identificación taxonómica, dos árboles de la misma especie cumplen con el DMC, uno de ellos será considerado para calcular su volumen aprovechable (el que tenga mayor DAP). De la especie C (color amarillo) si uno tiene DMC y el otro no, no se considerará ninguno de los árboles para calcular el volumen aprovechable porque el que cumple con el DMC no tiene un sustento (individuos suficientes para su aprovechamiento).

Los análisis fueron realizados para tres tamaños de vegetación: 1) biotipos o individuos leñosos (incluyendo palmas y helechos arbóreos) con $DAP \geq 5$ cm, 2) con $DAP \geq 10$ cm y 3) especies aprovechables. Adicionalmente dentro de estas categorías se evaluaron las siguientes variables; promedio DAP, altura dominante, área basal, volumen total, y volumen comercial; estas se compararon entre los dos tipos de bosques utilizando la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha=0,05$).

5.4.3. Metodología para el objetivo específico tres: “Establecer relaciones entre la composición de especies, diversidad y densidad con el volumen total, comercial y volumen aprovechable en bosques pie montanos y montanos bajos de la Reserva de la Biósfera Macizo de El Cajas, provincia del Azuay.”

Se tomaron los datos de las variables medidas en el objetivo uno y dos. Para establecer relaciones entre las variables de respuesta la riqueza, diversidad (representadas por los



índices de Shannon y Simpson), y densidad arbórea de la vegetación en los dos tamaños (individuos con $DAP \geq 5$ cm y con $DAP \geq 10$ cm) con los volúmenes totales, comerciales diferenciados por el tamaño de la vegetación, más el volumen aprovechable, total y comercial (que fueron considerados como variables predictoras), se realizaron correlaciones simples ($p \leq 0,05$). Estas correlaciones fueron de Pearson cuando los datos de las variables de respuesta fueron normales y de Spearman cuando no presentaron normalidad.

Estas correlaciones nos permitieron contestar aspectos intrínsecos, asociados con nuestra hipótesis de investigación: Qué sucedería con la riqueza, diversidad y densidad arbórea (incluyendo palmas y helechos) cuando: 1) talamos toda la vegetación con tamaño ≥ 5 cm o 10 cm de DAP, lo cual es representado por el volumen total y volumen comercial? o 2) solo talamos solo árboles leñosos seleccionados según una normativa de aprovechamiento forestal sostenible (representado por el volumen total y comercial aprovechable)?.

6. RESULTADOS

6.1. Cuantificación de composición, diversidad y densidad de especies arbóreas (primer objetivo)

Considerando todos los individuos con $DAP \geq 5$ cm, se registraron 64 familias botánicas, 198 géneros y 252 especies en toda el área de estudio. En el Bosque pie montano se registró el mayor número de géneros y especies (Tabla 2). En cuanto a los individuos leñosos con $DAP \geq 10$ cm, se registraron 54 familias botánicas, 146 géneros y 180 especies en toda el área de estudio. En el Bosque pie montano se registró el mayor número de familias, géneros y especies (Tabla 2).

Tabla 2. *Número de familias, géneros y especies registradas en los dos tipos de bosques, biotipos leñosos considerando los dos tamaños de vegetación.*

Nivel de análisis	Localidad		Número de familias	Número de Géneros	Número de especies
DAP \geq 5cm	Bosque bajo	montano	46	97	105
	Bosque pie montano		46	137	177
DAP \geq 10 cm	Bosque bajo	montano	38	71	77
	Bosque pie montano		39	97	121

Considerando el tamaño de la vegetación con $DAP \geq 5$ cm (Figura 3a) y tamaño de la vegetación con $DAP \geq 10$ cm (Figura 3b), la composición florística presentó disimilitud observada mediante el NMDS (Escalamiento multidimensional no métrico). Esto se puede observar en el primer eje, mediante la agrupación hacia la derecha de las parcelas ubicadas

en el Bosque pie montano y a la izquierda en el Bosque montano bajo. Esta diferencia o variación espacial mostrada en la composición florística, presentó diferencias estadísticas entre los dos tipos de bosque (ANOSIM: $R=0,8$; $p=0,001$; Figura 3a) y (ANOSIM: $R=0,75$; $p=0,001$; Figura 3b).

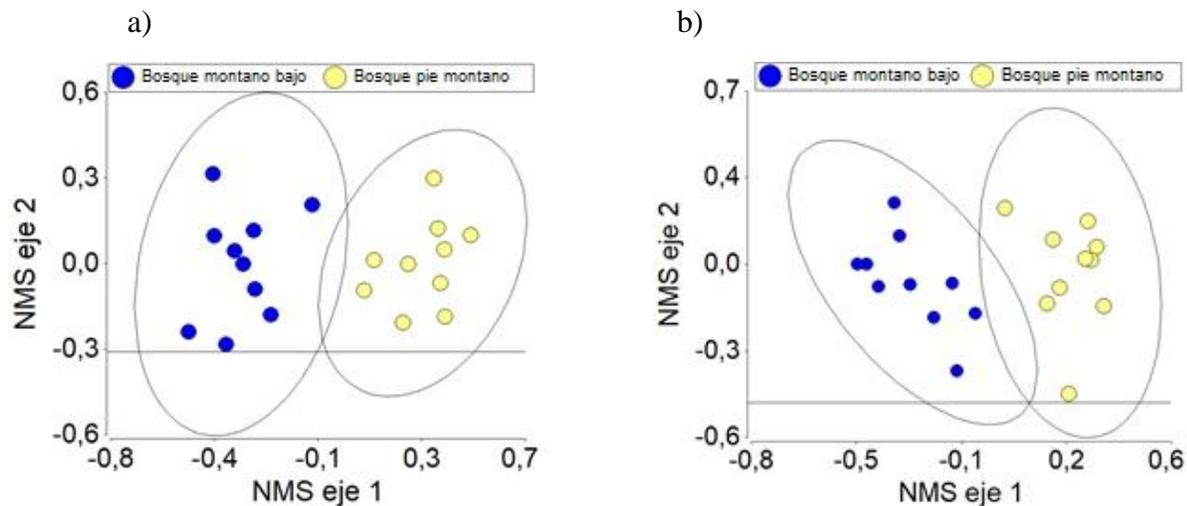


Figura 3. Escalamiento multidimensional no métrico (Bray-Curtis) para medición de similitud en la composición florística en los dos tipos de bosques: Bosque montano bajo y Bosque pie montano en árboles, palmas y helechos con $DAP \geq 5$ cm (a) y $DAP \geq 10$ cm (b).

6.1.1. Diversidad de especies arbóreas en individuos con $DAP \geq 5$ cm e individuos leñosos con $DAP \geq 10$ cm.

Considerando las especies leñosas con $DAP \geq 5$ cm, palmas y helechos arbóreos, la riqueza de especies no presentó diferencia significativa entre los dos tipos de bosque (t ; $p=0,1$). Sin embargo, en el Bosque montano bajo se registró los mayores valores ($152,0 \pm 8,8$) a diferencia del Bosque pie montano ($132,5 \pm 8,8$) (Figura 4a). En los individuos con $DAP \geq 10$ cm, la riqueza de especies presentó diferencia significativa (t ; $p=0,003$), registrando mayores valores en el Bosque pie montano ($33,1 \pm 1,5$) en comparación del Bosque montano bajo ($25,9 \pm 1,5$) (Figura 4b).

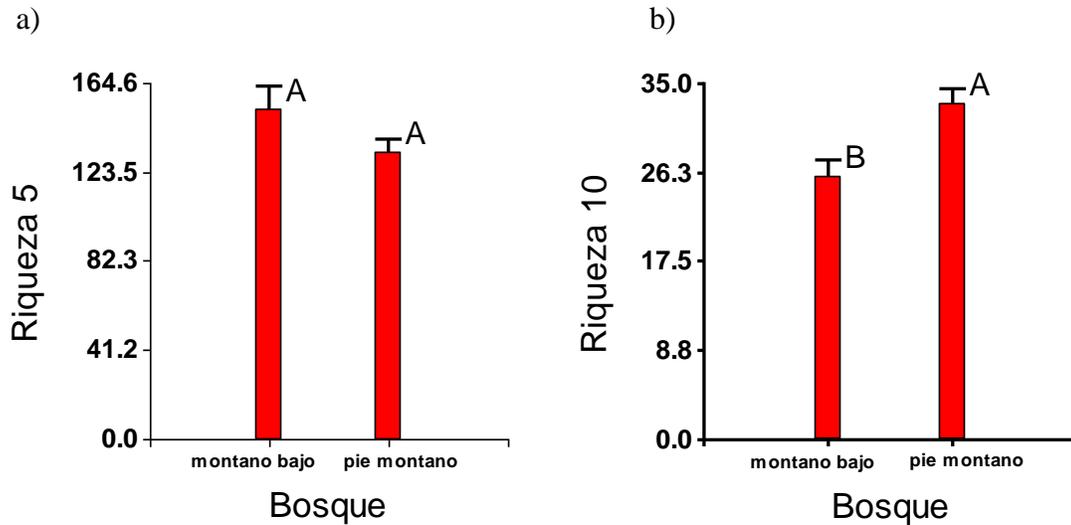


Figura 4. Promedio de riqueza de especies \pm error estándar en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm (a) y DAP ≥ 10 cm (b). Letras distintas indican diferencias significativas según la prueba *t* de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$).

Los índices de Shannon de las especies leñosas con DAP ≥ 5 cm, palmas y helechos arbóreos, no presentaron diferencias significativas entre los dos tipos de bosque (*t*; $p=0,2$). No obstante, se registraron mayores valores en el Bosque montano bajo ($4,9 \pm 0,06$) en comparación con el Bosque pie montano ($4,8 \pm 0,06$) (Figura 5a). Considerando los individuos con DAP ≥ 10 cm, la diversidad según Shannon presentó diferencia significativa (*t*; $p=0,0008$); aquí se registró los mayores valores en el Bosque pie montano ($3,02 \pm 0,08$) a diferencia del Bosque montano bajo ($2,5 \pm 0,08$) (Figura 5b).

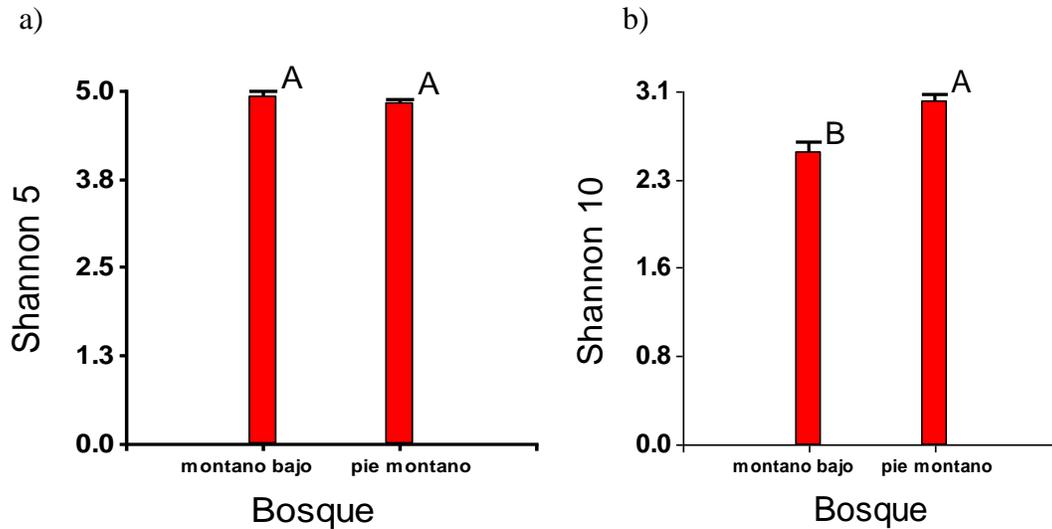


Figura 5. Medias (\pm desviación estándar) para los índices de diversidad alfa de Shannon en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ cm (a) y $DAP \geq 10$ cm (b), según la prueba t de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). Letras diferentes indican diferencias significativas.

Considerando los biotipos leñosos con $DAP \geq 5$ cm, palmas y helechos arbóreos, según los índices de diversidad según Simpson, no presentó diferencia significativa entre los dos tipos de bosque (t; $p=0,19$). Sin embargo, se obtuvieron mayores valores en el Bosque montano bajo ($0,99 \pm 4,2E-04$) en comparación con el Bosque pie montano ($0,9 \pm 4,2E-04$) (Figura 6a). En los individuos con $DAP \geq 10$ cm, la diversidad según Simpson no presentó diferencia significativa (t; $p=0,06$). No obstante, se registraron mayores valores en el Bosque pie montano ($0,9 \pm 0,01$) a diferencia del Bosque montano bajo ($0,8 \pm 0,01$) (Figura 6b).

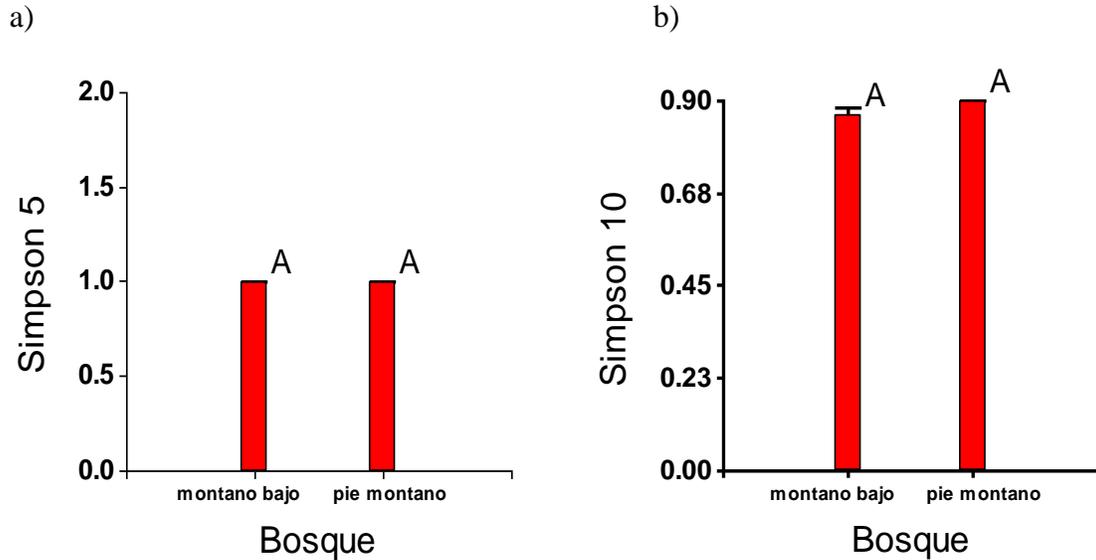


Figura 6. Medias (\pm desviación estándar) para los índices de diversidad alfa de Simpson en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ cm (a) y $DAP \geq 10$ cm (b), según la prueba *t* de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). Letras diferentes indican diferencias significativas.

En las especies leñosas con $DAP \geq 5$ cm, palmas y helechos arbóreos, la densidad arbórea presentó diferencia significativa (t ; $p=0,01$), registrando mayores valores en el Bosque pie montano ($929 \pm 51,1$) a diferencia del Bosque montano bajo ($730,5 \pm 51,1$) (Figura 7a). En los individuos con $DAP \geq 10$ cm, la densidad arbórea presentó diferencia significativa (t ; $p=0,007$), registrando mayores valores en el Bosque montano bajo ($2774,0 \pm 179,3$) a diferencia del Bosque pie montano ($2012,0 \pm 179,3$) (Figura 7b).

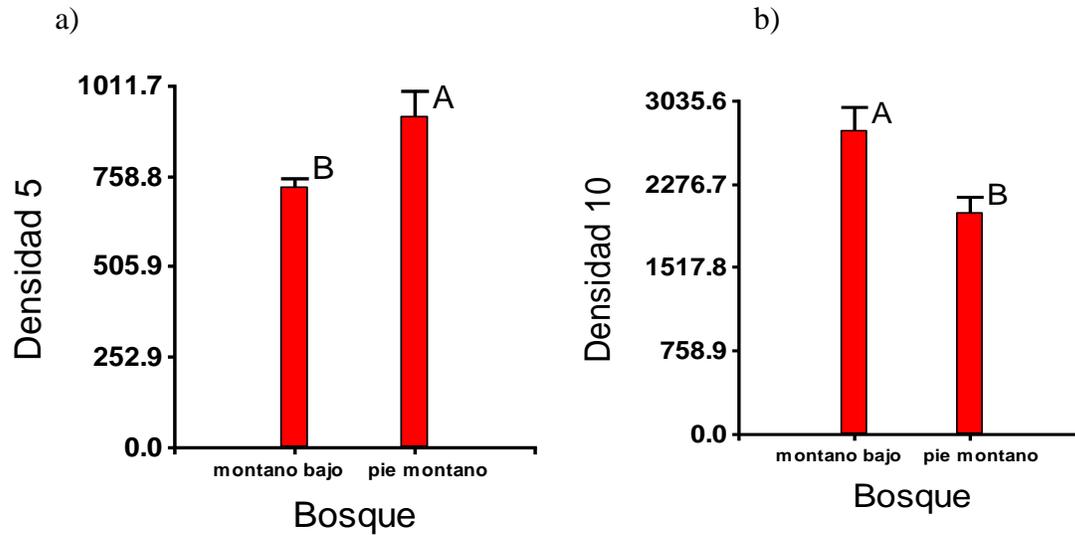


Figura 7. Medias (\pm desviación estándar) para la densidad arbórea en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ cm (a) y $DAP \geq 10$ cm (b), según la prueba *t* de Student de dos muestras ($\alpha = 0,05$). Letras diferentes indican diferencias significativas.

6.2. Cuantificación del volumen total, comercial y el aprovechable de especies leñosas arbóreas para los diferentes tamaños de vegetación individuos leñosos con $DAP \geq 5$ cm, $DAP \geq 10$ cm y especies aprovechables (objetivo específico dos).

Para la cuantificación del volumen total $DAP \geq 5$ cm, volumen comercial $DAP \geq 5$ cm, volumen comercial $DAP \geq 10$ cm, volumen total aprovechable y volumen comercial aprovechable el resultado de los promedios fueron mayores en el Bosque pie montano (Tabla 3).

Tabla 3. Promedios de volumen total $DAP \geq 5$ cm, volumen comercial $DAP \geq 5$ cm, volumen comercial $DAP \geq 10$ cm, volumen total aprovechable y volumen comercial aprovechable en dos tipos de bosque, Bosque montano bajo y Bosque pie montano.

	Bosque montano bajo	Bosque pie montano
Volumen total_5 (m3/ha)	290.30	511.38
Volumen comercial_5 (m3/ha)	17.5	38.54
Volumen total_10 (m3/ha)	251.73	453.09
Volumen comercial_10 (m3/ha)	14.63	34.74
Volumen Total aprovechable (m3/ha)	17.55	17.75
Volumen Comercial aprovechable (m3/ha)	1.47	4.00

Considerando las especies con $DAP \geq 5$ cm, palmas y helechos arbóreos, la altura dominante y área basal, no presentaron diferencias significativas entre los dos tipos de bosque (t; $p=0,4$; $0,06$: respectivamente) (Tabla 4a). En esta categoría de análisis las variables que presentaron diferencias significativas fueron, promedio del DAP, volumen total y comercial ($p=0,01$; $0,01$; $0,004$), con mayores valores para el Bosque pie montano (Tabla 4a).

En relación a las especies leñosas con $DAP \geq 10$ cm (solo leñosas), el área basal, no presentó diferencias significativas (t; $p=0,09$) (Tabla 4b). En esta categoría de tamaño de la vegetación, el promedio DAP (t; $p=0,01$), altura dominante (t; $p=0,02$), volumen total (t; $p=0,02$) y volumen comercial (t; $p=0,006$), presentaron diferencias con mayores valores para el Bosque pie montano (Tabla 4b).

Para las especies leñosas aprovechables, ninguna variable presentó diferencias significativas entre los dos tipos de bosque (Tabla 4c).

Tabla 4. Relación entre los biotipos y los diferentes parámetros de vegetación, prueba *t* ($p < 0,05$).

Categoría de análisis	Variable	PM	MB	t	p
a)					
DAP>5 cm (leñosas, palmas, helechos)	Promedio DAP (cm)	29,6 ± 0,7	26,8 ± 0,7	7,4	0,01*
	Altura dominante (m)	16,1 ± 1,3	17,4 ± 1,3	0,5	0,4
	Área basal (m ² /ha)	54,1 ± 7,6	32,8 ± 7,6	3,8	0,06
	Volumen total (m ³ /ha)	511,3 ± 58,9	290,3 ± 58,9	7,02	0,01*
	Volumen comercial (m ³ /ha)	38,5 ± 4,6	17,2 ± 4,6	10,5	0,004*
b)					
DAP>10 cm, solo leñosas	Promedio DAP (cm)	22,6 ± 0,7	19,6 ± 0,7	8,1	0,01*
	Altura dominante (m)	19,7 ± 1,1	15,9 ± 1,1	6,2	0,02*
	Área basal (m ² /ha)	47,05 ± 7,7	27,3 ± 7,7	3,1	0,09
	Volumen total (m ³ /ha)	453,09 ± 59,8	251,7 ± 59,8	5,6	0,02*
	Volumen comercial (m ³ /ha)	34,7 ± 4,6	14,6 ± 4,6	9,5	0,006*
c)					
Aprovechables	Promedio DAP (cm)	41,2 ± 10,8	34,0 ± 10,8	0,2	0,6
	Altura dominante (m)	25,0 ± 6,8	11,6 ± 6,8	1,9	0,1
	Área basal (m ² /ha)	5,1 ± 1,4	2,6 ± 1,4	1,4	0,2
	Volumen total (m ³ /ha)	25,9 ± 11,7	17,5 ± 11,7	0,2	0,6
	Volumen comercial (m ³ /ha)	4,5 ± 1,1	1,4 ± 1,1	3,8	0,06

*: valores significativos; PM: Pie montano; MB: Montano bajo; t: estadístico de prueba de Student; p: valor-p.

6.3. Relaciones entre la composición de especies, diversidad y densidad con el volumen total, volumen comercial en individuos con DAP ≥ 5 cm, DAP ≥ 10 cm y aprovechables (tercer objetivo)

El análisis de ordenación NMDS mostró que la composición florística con relación al volumen comercial fue significativa tanto para los individuos con DAP ≥ 5 cm como para los de DAP ≥ 10 cm ($p=0,01$; $0,009$; respectivamente). Los coeficientes de correlación fueron $r^2=0,3$ (DAP >5) y $0,3$ (DAP >10) con los ejes de ordenación de NMDS (Tabla 5).

Tabla 5. Relación de la composición florística con los volúmenes total y comercial en individuos con DAP ≥ 5 cm, DAP ≥ 10 cm y Aprovechables. Escalonamiento multidimensional no métrico (NMDS).

	NMDS Eje1	NMDS Eje2	r^2	p
VT_Apro	0,6	-0,7	0,1	0,3
VC_Apro	0,8	-0,5	0,2	0,1
VT_5	0,8	-0,4	0,2	0,06
VC_5	0,9	-0,1	0,3	0,01
VT_10	0,8	-0,4	0,2	0,08
VC_10	0,9	-0,1	0,3	0,009

VT_Apro: Volumen Total Aprovechable, VC_Apro: Volumen Comercial Aprovechable, VT: Volumen Total, VC: Volumen Comercial, r^2 : bondad de ajuste, p: valor-p.

De las correlaciones entre variables de respuesta (analizando de izquierda a derecha) (Tabla 6) frente a las variables predictoras, la riqueza de especies considerando biotipos ≥ 5 cm de DAP (Riqueza_5) no se correlacionó con ninguna variable de volumen. La riqueza considerando biotipos ≥ 10 cm de DAP se correlacionó positiva y significativamente con el volumen comercial calculado con los biotipos ≥ 5 cm de DAP (V_comercial_5) ($p=0,04$) (Tabla 6; Figura 8a). El índice de Shannon calculado con biotipos ≥ 5 cm de DAP (Shannon_5) no se correlacionó con ninguna variable predictoras. El índice de Shannon



calculado con biotipos ≥ 10 de DAP fue la que mayor se correlacionó con las variables predictoras, volumen total DAP ≥ 5 ($p=0,03$) (Tabla 6; Figura 8b), con el volumen comercial DAP ≥ 5 ($p=0,005$) (Tabla 6; Figura 8c), el volumen total DAP ≥ 10 ($p=0,05$) (Tabla 6; Figura 8d), el volumen comercial DAP ≥ 10 ($p=0,009$) (Tabla 6; Figura 8e), y con el volumen comercial aprovechable ($p=0,04$) (Tabla 6; Figura 8f), a excepción del volumen total aprovechable.

El índice de Simpson calculado con biotipos ≥ 5 cm de DAP no se correlaciono con ninguna variable predictora al igual que el índice de Simpson con biotipos ≥ 10 cm de DAP y la densidad con biotipos ≥ 5 cm de DAP. La densidad con biotipos ≥ 10 cm de DAP (Densidad_10) se correlacionó únicamente con el volumen total de los individuos ≥ 5 cm ($p=0,04$) (Tabla 6; Figura 8g).



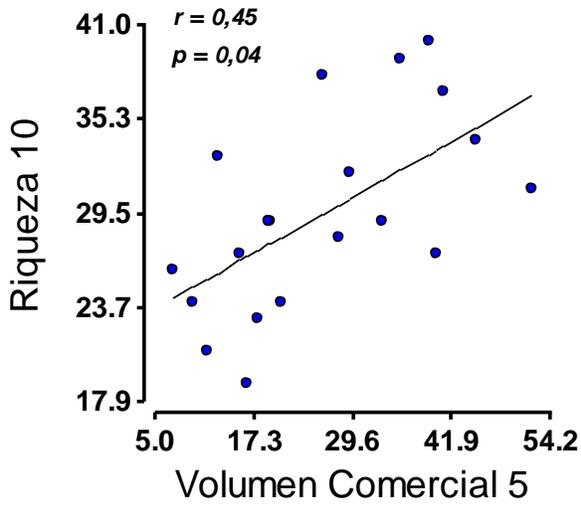
Tabla 6. Correlaciones entre las variables de respuesta riqueza, diversidad (índices de Shannon y Simpson), y densidad arbórea de la vegetación (individuos con DAP ≥ 5 cm y con DAP ≥ 10 cm) con los volúmenes totales, comerciales, volumen aprovechable, total y comercial (que fueron considerados como variables predictoras).

	Riqueza_5	Riqueza_10	Shannon_5	Shannon_10	Simpson_5	Simpson_10*	Densidad_5*	Densidad_10
Volumen total_5	r = -0,27 p = 0,25	r = 0,38 p = 0,09	r = -0,14 p = 0,54	r = 0,48 p = 0,03	r = -0,22 p = 0,34	r = 0,13 p = 0,57	r = -0,26 p = 0,26	r = -0,45 p = 0,04
Volumen comercial_5	r = -0,27 p = 0,25	r = 0,45 p = 0,04	r = -0,15 p = 0,52	r = 0,59 p = 0,005	r = -0,23 p = 0,33	r = 0,42 p = 0,06	r = -0,30 p = 0,20	r = -0,40 p = 0,07
Volumen total_10	r = -0,25 p = 0,29	r = 0,33 p = 0,15	r = -0,12 p = 0,60	r = 0,43 p = 0,05	r = -0,21 p = 0,37	r = 0,13 p = 0,57	r = -0,28 p = 0,23	r = -0,40 p = 0,07
Volumen comercial_10	r = -0,26 p = 0,27	r = 0,42 p = 0,06	r = -0,14 p = 0,54	r = 0,56 p = 0,009	r = -0,23 p = 0,31	r = 0,40 p = 0,08	r = -0,24 p = 0,31	r = -0,38 p = 0,09
Volumen total aprovechable	r = -0,08 p = 0,74	r = 0,26 p = 0,27	r = -0,0012 p = 0,99	r = 0,23 p = 0,31	r = -0,08 p = 0,74	r = 0,13 p = 0,59	r = -0,32 p = 0,16	r = 0,04 p = 0,85
Volumen comercial aprovechable	r = -0,26 p = 0,26	r = 0,40 p = 0,07	r = -0,20 p = 0,39	r = 0,44 p = 0,04	r = -0,36 p = 0,11	r = 0,18 p = 0,45	r = -0,30 p = 0,19	r = -0,18 p = 0,45

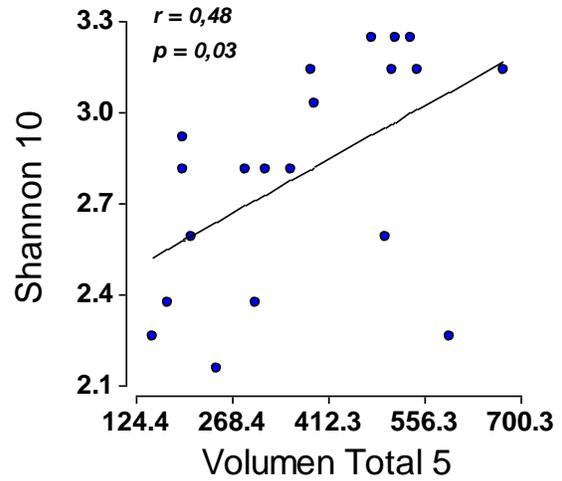
*Correlaciones realizadas con Spermán



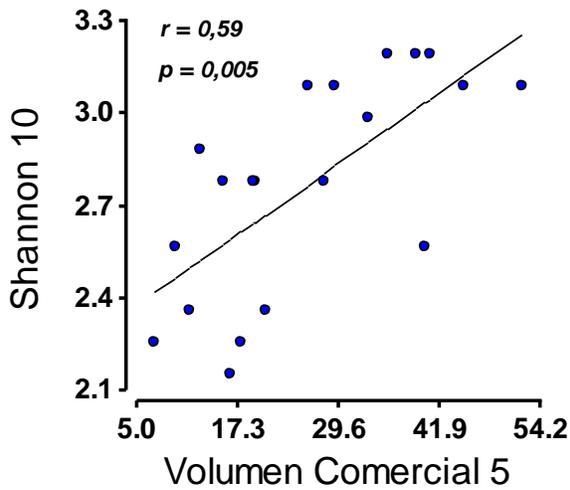
a)



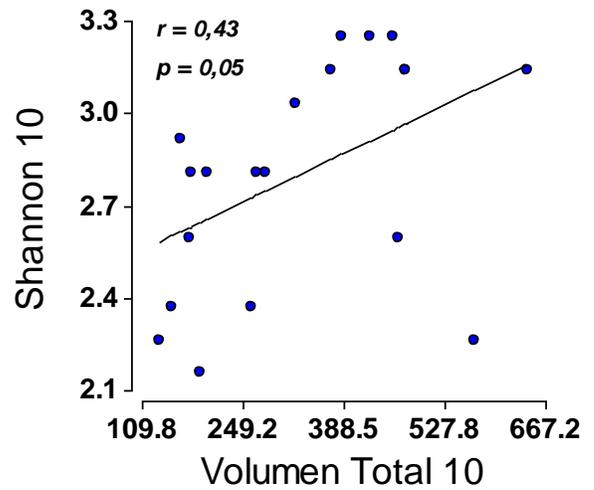
b)



c)



d)



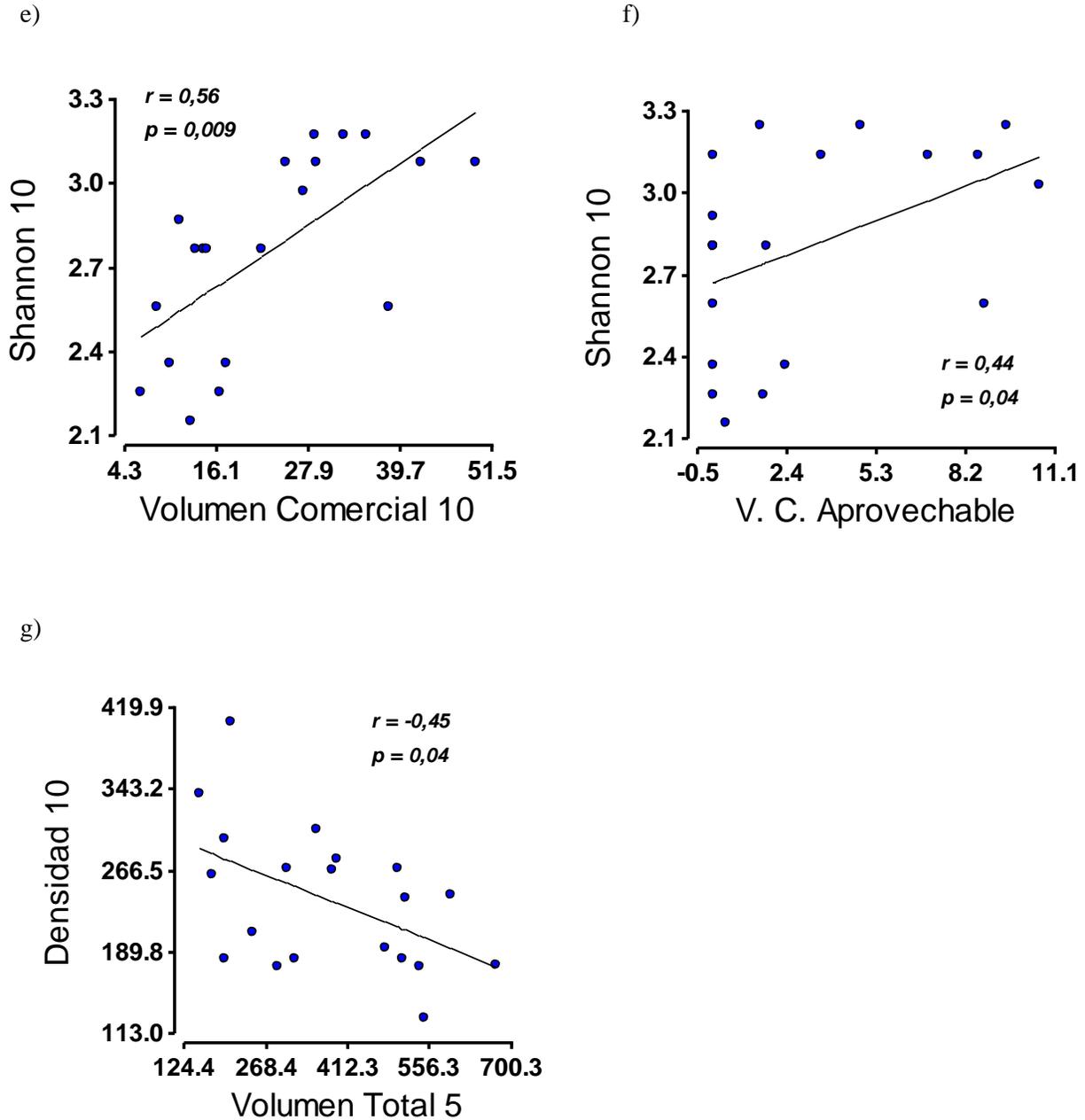


Figura 8. Gráficos de correlación: **a)** Volumen comercial \geq DAP 5/ Riqueza \geq 10 DAP; **b)** Volumen total \geq 5 DAP/ Shannon \geq 10 DAP; **c)** Volumen comercial \geq 5 DAP/ Shannon \geq 10 DAP; **d)** Volumen total \geq 10 DAP/ Shannon \geq 10 DAP; **e)** Volumen comercial \geq 10 DAP/ Shannon 10; **f)** Volumen comercial aprovechable /Shannon \geq 10 DAP; **g)** Volumen total \geq 5 DAP / Densidad \geq 10 DAP.



7. DISCUSIÓN

Se observó disimilitud en la composición florística entre el Bosque pie montano y montano bajo. En los sitios de estudio se mostró dos agrupaciones florísticas claramente diferenciadas que corresponden a cada tipo de bosque, en las dos categorías de análisis según el tamaño de la vegetación. Esta disimilitud según Josse et al. (2003) se debe a que estos bosques tienen influencias ambientales diferentes relacionadas con su ubicación altitudinal y variables circundantes, lo que favorece a la presencia de especies representativas en diferentes zonas.

Considerando los resultados de la riqueza de especies leñosas ≥ 5 cm de DAP, que fue similar en los dos bosques tanto en bosques pie montano y montano bajo, no se muestra un patrón de variación según el ecosistema. Estos bosques están ubicados en diferentes rangos altitudinales, por lo tanto el resultado obtenido difiere con los obtenidos por Fernández (2013) quien señala que la mayor riqueza de especies se encuentra en sitios de menor altitud. Sin embargo, en la vegetación con ≥ 10 cm de DAP la riqueza de especies es mayor significativamente en el Bosque pie montano ubicado a menor altitud. Este último resultado es consistente con los patrones registrados en la región andina tanto a nivel local y regional, en donde se han evaluado vegetación con ≥ 10 cm de DAP (Malizia et al., 2020). Variables ambientales de suelo y clima (no evaluados en la presente investigación) posiblemente estarían influyendo de manera directa sobre esta variación con respecto a los dos tipos de bosque.

Similares resultados al de la riqueza se registraron con respecto a los índices de diversidad alfa de Shannon y de Simpson. Los resultados registrados con la vegetación ≥ 10



cm de DAP son similares a los registrados en algunas investigaciones (Cuvi & Caranqui, 2011; Pineda et al., 2008) en donde se afirma que la mayor diversidad se da en ecosistemas ubicados a menor altitud o adyacente a los trópicos.

Con respecto a la densidad arbórea en los individuos con $DAP \geq 5$ cm se presentó los mayores valores en el Bosque pie montano, cuyos resultados son consistentes con lo registrado por Homeier et al. (2010) en donde la mayor cantidad de árboles están ubicados a menor altitud. En los bosques ubicados a menor altitud se afirma que existe estabilidad climática, menor estacionalidad, altas temperaturas y pluviosidad (Rasal et al., 2012). Estas características han permitido que el número de especies e individuos vegetales sea mayor. Por lo contrario, la densidad arbórea considerando individuos con $DAP \geq 10$ cm, los mayores valores se registraron en el Bosque montano bajo es decir a mayor altitud. Estos resultados coinciden con lo registrado por Girardin et al. (2014) y Jadan et al. (2017) quienes han demostrado que la densidad de árboles aumenta conforme se incrementa la altitud.

Los mayores valores del área basal registrados en el Bosque pie montano para los individuos con $DAP \geq 10$ cm es similar a lo registrado por Homeier et al. (2010) a nivel local, en donde se manifiesta que el área basal incrementa a menor altitud. Factores de índice de sitio en relación con la mayor disponibilidad de nutrientes asociado con temperaturas superiores que facilitan procesos de mineralización y descomposición posiblemente estarían provocando estos resultados. Así mismo, estos valores con los similares patrones de distribución del área basal han sido registrados en estudios regionales en todos los andes tropicales (Báez et al., 2015) en donde la temperatura asociada con la altitud han sido los predictores con mayor intensidad.



El volumen total y comercial en los niveles de análisis de $DAP \geq 5$ cm y $DAP \geq 10$ cm presentaron diferencias significativas en los dos tipos de bosques, con mayores valores en el Bosque pie montano. Según Palacios and Jaramillo (2001) los bosques que se encuentran a menor altitud por debajo de los 300 m snm se caracterizan por concentrar hasta el 60% del volumen comercial en comparación con todos los bosques. Esto se basa en que los bosques ubicados en estas altitudes son los más productivos en el tema maderable. Sin embargo, existen inconvenientes a nivel nacional para hacer comparaciones entre diferentes tipos de bosques por falta de información, pero es evidente que hay diferencias claras entre cada uno de ellos. Estudios afirman que los volúmenes de madera total y sobre todo la comercial siempre es mayor en ecosistemas de menor altitud por variables intrínsecas como la altura, diámetro y área basal que permiten el cálculo directo del volumen. Estas variables se relacionaron negativamente con la altitud como lo afirman Homeier et al. (2010) y Girardin et al. (2014)

Las relaciones negativas, aunque no significativas entre volumen total, comercial aprovechable con la riqueza de especies nos indica muy levemente que mientras el volumen aprovechable aumenta, menor será el daño en la riqueza florística de estos dos tipos de bosque. Estos resultados son similares a los registrados por Jadán et al. (2015) en la Amazonía ecuatoriana en donde los volúmenes de madera seleccionados legalmente no afectan directamente a la riqueza integral del ecosistema. Este resultado nos permite afirmar levemente nuestra hipótesis de investigación; que mientras se aplique de manera consistente las normas de manejo forestal no se afectaría la integridad florística de los dos ecosistemas montanos evaluados en esta investigación. Los bosques tropicales generalmente producen de 200 hasta 400 m³ de madera total (Franco & Franco, 2020). Sin embargo, los volúmenes de



madera comercial bajo principio de manejo forestal no superan los 20 m³ (*comentario personal; Ministerio del Ambiente*). Según estas bajas cantidades y asociado con los procesos de selección y reposición exhaustiva, la riqueza y densidad arbórea no se verá afectada.

Por lo contrario, la relación positiva y significativa entre riqueza ≥ 10 cm de DAP, Shannon ≥ 10 cm de DAP y volumen comercial ≥ 5 cm de DAP, indica claramente que si aprovechamos todos los biotipos mayores a 10 cm de DAP afectaríamos a la riqueza de especies y diversidad florística de estos dos tipos de bosque. Estos resultados son consistentes con Snook (2005) que en su investigación manifiesta que la composición florística y la diversidad de la vegetación de los bosques cambia debido a la cosecha de madera.



8. CONCLUSIONES

Los bosques pie montano y montano bajo son física y estructuralmente diferentes, se separan aproximadamente con una diferencia de 1 000 metros de altitud, en la presente investigación la mayoría de variables registraron mayores valores en el Bosque pie montano, ubicado a menor altitud, resultados similares a lo registrado por otras investigaciones.

De acuerdo con la composición florística el análisis comparativo demuestra que los dos tipos de bosque son diferentes ecológicamente, esto para los dos niveles de análisis individuos ≥ 5 cm de DAP y ≥ 10 cm de DAP, en cuanto a las variables de vegetación riqueza de especies, índices de diversidad alfa estos fueron relativamente similares para los dos tipos de bosque en los individuos ≥ 5 cm de DAP. Por el contrario, en el nivel de análisis individuos ≥ 10 cm de DAP la riqueza de especies, el índice de diversidad alfa se obtuvo mayores valores en el Bosque pie montano. Para la densidad arbórea los resultados fueron diferentes ya que existió un mayor valor en el Bosque pie montano para los individuos con ≥ 5 cm de DAP en comparación con los individuos de ≥ 10 cm de DAP que Bosque montano bajo tuvo mayores valores en cuanto a las especies leñosas.

Los valores registrados en cuanto a las variables de volumen fueron distintos para ambos bosques, de modo que, el volumen total y comercial para los individuos ≥ 5 cm de DAP y ≥ 10 cm de DAP fueron superiores estadísticamente en el Bosque pie montano, de igual manera para los individuos con volumen aprovechable.

Los resultados de este trabajo de investigación sugieren que el correcto aprovechamiento de los volúmenes permitidos por una norma de aprovechamiento legal no afecta la riqueza de especies ni la densidad arbórea de los bosques montanos, y consecuentemente no afecta a



su estructura la cual está íntimamente ligada a su funcionalidad. Por lo contrario, una explotación forestal de todos árboles, palmas y helechos arbóreos podría afectar directamente en el ecosistema del bosque. Es imprescindible generar conocimiento para la conservación de los bosques andinos.



9. RECOMENDACIONES

Debido a la escasa información en relación con el potencial maderable de los bosques montanos, es necesario desarrollar mayores estudios relacionados a los impactos de la cosecha forestal, para determinar cuáles serían sus efectos negativos y positivos en el tiempo y así obtener las pautas necesarias para la estricta conservación y manejo de estos bosques y de los servicios ecosistémicos que nos brindan.

También recomendamos incrementar los controles en cuanto a la explotación de los bosques montanos mediante planes contundentes de preservación y estudios de valoración que se acojan a la normativa para el manejo sustentable de bosques andinos y secos por medio de la capacitación y seguimiento por parte de las autoridades pertinentes, con el fin de disminuir la deforestación y garantizar un aprovechamiento sostenible.



10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguinsaca, F., Rey, Y., Jaramillo, A., Luzón, C., Jumbo, N., Fernandez, P., González, J., & Pucha-Cofrep, D. (2019). Caracterización química de cinco especies forestales en el sur de Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 9(1), 110-118.
- Aguirre, Celi, & Herrera. (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.
- Aguirre, Reyes, J. B., Quizhpe, C. 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.
- Arellano, G., Cala, V., Fuentes, A., Cayola, L., Jørgensen, P., & Macía, M. (2016). A standard protocol for woody plant inventories and soil characterisation using temporary 0.1-Ha plots in tropical forests. *Journal of Tropical Forest Science*, 508-516.
- Báez, S., Malizia, A., Carilla, J., Blundo, C., Aguilar, M., Aguirre, N., Aquirre, Z., Álvarez, E., Cuesta, F., & Duque, Á. (2015). Large-scale patterns of turnover and basal area change in Andean forests. *PloS one*, 10(5), e0126594.
- Baquero, F., Sierra, R., Ordóñez, L., Tipán, M., Espinosa, L., Belen Rivera, M., & Soria, P. (2004). La vegetación de los Andes del Ecuador. Memoria explicativa de los mapas de vegetación: potencial y remanente a escala 1:250.000 y del modelamiento predictivo con especies indicadoras. EcoCiencia/CESLA/Corporación EcoPar/MAG SIGAGRO/CDC - Jatun SachaIDivisión Geográfica - IGM. Quito.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista peruana de Biología*, 12(2), 203-216.
- Cancino, J. O. (2012). *Dendrometría básica*. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente
- Caranqui, J. (2015). *Estructura y composición de un bosque siempreverde montano bajo en río negro (Baños, Tungurahua)*. [Tesis Escuela Superior Politécnica del Chimborazo]
- Cué, J. L., Añazco, M. J., & Orlando, H. (2019). Producción y conservación de semillas forestales: situación actual y perspectivas en Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(3), 365-376.
- Cuvi, M., & Caranqui, J. (2011). *Estudio de la diversidad florística a diferente gradiente altitudinal en el bosque montano alto Llucud, canton Chambo, provincia de*



Chimborazo. [Tesis Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal]

- Delgado, C., & Alcibar, H. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe-Ecuador Loja. *Arnaldoa*, 25(3), 923-938.
- Di-Rienzo, Casanoves, F., Balzarini, M., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. (2017). InfoStat: software estadístico 2017. *Universidad Nacional de Córdoba, ARG*.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Pla, L., Vílchez, S., & Di Rienzo, M. J. (2010). Qeco-Quantitative ecology software: A collaborative approach. *Revista Latinoamericana de Conservación/ Latin American Journal of Conservation*, 1(1).
- Fadrique, B., & Homeier, J. (2016). Elevation and topography influence community structure, biomass and host tree interactions of lianas in tropical montane forests of southern Ecuador. *Journal of vegetation science*, 27(5), 958-968.
- Fernandez, D. (2013). Flora y fauna representativa de los bosque piemontanos y montano bajo del Proyecto Hidroeléctrico Coca Codo Sinclair. *Publicación Técnico-Divulgativa de la Empresa Pública Estratégica Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair. Imprenta Murgraphic. Quito-Ecuador*.
- Finegan, B., Peña-Claros, M., de Oliveira, A., Ascarrunz, N., Bret-Harte, M. S., Carreño-Rocabado, G., Casanoves, F., Díaz, S., Eguiguren Velepucha, P., & Fernandez, F. (2015). Does functional trait diversity predict above-ground biomass and productivity of tropical forests? Testing three alternative hypotheses. *Journal of Ecology*, 103(1), 191-201.
- Franco, L. V. C., & Franco, N. P. C. (2020). Cálculo del margen de tolerancia permisible aplicando el factor de experiencia de buque en la transferencia marítima de petróleo crudo y derivados del petróleo. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(1), 14-20.
- Gazda, A., Miścicki, S., & Chwistek, K. (2015). Tree species diversity and above-ground biomass of natural temperate forest: montane versus lowland forest. *Dendrobiology*, 73, 3-10.
- Girardin, C. A., Farfan-Rios, W., Garcia, K., Feeley, K. J., Jørgensen, P. M., Murakami, A. A., Cayola Pérez, L., Seidel, R., Paniagua, N., & Fuentes Claros, A. F. (2014). Spatial patterns of above-ground structure, biomass and composition in a network of six Andean elevation transects. *Plant Ecology & Diversity*, 7(1-2), 161-171.
- Homeier, J., Breckle, S. W., Günter, S., Rollenbeck, R. T., & Leuschner, C. (2010). Tree diversity, forest structure and productivity along altitudinal and topographical gradients in a species-rich Ecuadorian montane rain forest. *Biotropica*, 42(2), 140-148.



- Izko, X., & Burneo, D. (2003). *Herramientas para la valoración y manejo forestal sostenible de los bosques sudamericanos*. Oficina Regional para América del Sur. UICN.
- Jadán, O., Günter, S., Torres, B., & Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 12(28), 13-22.
- Jadan, O., Toledo, C., Tapan, B., Cedillo, H., Peralta, Á., Zea, P., Castro, P., & Vaca, C. (2017). Comunidades forestales en bosques secundarios alto andinos (Azuay, Ecuador). *Bosque (Valdivia)*, 38(1), 141-154.
- Jiménez, L., Gusmán, J., Capa-Mora, D., Quichimbo, P., Mezquida, E. T., 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).
- Josse, C., Navarro, G., Comer, P., Evans, R., Faber-Langendoen, D., Fellows, M., Kittel, G., Menard, S., Pyne, M., & Reid, M. (2003). Ecological systems of Latin America and the Caribbean: a working classification of terrestrial systems. 2003. *NatureServe: Arlington, VA*, 47.
- Kvist, L. P., Aguirre, Z., & Sánchez, O. (2006). Bosques montanos bajos occidentales en Ecuador y sus plantas útiles. *La Paz: Botánica Económica de los Andes Centrales Universidad Mayor de San Andrés*, 205-223.
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador. *Botánica Austroecuatorialiana. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora-Chinchipe*. Abya-Yala, Quito, 29-49.
- MAE. (2006). Normas para el Manejo Sustentable de los Bosques Andinos. *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. En prensa.
- MAE. (2007). Normas para Manejo Forestal Sustentable bosque seco *Ministerio del Ambiente del Ecuador*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito. En prensa.
- Maldonado, S., Herrera, C., Gaona, T., & Aguirre, Z. (2018). Estructura y composición florística de un bosque siempreverde montano bajo en Palanda, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Arnaldoa*, 25(2), 615-630.
- Malizia, A., Blundo, C., Carilla, J., Osinaga Acosta, O., Cuesta, F., Duque, A., Aguirre, N., Aguirre, Z., Ataroff, M., & Baez, S. (2020). Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests: Results from a large-scale plot network. *PloS one*, 15(4), e0231553.
- Mathez-Stiefel, S.-L., Peralvo, M., Báez, S., Rist, S., Buytaert, W., Cuesta, F., Fadrique, B., Feeley, K. J., Groth, A. A., & Homeier, J. (2017). Research priorities for the



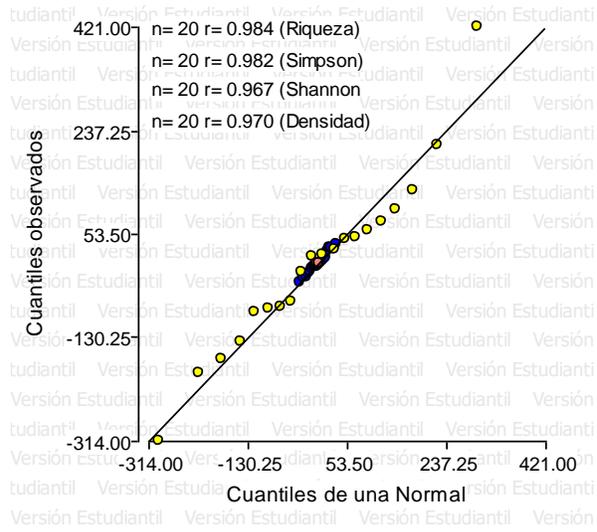
- conservation and sustainable governance of Andean forest landscapes. *Mountain Research and Development*, 37(3), 323-339.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Kindt, R., Legendre, P., Minchin, P. R., O'hara, R., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., & Wagner, H. (2020). Package 'vegan'. *Community ecology package, version 2.5-7*, 2(9), 1-298.
- Palacios, & Jaramillo. (2001, 01/01). Riqueza florística y forestal de los bosques tropicales húmedos del Ecuador e implicaciones para su manejo. *Revista Forestal Centroamericana*, 36, 46-50.
- Palacios, B., Mendoza, Z. A., Lozano, D., & Yaguana, C. (2016). Riqueza, estructura y diversidad arbórea del bosque montano bajo, Zamora Chinchipe-Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 6(2).
- Palacios, W. (2009). Elementos para el monitoreo de la flora y la vegetación. *Cinchonia*, 9(1), 105-108.
- Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., & Torres, B. (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 4(2), 166-214.
- Peres, C. A., Barlow, J., & Laurance, W. F. (2006). Detecting anthropogenic disturbance in tropical forests. *Trends in ecology & evolution*, 21(5), 227-229.
- Pineda, M., Sánchez, R., Noa, J. C., Flores, N., Díaz, F., Iglesias, L., Ortiz, G., & Vázquez, G. (2008). Adaptación de la biodiversidad y cambio climático. Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada de la Universidad Veracruzana.
- Rafiqpoor, D., Kier, G., & Kreft, H. (2005). Global centers of vascular plant diversity. *Nova Acta Leopoldina NF*, 92(342), 61-83.
- Rasal, M., Troncos, J., Lizano, C., Parihuamán, O., Quevedo, D., Rojas, C., & Delgado, G. E. (2012). La vegetación terrestre del bosque montano de Lanchurán (Piura, Peru). *Caldasia*, 34(1), 1-24, vol. 34.
- Rosero, J. (2001). Informe de Ecuador. Información sobre productos forestales madereros. *Informacion y analisis para el manejo forestal sostenible: integrando esfuerzos nacionales e internacionales en*, 13. [Documento del Taller "Información sobre Manejo y Recursos Forestales en América Latina"]
- Segura, D., Jiménez, D., Chinchero, M., Iglesias, J., & Sola, A. (2015). *Evaluación nacional forestal del Ecuador, un proceso en contrucción hacia el monitoreo de los bosques y la biodiversidad*. XIV Congreso forestal mundial, Durban (Sudáfrica)



- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental* *Fundamental methods of mathematical economics*. Proyecto INEFAN/GEF-BIRF, Quito (Ecuador) EcoCiencia, Quito (Ecuador).
- Snook, L. K. (2005). Aprovechamiento sostenido de caoba en la Selva Maya de México de la conservación fortuita al manejo sostenible. *Revista Forestal Centroamericana Número 44 (Marzo 2005), páginas 9-18*
- Toro Vanegas, E., & Roldán Rojas, I. C. (2018). Estado del arte, propagación y conservación de *Juglans neotropica* Diels., en zonas andinas. *Madera y bosques, 24(1)*.
- Vargas, L. E. L., Mosquera, J. M. B., Pinto, D. J. M., Montoya, K. R., & Reyes, A. V. (2015). Estructura y composición florística de la reserva forestal-Institución Educativa Cajete, Popayán (Cauca). *Revista Luna Azul(41)*, 131-151.
- Viteri, A., & Cordero, E. V. (2010). Documento de análisis del sector forestal en el contexto de adaptación y mitigación al cambio climático del sector uso de suelo, cambio de suelo, y silvicultura (forestal) en el Ecuador. *P. Cuenca, & V. Cordero, Edits.) Recuperado el, 23.*

11. ANEXOS

Anexo 1. Prueba de normalidad QQ-plot



Anexo 2. Bosques de estudio San Antonio de Chaucha (Bosque montano bajo) (izquierda) y

La Iberia de Molleturo (Bosque pie montano) (derecha)



Anexo 3. Medición de DAP en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ y $DAP \geq 10$



Anexo 4. *Recolección de muestras botánicas en las parcelas de investigación.*



Anexo 5. Procesamiento de muestras botánicas.



Anexo 6. Identificación de especies botánicas.



