

UCUENCA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

**Relación entre la estructura forestal con la dominancia del bambú (Poaceae
- Bambusoideae) en Bosques montanos andinos de la parroquia Molleturo**

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

Autores:

Paola Estefanía Garay Garay

CI: 0105948467

paytog.1244@gmail.com

Lilibeth Patricia Orellana Guartan

CI: 0105881577

lilibethorellana98@gmail.com

Director:

Ing. Fort. Ángel Oswaldo Jadán Maza MSc.

CI:1103298061

Cuenca – Ecuador

1 de junio de 2022

RESUMEN

Los bosques Andinos son uno de los ecosistemas más ricos en especies de plantas vasculares. Académicamente, no se ha levantado información sobre grupos taxonómicos específicos como del bambú, Poaceae, subfamilia Bambusoideae. Para llenar vacíos de conocimiento, en esta investigación se levantó información bajo un diseño con un muestreo estratificado en tres pisos altitudinales en la parroquia de Molleturo: 1 (2 000 – 2 500 msnm); 2 (2 500 – 3 000 msnm); y 3 (3 000 – 3 500 msnm). Se cuantificó e identificó la diversidad de especies, área basal y densidad de bambú y se establecieron relaciones con la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa. La riqueza de bambú fue superior en el piso altitudinal 1. El área basal, de las matas de bambú, presentó mayores valores significativos para el piso altitudinal 2. La altura dominante presentó mayores valores significativos en el piso altitudinal 1. Se registró relaciones positivas entre la densidad de leñosas con el área basal por mata y el número de individuos por hectárea de bambú; y relaciones negativas con la riqueza y con el área basal por culmos del bambú. La información cualitativa y cuantitativa obtenida, sirvieron para conocer, entender las existencias florísticas en estos ecosistemas. Además, se generó información como herramienta técnica que permita a los tomadores de decisión conservar la vegetación remanente poco estudiada en los bosques andinos. La información generada también servirá como base para planificaciones futuras sobre las funciones del bambú dentro de los bosques montanos andinos.

Palabras clave: Estructura forestal. Abundancia. Composición florística. Variación estructural. Bosques montanos andinos.

ABSTRACT

The Andean forests are one of the richest ecosystems in vascular plant species. The academy has not collected information on specific taxonomic groups such as bamboo, Poaceae, subfamily Bambusoideae. To fill knowledge gaps, in this research we collected information under a stratified sampling design on three altitudinal floors in the parish of Molleturo: 1 (2 000 – 2 500 msnm); 2 (2 500 – 3 000 msnm); and 3 (3 000 – 3 500 msnm). We identified and quantified bamboo species diversity, basal area, and density, and further related to the composition, diversity, and structure of woody vegetation. Bamboo richness was higher in altitudinal floor 1. The basal area of the bamboo mats presented significantly higher values for altitudinal floor 2. The dominant height presented higher significant values on floor 1. Positive relationships were obtained between the density of woody plants with the basal area per bush and the number of individuals per hectare of bamboo; and negative relationships with richness and basal area per bamboo culm. The qualitative and quantitative information obtained, served to know and understand the floristic existence in these ecosystems. In addition, we generate information that serves as a technical tool for decision-makers to conserve and manage forest resources. The information generated will also serve as a basis for future planning on the functions of bamboo within Andean montane forests.

Key words: Forest structure. Abundance. Floristic composition. Structural variation. Andean montane forests.

RESUMEN	2
TABLA DE CONTENIDOS	4
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ANEXOS	8
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA	9
AGRADECIMIENTOS	14
DEDICATORIA	15
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN.....	16
CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Composición florística en bosques andinos	19
2.2 Diversidad y estructura de los bosques montanos andinos	20
2.3 Presencia de bambú en los bosques andinos	21
2.4 Diversidad florística en los bosques montanos andinos	23
2.4.1 Índice de diversidad alfa	23
2.4.2 Índice de Shannon	24
2.4.3 Índice de Simpson	24
CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1 Área de estudio	25
3.2 Diseño de muestreo e instalación de la parcela	26
3.2 Censo de bambú	26
3.2.1 Metodología para el objetivo específico uno: <i>“Calcular la dominancia del grupo taxonómico Bambusoideae – Poaceae (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (Poaceae), área basal y densidad en bosques montanos andinos”</i>	26
3.2.2. Metodología para el objetivo específico dos: <i>“Determinar la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”</i>	28
3.2.3. Metodología para el objetivo específico tres: <i>“Establecer asociaciones ecológicas entre la dominancia de bambú con la variación estructural de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”</i>	29
CAPITULO IV: RESULTADOS	30

UCUENCA

4.1 Dominancia de bambú, resultados para el objetivo uno: <i>“Calcular la dominancia del grupo taxonómico Bambusoideae – Poaceae (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (Poaceae), área basal y densidad en bosques montanos andinos”</i>	30
4.2 Resultados objetivo dos: <i>“Determinar la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”</i>	32
4.2.1 Composición florística	32
4.2.2 Diversidad de especies	33
4.2.3 Estructura de especies arbóreas en individuos leñosos con DAP ≥ 5 cm 34	
4.3 Resultados objetivo específico tres: <i>“Establecer asociaciones ecológicas entre la dominancia de bambú con la variación estructural de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”</i>	35
CAPITULO V: DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	45
ANEXOS	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Número de familias, géneros y especies registradas en los bosques montanos andinos, bambú considerando los 3 pisos altitudinales.	30
Tabla 2. Prueba de normalidad según el test de Shapiro Wilks.....	30
Tabla 3. Dominancia del grupo taxonómico Bambusoideae – Poaceae (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (Poaceae), área basal y densidad en bosques montanos andinos.	31
Tabla 4. Número de familias, géneros y especies registradas en los bosques montanos andinos, biotipos leñosos considerando los 3 pisos altitudinales.	32
Tabla 5. Anosim para comparar la composición de especies entre los 3 pisos altitudinales: 2 000 – 2 500, 2 500 – 3 000 y 3 000 – 3 500 msnm.....	32
Tabla 6. Prueba de normalidad según el test de Shapiro Wilks.....	35
Tabla 7. Correlaciones entre las variables de respuesta área basal, densidad y alturas arbórea de biotipos leñosos individuos con ($DAP \geq 5\text{cm}$) con los volúmenes totales, comerciales, volumen aprovechable, total y comercial (que fueron considerados como variables predictoras).....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la ubicación de la zona de estudio, Provincia del Azuay	25
Figura 2. Descripción de las variables a medir en las especies de bambú. (a) Diámetro total de la mata de bambú (b) diámetro de cada culmo o tallo de la mata de bambú (c) altura visual de cada culmo o tallo de bambú presente en cada mata (d) Conteo visual de los entrenudos presentes en cada culmo o tallo de bambú de cada mata.	28
Figura 3. Promedio de riqueza de especies (a), índice de Shannon (b), índice de Simpson (c) e índice de equitatividad (d) \pm error estándar en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ cm. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas de dos muestras ($\alpha = 0,05$).	33
Figura 4. Densidad(a), altura dominante (b), altura total (c), y \pm error estándar en biotipos leñosos, palmas, helechos con $DAP \geq 5$ cm. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas de dos muestras ($\alpha = 0,05$).	34
Figura 5. Gráfico del área basal en individuos de especies arbóreas con $DAP \geq 5$ cm. 35	
Figura 6. Gráficos de correlación: a) Densidad / Riqueza de Bambú; b) Densidad / Área Basal por Culmos; c) Densidad / Área Basal por Mata; d) Densidad / Densidad por Mata.	38

UCUENCA

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos utilizados para la toma de datos del bambú y diferentes tipos de culmos y matas encontradas la zona de estudio.	51
Anexo 2. Culmos y matas de bambú que fueron evaluadas.	52
Anexo 3. Medición y toma de datos del diámetro de culmo y mata, altura total del culmo, número de individuos y numero de entrenudos del bambú.	53
Anexo 4. Medición del área basal, altura total y comercial y recolección de muestras botánicas de todos los biotipos leñosos con $DAP \geq 5$ cm.	55
Anexo 5. Identificación de las especies botánicas recolectadas.	57

UCUENCA

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA

Msnm: metros sobre el nivel del mar

DAP: Diámetro a la altura del pecho

GLM: Modelos Lineales Generalizados

CO₂: Dióxido de carbono

Ind: Individuos

Gt: Área basal

N/ha: número de individuos por hectárea

PNP: Parque Nacional Podocarpus

MAE: Ministerio del Ambiente Ecuador

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Paola Estefanía Garay Garay en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Relación entre la estructura forestal con la dominancia del bambú (Poaceae - Bambusoideae) en Bosques montanos andinos de la parroquia Molleturo", 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, 1 de junio de 2022



Paola Estefanía Garay Garay

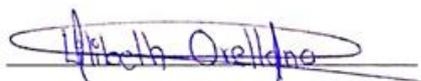
C.I: 0105948467

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Lilibeth Patricia Orellana Guartan en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Relación entre la estructura forestal con la dominancia del bambú (Poaceae - Bambusoideae) en Bosques montanos andinos de la parroquia Molleturo", 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, 1 de junio de 2022



Lilibeth Patricia Orellana Guartan

C.I: 0105881577

Cláusula de Propiedad Intelectual

Paola Estefanía Garay Garay, autora del trabajo de titulación "Relación entre la estructura forestal con la dominancia del bambú (Poaceae - Bambusoideae) en Bosques montanos andinos de la parroquia Molleturo", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 1 de junio de 2022



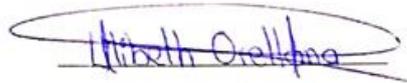
Paola Estefanía Garay Garay

C.I: 0105948467

Cláusula de Propiedad Intelectual

Lilibeth Patricia Orellana Guartan, autora del trabajo de titulación "Relación entre la estructura forestal con la dominancia del bambú (Poaceae - Bambusoideae) en Bosques montanos andinos de la parroquia Molleturo", certifica que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 1 de junio de 2022



Lilibeth Patricia Orellana Guartan

C.I: 0105881577

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Dios por guiarnos y darnos sabiduría para culminar con éxito este trabajo.

También queremos expresar un sincero agradecimiento al Ing. Oswaldo Jadán, nuestro tutor de tesis, quien con su dirección, experiencia, conocimiento y paciencia nos permitió el desarrollo de este trabajo.

De igual manera agradecemos al Ing. Hugo Cedillo quien nos supo apoyar y aconsejar en todo momento del desarrollo de nuestra tesis. A nuestros docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Cuenca quienes con sus enseñanzas y conocimientos nos hicieron crecer cada día como profesionales.

Paola Garay, Lilibeth Orellana

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios por darme la sabiduría, la constancia, la salud y guiar mi camino para poder seguir adelante. A la Virgen de Carmen y del Cisne por ser esa madre espiritual que guía mi vida. A mis padres Patricio y Domitila por creer en mí, por todo el apoyo que me han brindado en mis estudios, esto es por y para ellos son mi mayor inspiración y orgullo. A mi Bisabuelita Alegría gracias mamita por haber creído siempre en mí. A mi primo John Byron por siempre ser ese ángel en el cielo que me cuida y protege. A mi amigo Jefferson, aunque el ya no está con nosotros sé él está orgulloso y feliz por haber culminado este trabajo. Y a todos mis amigos y amigas que me brindaron su ayuda con sus consejos y apoyo gracias por creer en mí.

Lilibeth

Este proyecto quiero dedicar a mis padres Ofelia y Ariosto, por su cariño, trabajo y sacrificio a lo largo de todos estos años, que gracias a su apoyo he logrado cumplir todas mis metas propuestas y esta que es una más de ellas. A mi hermana Jéssica por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional. A Jefferson un gran amigo que siempre lo llevaré en mi corazón. A todos mis amigos y amigas que me han apoyado en el transcurso de este proyecto y a todos los docentes que nos brindaron sus conocimientos.

Paola

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

Ecuador es mundialmente conocido como uno de los países que posee alta riqueza y diversidad de especies vegetales dentro de sus bosques nativos. Aquí se destacan los bosques montanos andinos que poseen una gran diversidad florística, un alto nivel de endemismo por estar dentro de un hotspot o punto caliente MAE and FAO (2015). En el sur del Ecuador, los bosques montanos andinos están distribuidos en la cordillera de Los Andes, en la vertiente occidental y oriental. Aquí se encuentran bosques maduros y también bosques secundarios sobre los cuales se han realizado indagaciones con respecto a su composición y diversidad florística (Jadán, Donoso, Cedillo, Bermúdez, & Cabrera, 2021). Estos parámetros presentan diferentes patrones de distribución que están condicionados por variables circundantes del medio ambiente y también por la edad sucesional en el caso de los bosques secundarios (Malizia et al., 2020). En el caso de los bosques montanos andinos para determinar la estructura y composición de los bosques montanos andinos se condiciona por la altitud de tal manera, si un bosque se encuentra a mayor altitud presenta la disminución de la diversidad y una altura medida. También se relaciona con los factores ambientales como la hidrografía del suelo, suministro de nutrientes, temperatura y exposición al viento (Homeier, Breckle, Günter, Rollenbeck, & Leuschner, 2010).

Las variables cualitativas y cuantitativas de la vegetación en los bosques montanos andinos y como se lo indico anteriormente, son explicadas por diferentes variables ambientales, tanto de clima, y suelos. Sin embargo, dentro de los bosques existen ciertos grupos taxonómicos que modifican la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa que es propia de los ecosistemas forestales (Fadrique et al., 2021). Dentro de los bosques, aspectos como las relaciones ecológicas interespecíficas no han sido tratadas académicamente. Actualmente existe información acerca de la importancia de las lianas para determinar la dinámica de los bosques (Schnitzer, Putz, Bongers, & Kroening, 2014). Sin embargo, existen otros grupos de plantas con un fuerte potencial competitivo como el bambú que poco o nada ha sido estudiado; los bambús, por su alta producción de biomasa están alterando la estructura, composición y dinámica de los bosques (Fadrique et al., 2020).

En Ecuador existe un grupo importante de géneros de bambúes distribuidos en las cuatro regiones naturales (Costa, Sierra, Amazonía y Galápagos) desde el nivel del mar hasta los 4 300 msnm. Los bambúes están representados principalmente por los géneros *Guadua* (caña mansa o caña brava) en las áreas tropicales. También se representan por el género *Chusquea* (sueros, surillos y moyas) en la cordillera andina y por el género *Arthrostylidium* (tunda) en los descensos externos de la cordillera oriental de Los Andes. Gran parte de los bambúes leñosos ecuatorianos son montanos pues la mitad de las especies han sido encontradas entre los 2 500 y 3 500 msnm; la mayor biodiversidad en el Ecuador se encuentra en la cordillera oriental, con el 74% del total de especies, seguida de la cordillera occidental con el 38% (Añazco & Rojas, 2015).

El grupo taxonómico del bambú forma parte de la familia Poaceae y juega un papel importante dentro de la estructura de los bosques, ya que ocupan áreas grandes, forman ecosistemas diferentes y ayudan a colonizar los lugares que han sido sometidos a procesos de sucesión secundaria (Dantas, Bona, Vieira, & Mews, 2020). Este grupo taxonómico de especies, está asociado con el aumento de mortalidad de árboles y la disminución de su crecimiento, reduciendo de esta manera la presencia de árboles leñosos jóvenes (Dantas et al., 2020). El dominio de esta especie disminuye la densidad de árboles, área basal total, riqueza florística en bosques montanos (Medeiros, Castro, Salimon, Brasil da Silva, & Silveira, 2013). Influyen también en la germinación y establecimiento de plántulas de especies arbóreas, ya que el bambú es altamente competitivo por espacio y luz (Silvério, Mews, Lenza, & Schwantes Marimon, 2010).

Los beneficios ecosistémicos que nos brinda el bambú como biotipo vegetal son numerosos tales como: captura CO₂; conforma el hábitat de biodiversidad de fauna y flora, protección de riveras de cursos de agua y protección de suelos especialmente de los deslizamientos que ocurren en las laderas. Por ejemplo, China y Japón tienen una larga historia en el cultivo del bambú en áreas propensas a la erosión (Añazco & Rojas, 2015; Cruz Ríos, 2009; Salinas Roca, 2010). Con base a los antecedentes mencionados, en el presente estudio se generó información cuantitativa y cualitativa sobre la influencia de los bambúes sobre la diversidad y estructura de la vegetación leñosa, basado en la competencia interespecífica. De esta manera se da a conocer información técnica sobre la subfamilia Bambusoideae y la importancia e influencia ecológica sobre las existencias florísticas y estructurales de los bosques montanos Andinos a nivel local.

UCUENCA

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Aportar al conocimiento ecológico basado en la relación entre la estructura forestal y la dominancia de bambú (Poaceae - Bambusoideae) en bosques montanos andinos de la parroquia Molleturo.

1.1.2. Objetivos Específicos

- a) Calcular la dominancia del grupo taxonómico Bambusoideae – Poaceae (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (Poaceae), área basal y densidad en bosques montanos andinos.
- b) Determinar la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos.
- c) Establecer asociaciones ecológicas entre la dominancia de bambú con la variación estructural de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos.

1.2. Hipótesis

Sobre el desarrollo de la presente investigación se planteó la siguiente hipótesis alternativa.

H1: Existen relaciones negativas y significativas entre la dominancia de bambú con la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa en bosques Montanos Andinos de la Parroquia Molleturo.

CAPITULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los parámetros de la vegetación forestal como la composición florística, diversidad y estructura en los bosques montanos andinos son el resultado de la variación y heterogeneidad de factores que han interactuado a través del tiempo. Esta variación es explicada por la ubicación geográfica y variables ambientales climáticas y edáficas, especialmente (R. Galindo, Betancur, & Cadena, 2003). También existen grupos taxonómicos como el bambú de las Poaceae, que influye directamente sobre los parámetros de la vegetación de los bosques. Por lo tanto, es importante realizar su valoración ecológica con base a la evaluación de parámetros intrínsecos cualitativos y cuantitativos que permitan indagar a mediano y largo plazo el dinamismo ecológico de especies, dentro de los bosques montanos andinos (Fadrique et al., 2020).

2.1 Composición florística en bosques andinos

La composición florística hace referencia a las especies vegetales que se encuentran en un sitio. Se utiliza este parámetro habitualmente para realizar comparaciones florísticas entre diferentes sitios (Cano & Stevenson, 2009). Aquí se evalúa e identifica las especies propias de un sitio específico, similitud o diferencia de la composición florística entre sitios. También se llega a determinar la densidad y distribución de las especies (Cano & Stevenson, 2009).

Sánchez and Rosales (2002) en su estudio realizado en los bosques montanos en el sur del Ecuador, determinaron en que la composición florística presentó la dominancia de las familias Rubiaceae, Araliaceae, Asteraceae, Melastomataceae, Primulaceae, Lauraceae, Proteaceae, Clusiaceae y Rosaceae. Yaguana, Lozano, Neill, and Asanza (2012) registraron en un bosque maduro a las familias botánicas Rubiaceae, Lauraceae, Meliaceae, Myrtaceae y Melastomataceae. Estas familias fueron las más diversas dentro de los bosques montanos tropicales, el cual es muy diverso y al mismo tiempo frágil por sus pendientes ya que se ve afectado por erosión con la presencia de intensas lluvias (Bussmann, 2005).

La composición florística se puede ver afectada por los gradientes ambientales, ya que una especie indicadora puede encontrarse en diferentes altitudes. De igual manera, la composición se relaciona con factores edáficos principalmente con la presencia de calcio

y magnesio, con factores climáticos como la precipitación y temperatura. Así mismo se relaciona con la ubicación espacial de las especies, lo que quiere decir que la composición florística depende de la reserva regional de las especies y del potencial de dispersión de las especies (Jadán et al., 2021).

2.2 Diversidad y estructura de los bosques montanos andinos

Los bosques andinos en el Ecuador se han considerado como uno de los ecosistemas más vulnerables y frágiles. Esta vulnerabilidad ha sido una realidad histórica, lo cual ha provocado la disminución paulatina y considerable de áreas forestales. También son frágiles por su posición geográfica y su asentamiento en sitios con factores limitantes como las fuertes pendientes. Esto provoca el deterioro de sus recursos como es el suelo ya que la lixiviación es altamente intensa, además, el tema de la vulnerabilidad y fragilidad se asocia con las actividades antrópicas que han provocado en cambio del uso del suelo. Esto enmarcado en los procesos de deforestación que se experimentan todos los años. Esto se asocia con el incremento de la población y la necesidad por recursos (leña, recursos minerales, pastizales, agricultura) (Gentry, Churchill, Balslev, Forero, & Luteyn, 1995).

Sin embargo, actualmente existen parches de bosques maduros o secundarios que proveen bienes y servicios ecosistémicos como producción de madera, leña, regulación hídrica, el control de la erosión y conservación de la biodiversidad (Bussmann, 2005). En relación a la biodiversidad estos bosques son refugio de muchas especies vegetales pertenecientes a diferentes biotipos sean estos árboles, arbustos y hierbas (Añazco & Rojas, 2015). En un estudio realizado por Bussmann (2005) en los bosques montanos altos en el sur del Ecuador determinó que, en altitudes desde 2 100 – 2 650 msnm, la estructura y composición florística del bosque cambian por completo, con los fustes torcidos, pequeños y cubiertos por líquenes. En este Bosque Montano Alto encontró que predominan las especies *Purdiaea nutans*, *Myrica pubescens*, *Myrsine andina* que representan un tipo de vegetación monotípica, con un solo estrato arbóreo 5-10 m, raramente 15 m de altura. Así mismo, encontró un estrato muy diverso de arbustos y arbolitos. Muchas especies de los *Purdiaeae talia* tienen hojas xeromórficas como adaptación a la radiación solar muy alta y como protección durante los meses secos.

Jadán et al. (2016) en su estudio realizado en los bosques secundarios del Azuay encontró un total de 108 especies registradas en dos pisos altitudinales (2 900 – 3 300 msnm y 3 300 – 3 600msnm). Las familias botánicas predominantes fueron: Melastomataceae, Berberidaceae, Clethraceae, Cyatheaceae, Grossuralaeae, Loranthaceae, Asteraceae, Cloranthaceae, Rosaceae, Proteaceae, Ericaceae, Myricaceae, Myrtaceae, Mysinaceae, Lauraceae, Proteaceae, Araliaceae, Piperaceae, Symplocaceae, Elaeocarpaceae, Caprifoliaceae, Cunnoniaceae.

Lozano, Bussmann, and Küppers (2007) en su estudio realizaron una comparación de la diversidad de los bosques montanos en el sur del Ecuador y su influencia en la recuperación de áreas disturbadas por impactos naturales, como son los deslizamientos en la gradiente altitudinal (2 100 a 3 400 msnm). En estos bosques se registraron 412 especies de plantas, pertenecientes a 185 géneros de 75 familias, con un alto endemismo de 52 especies. En los deslizamientos naturales se registró 218 especies correspondientes a 180 géneros y 51 familias, la mayor diversidad se agrupa a los 2 700 msnm, los grupos taxonómicos más importantes son representados por las familias: Asteraceae con 34 especies de 19 géneros, Melastomataceae con 19 especies de 7 géneros y Ericaceae con 18 especies de 9 géneros.

2.3 Presencia de bambú en los bosques andinos

En cuanto a las características estructurales de un bosque es una de los aspectos más relevantes en el ámbito forestal. Esto es muy importante para conocer su dinámica y especialmente para determinar su estructura, diversidad, composición y abundancia, dentro de los bosques andinos (Bettinger et al., 2008). Fadrique et al. (2020) en su estudio encontró que el bambú representa un componente dominante de los bosques andinos al alcanzar densidades relativas extremadamente altas. En las parcelas de su estudio, los géneros de bambú representan un mayor número de tallos en comparación con los árboles. Es menos dominante en términos de área basal (Gerwing et al., 2006) pero ocupa una posición superior con la mayoría de las especies de bambú clasificadas en la mitad superior de las especies con respecto a las distribuciones de abundancia.

Por otra parte, Clark, Londoño, and Sanchez (2015) mencionan que aunque la densidad del bambú es alta en su área de estudio, las densidades más altas son guadua y chusquea las cuales se han encontrado en otros ecosistemas neotropicales. Por ejemplo,

en los bosques atlánticos, *Chusquea ramosissima* alcanza 23 000 tallos/ha (Campanello, Genoveva Gatti, Ares, Montti, & Goldstein, 2007). En los Andes chilenos, *C. culeau* y *C. tenuiflora* alcanzan 100 000 tallos/ha (Veblen, Schlegel, & Escobar, 1980). La guadua en bosques dominados en el suroeste de la Amazonía, las especies *Guadua. weberbaueri* y *G. sarcocarpa* alcanzan densidades de más de 3 500 y 2 000 tallos/ha, respectivamente. La densidad del bambú varía a lo largo del ciclo de vida de la especie, aumentando en las etapas de las poblaciones más maduras (Dalagnol et al., 2018).

Silman, Ancaya, and Brinson (2003) en sus resultados encontraron que las áreas con mayor área basal de bambú se asociaron con mayores tasas de crecimiento y mortalidad de árboles promedio, en este caso se vería afectada la diversidad florística dentro del bosque y también presentaba árboles con menor densidad y área basal total de árboles. En otras palabras, donde se registró más bambú hay menos árboles, pero estos presentan mayor longitud. Kleinn and Morales (2006) sugieren que la cantidad de biomasa aérea almacenada en los árboles en los bosques andinos dominados por el bambú es menor y, en consecuencia, la capacidad de almacenamiento de carbono de los árboles se reduce (Kleinn & Morales, 2006).

Fadrique et al. (2021) en su estudio demuestra que, en bosques con mayor presencia de bambú, los árboles presentan mayor altura, pero menor área basal. Por lo tanto, la cantidad de biomasa aérea almacenada en los árboles de estos bosques es menor y por ende la capacidad de almacenamiento de carbono de árboles se reduce. Ante ello los investigadores concluyen que la presencia de bambú tiene un efecto negativo en el área basal y por ende en la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono.

Este efecto negativo entre la relación de bambú y densidad de árboles se ha observado en varios estudios (Bronson Griscom & Ashton, 2006; Silman et al., 2003). En esos estudios se menciona que existe una reducción significativa de árboles principalmente por el daño estructural y la sombra que producen los bambúes. Por otro lado, Larpkern, Moe, and Totland (2011) proponen que la hojarasca y materia orgánica acumulada puede inferir negativamente en la regeneración natural de árboles leñosos.

En bosques amazónicos se ha documentado que existe alta mortalidad debido a la alta densidad de bambú. Esto se lo ha asociado con las alteraciones físicas atribuidas por el bambú y la mayor abundancia de árboles nativos los cuales tienen un crecimiento

rápido y una vida útil corta (Bronson Griscom & Ashton, 2006; Silveira, 1999, 2001). Bajo estas descripciones los autores afirman que el bambú no se asocia positivamente con la estructura de la vegetación leñosa en bosques naturales, sino más bien trae efectos negativos, de igual manera tiene efectos negativos con la diversidad florística del bosque.

Holz and Veblen (2006) según sus resultados concluyen que el bambú es un grupo vegetal extremadamente abundante en los bosques andinos. La presencia de las especies de bambús está asociada a una estructura forestal particular con menos árboles, menor área basal total y dinámica alterada con tasas de crecimiento y mortalidad más rápidas (Bronson; Griscom & Ashton, 2013). La reducción general del área basal de árboles, asociado con el aumento de la abundancia de bambú se relaciona también, con la disminución en la capacidad de almacenamiento de carbono de los árboles (Rother, Alves, & Pizo, 2013).

2.4 Diversidad florística en los bosques montanos andinos

La diversidad florística es un atributo que permite comprender y realizar comparaciones según dos componentes o atributos de la vegetación. En primer lugar, está la riqueza de especies que corresponde a la cantidad de especies en un lugar definido y en segundo lugar a la equitatividad que es la relación que existen entre el número de individuos que posee cada especie. Álvarez, Arce Carriel, and Villacís (2017); Cano and Stevenson (2009) en su investigación, en cuanto a parámetros de riqueza y abundancia indicaron que cuando existe incremento de la pendiente disminuye estos parámetros debido a la inclinación que presenta, por lo cual no se dan las condiciones adecuadas para el desarrollo vegetativo.

2.4.1 Índice de diversidad alfa

Este índice de diversidad hace referencia a la riqueza de especies la riqueza de especies de una comunidad particular a la que consideramos homogénea. Es decir que este índice sirve para determinar el número total de especies que se encuentran en un determinado sitio de estudio (Macedo, 2019).

UCUENCA

2.4.2 Índice de Shannon

Se basa en tomar un individuo de un sitio determinado al azar y que va servir como muestra para los demás individuos de esa comunidad o sitio (Aguirre, 2013).

Su fórmula matemática es la siguiente:

$$H = \sum_{i=1}^S (P_i)(\log_n P_i)$$

H= Índice de la diversidad de la especie.

S= Numero de especie.

P_i= proporción de la muestra que representa a la especie.

Ln= Logaritmo natural.

Cuando se aplica la fórmula si el valor de H se eleva significa que aumenta el número de especies o riqueza y que las distribuciones de individuos tienen homogeneidad con las especies de la comunidad o sitio de muestreo. Por lo contrario, si el valor de H se reduce en comparación con los diferentes sitios será a causa de una reducción de la riqueza y mala distribución de la abundancia en cuanto a su riqueza (Somarriba, 1999).

2.4.3 Índice de Simpson

Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en la muestra sean de la misma especie (Mas, 1999). Su fórmula matemática es la siguiente:

$$\alpha = \sum ([P_i])^2$$

α = Índice de dominancia

P_i = Proporción de los individuos registrados en cada especie

(n/N) n = Número de individuos de la especie

N = Número total de especies

UCUENCA

Los resultados se interpretan en un rango de 0 a 1 donde 0 representa mayor diversidad y 1 una diversidad menor.

CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El área de investigación está ubicada en los remanentes de bosque en la parroquia de Molleturo, provincia del Azuay, Sur del Ecuador (Figura 1). Esta se encuentra a una altitud media de 2 467 msnm. En este clima de destacan diferentes tipos de clima lo cual provocan variaciones de temperatura desde 4 grados en la parte alta del páramo y 28 grados en la parte baja. También existen variaciones en precipitación que van desde 700 mm hasta 1 250 mm, en límites altitudinales desde 800 msnm hasta 4 560 msnm (GAD, 2015).

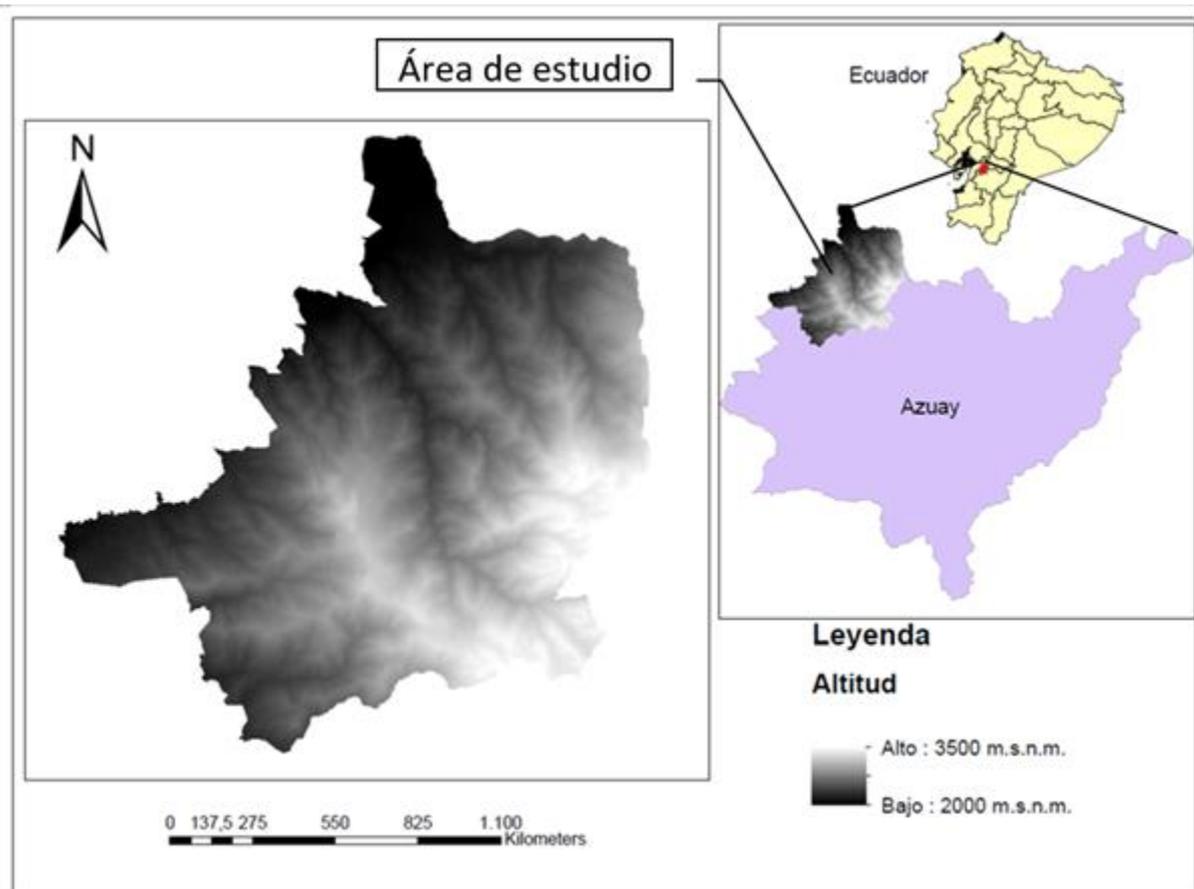


Figura 1. Mapa de la ubicación de la zona de estudio, Provincia del Azuay

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

3.2 Diseño de muestreo e instalación de la parcela

Las parcelas fueron instaladas dentro de un gradiente altitudinal. Para ello se utilizó un diseño estratificado con tres pisos altitudinales: 1) 2 000 - 2 500 msnm (piso 1) de altitud; 2) 2 500 - 3 000 msnm (piso 2) y; 3) 3 000 - 3 500 msnm (piso 3). En cada una de los pisos altitudinales se seleccionaron bosques naturales maduros con poca perturbaciones naturales y antropogénicas. Aquí se instalaron 15 parcelas permanentes, 5 en cada piso altitudinal. Para la instalación de las parcelas y toma de datos se aplicó la metodología propuesta por Arellano et al. (2016). En cada sitio de bosque seleccionado se instalaron parcelas de 50 m x 20 m (0,1 ha), subdivididas en 10 parcelas de 10 m x 10 m, en donde se evaluaron todas las especies de bambú. También se evaluaron todos los biotipos leñosos, palmas y helechos con $DAP \geq 5$ cm, medidos a 1,3 m desde el nivel del suelo.

3.2 Censo de bambú

3.2.1 Metodología para el objetivo específico uno: *“Calcular la dominancia del grupo taxonómico Bambusoideae – Poaceae (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (Poaceae), área basal y densidad en bosques montanos andinos”*

Dentro de la parcela grande de 50 m x 20 m, se escogieron al azar 5 sub parcelas (50% del área de la parcela) para evaluar las especies de bambú. La dominancia de bambú fue determinada mediante diferentes parámetros de este grupo taxonómico como la composición de especies, diversidad, densidad y área basal. Se adaptó a nuestra área de estudio los protocolos metodológicos descritos por Fadrique et al. (2018).

Para evaluar la composición florística de bambú se recolectaron muestras de las diferentes especies de bambú (Poaceae – Bambusoideae) encontradas durante el muestreo en el área de estudio. Estas fueron prensadas y secadas para luego identificarlas mediante la comparación de especímenes en los herbarios AZUAY o LOJA. Se identificó las

UCUENCA

muestras a nivel de familia, género y especie. Las especies no identificadas fueron tratadas como morfoespecies, es decir, como estas no presentan una identificación taxonómica se le otorgara un nombre temporal para poder diferenciarlas de otras especies.

La diversidad de especies de bambú fue determinada mediante la riqueza de especies, que es el número de especies por cada parcela. Para la densidad y área basal se contó cada mata que contenga culmos tiernos y maduros con ≥ 1 cm de DAP. Una mata es un conjunto de culmos que se encuentran agrupados en un mismo lugar (Fig 1.a). Un culmo es el tallo del bambú que está constituido por la corteza, hacer vasculares y células del parénquima (Fig 1.b) (Liese, 1998).

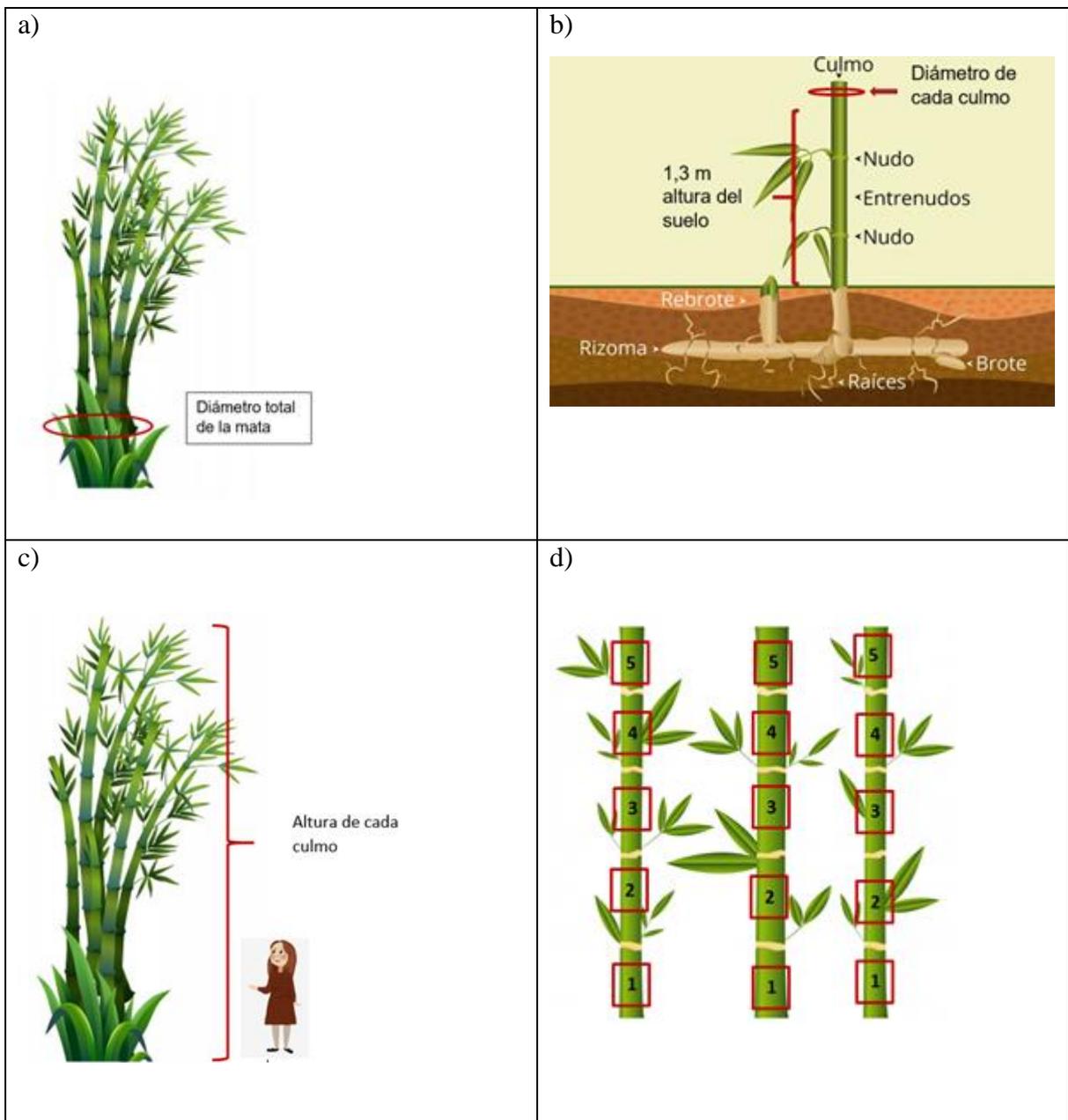


Figura 2. Descripción de las variables a medir en las especies de bambú. (a) Diámetro total de la mata de bambú (b) diámetro de cada culmo o tallo de la mata de bambú (c) altura visual de cada culmo o tallo de bambú presente en cada mata (d) Conteo visual de los entrenudos presentes en cada culmo o tallo de bambú de cada mata.

Posteriormente, se midió el diámetro total de la mata de bambú (Fig 1.a) y el diámetro del tallo de cada culmo a 1,3 metros sobre el nivel del suelo (DAP) (Fig 1.b), con la cinta diamétrica y un calibrador. También se calculó la altura máxima por culmo mediante la estimación visual (Fig 1.c); cuando hubieron más de dos culmos por mata se midió todas las alturas de los culmos y se determinó la altura promedio. No se consideró a los culmos que estén muertos o que presenten condiciones morfológicas y sanitarias no deseables. Después se contó de manera visual el total de entrenudos que contenga cada culmo (Fig 1.d). También se contabilizó los culmos muertos por cada mata. El área basal se calculó mediante la siguiente ecuación. Área basal = $0,7854 \times \text{DAP}^2$. Se realizó el test de Shapiro Wilks para verificar si existe la presencia o ausencia de normalidad en los datos obtenidos de las variables que fueron evaluadas.

3.2.2. Metodología para el objetivo específico dos: “Determinar la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”

La composición florística de los biotipos leñosos, palmas y helechos se determinó mediante la identificación de especies a nivel de familia, género y especie, registradas en cada parcela, dentro de cada piso altitudinal. Esta composición a nivel de especies, fue comparada entre los tres pisos altitudinales mediante un análisis de similitudes de Anosim ($P \leq 0,05$) para comparar la variabilidad y similitud en la composición de especies.

La diversidad se cuantificó mediante riqueza de especies e índices de diversidad alfa según Shannon y Simpson. La riqueza e índice de Shannon fueron calculados mediante el uso de la composición florística y su abundancia. Para esto se diseñó una matriz colocando en las filas las especies y en las columnas las parcelas; se utilizó el programa estadístico Past (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

La estructura fue evaluada mediante la altura total, densidad arbórea, altura dominante y área basal. Esta última variable fue calculada con los datos de DAP, aplicando la siguiente fórmula: Área basal = $0,7854 \times \text{DAP}^2$. La altura total fue determinada mediante estimación visual; esta estimación la realizó una sola persona. La

altura dominante se la determino como el promedio de los 10 árboles más altos. Se utilizó el test de Shapiro Wilks para comprobar la normalidad de los datos obtenidos.

3.2.3. Metodología para el objetivo específico tres: *“Establecer asociaciones ecológicas entre la dominancia de bambú con la variación estructural de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”*

Para realizar el análisis de los datos y cumplir con este objetivo se tomaron las variables del objetivo uno y dos. Aquí, se consideraron variables de respuesta las de los biotipos leñosos, palmas y helechos como: riqueza, área basal, altura total y altura dominante de árboles. Las variables relacionadas con la dominancia del bambú tanto la riqueza, área basal tanto de culmo y de mata, densidad (culmo y mata) fueron consideradas como variables predictoras o explicativas. Para establecer asociaciones entre las variables de respuesta con la dominancia de bambú se realizó un análisis de relación utilizado Modelos Lineales Generalizados (GLM, por sus siglas en Ingles). Este análisis nos permitió conocer qué variables predictoras están explicando con mayor nivel de significancia ($P \leq 0,05$) las variables de respuesta. Se utilizó la familia Poisson con distribución de errores logarítmica para las variables discretas (riqueza y densidad – arboles, palmas y helechos) y la familia Gamma, logarítmica para las variables continuas (área basal, altura total y altura dominante – arboles, palmas y helechos), como lo sugiere Cayuela (2009). Según Bandera and Pérez (2018) estos modelos proporcionan una vía de análisis para los datos en donde no se requiere que la variable evaluada (dependiente) se distribuya normalmente, como sucede en la mayoría de nuestras variables de repuesta. Se utilizó el programa estadístico Infostat (Di Rienzo, Macchiavelli, & Casanoves, 2017)

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Dominancia de bambú, resultados para el objetivo uno: “Calcular la dominancia del grupo taxonómico *Bambusoideae – Poaceae* (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (*Poaceae*), área basal y densidad en bosques montanos andinos”

Composición

Considerando todos los individuos con $DAP \geq 1$ cm, se registraron 1 familia botánica (*Poaceae*), 3 géneros y 5 especies en toda el área de estudio. En el piso altitudinal 1 (2 000 – 2 500 msnm) se registró el mayor número de géneros y el mayor número de especies (Tabla 1).

Tabla 1. Número de familias, géneros y especies registradas en los bosques montanos andinos, bambú considerando los 3 pisos altitudinales.

Nivel de análisis	Pisos altitudinales (msnm)	Número de familias	Número de Géneros	Número de especies
Culmos tiernos y maduros con ≥ 1 cm de DAP	2 000 – 2 500	1	3	5
	2 500 – 3 000	1	2	3
	3 000 – 3 500	1	2	2

Las variables de riqueza de bambú, densidad culmos y mata, área basal mata presentaron datos no normales (Shapiro Wills; $P = <0,0001$; 0,0305; 0,0010; 0,0203 respectivamente). No así, el área basal culmos que presento datos normales ($P = 0,1945$) (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de normalidad según el test de Shapiro Wilks

Variable	n	D.E.	W*	P(Unilateral D)
Riqueza bambú	15	0,39	0,74	<0,0001
Densidad culmos (N/ha)	15	7658,37	0,85	0,0305
Densidad mata (N/ha)	15	1214,65	0,78	0,0010
Área basal culmos (G/ha)	15	1,10	0,90	0,1945

Área basal mata (G/ha)	15	104,62	0,84	0,0203
------------------------	----	--------	------	--------

La diversidad – riqueza de especies de bambú fue superior significativamente (Kruskall Wallis; $p = 0,0224$) en el piso altitudinal 2 000 – 2 500 msnm a diferencia del piso 2 500 – 3 000 msnm que presentó los menores valores (Tabla 3).

Considerando la medición de cada culmo y en toda la mata, la densidad no presentó diferencias significativas (Kruskall Wallis; $p = 0,1128$; $p = 0,0972$, respectivamente) entre los tres pisos altitudinales. El área basal, considerando la medición individual de todos los culmos, no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tres pisos altitudinales (Kruskall Wallis; $p = 0,0624$) (Tabla 3). Opuestamente, el área basal con la medición de toda la mata, presentó mayores valores significativamente (Kruskall Wallis; $p = 0,016$) en el piso altitudinal 2 500 – 3 000 msnm a diferencia del piso entre 2 000 – 2 500 msnm, que presentó los menores valores (Tabla 3).

Tabla 3. Dominancia del grupo taxonómico Bambusoideae – Poaceae (bambú) con base a su composición florística, diversidad de especies (Poaceae), área basal y densidad en bosques montanos andinos.

Variables	Pisos altitudinales			P
	2 000-2 500 msnm	2 500-3 000 msnm	3 000-3 500 msnm	
Riqueza	2,3 ± 0,5	1,3 ± 0,5	2 ± 0,01	0,0224
Densidad – culmos (Ind/ha)	2972,5 ± 1281,4	7355,0 ± 3219,6	13528,00 ± 13823,5	0,1128
Densidad – mata (Ind/ha)	362,5 ± 262,7	661,7 ± 154,7	2140,00 ± 2254,4	0,0972
Área basal – culmos (m ² /ha)	0,5 ± 0,4	2,1 ± 1,5	1,6 ± 1,1	0,0624
Área basal – mata (m ² /ha)	45,7 ± 22,004	183,5 ± 148,6	163,4 ± 101,7	0,016

4.2 Resultados objetivo dos: “Determinar la composición, diversidad y estructura de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”

4.2.1 Composición florística

Considerando todos los individuos con $DAP \geq 5$ cm, se registraron 53 familias botánicas, 91 géneros y 117 especies en toda el área de estudio. En el piso altitudinal 2 (2 500 – 3 000 msnm) se registró el mayor número de familias (Tabla 4). En el piso altitudinal 3 (3 000 – 3 500 msnm) se registró el mayor número de géneros y finalmente en el piso altitudinal 1 (2 000 – 2 500 msnm) se registró el mayor número de especies (Tabla 4).

Tabla 4. Número de familias, géneros y especies registradas en los bosques montanos andinos, biotipos leñosos considerando los 3 pisos altitudinales.

Nivel de análisis	Pisos altitudinales (msnm)	Número de familias	Número de Géneros	Número de especies
DAP \geq 5cm	2 000 – 2 500	38	54	74
	2 500 – 3 000	42	60	68
	3 000 – 3 500	36	59	72

La composición florística fue estadísticamente diferente entre los tres pisos altitudinales (ANOSIM: $R = 0,4$; $P = 0,001$) (Tabla 5). Dentro de los pisos altitudinales, solamente entre los pisos florísticos 2 500 – 3 000 con 3 000 – 3 500 la composición florística no fue diferente significativamente ($P = 0,082$).

Tabla 5. Anosim para comparar la composición de especies entre los 3 pisos altitudinales: 2 000 – 2 500, 2 500 – 3 000 y 3 000 – 3 500 msnm.

Pisos altitudinales (msnm)[i]	Pisos altitudinales (msnm)[j]	R	P
2 000 – 2 500	2 500 – 3 000	0,3	0,041
2 000 – 2 500	3 000 – 3 500	0,61	0,012
2 500 – 3 000	3 000 – 3 500	0,22	0,082

4.2.2 Diversidad de especies

Considerando las especies leñosas con un DAP ≥ 5 cm, la riqueza de especies no fue diferente entre los pisos altitudinales (ANOVA: $p = 0,2687$) (Figura 3a). De igual manera, los índices de Shannon (Figura 3b), Simpson (Figura 3c) y Equidad (Figura 3d) no fueron diferentes estadísticamente (ANOVA: $p = 0,8661$; $p = 0,2951$; $p = 0,2246$; respectivamente).

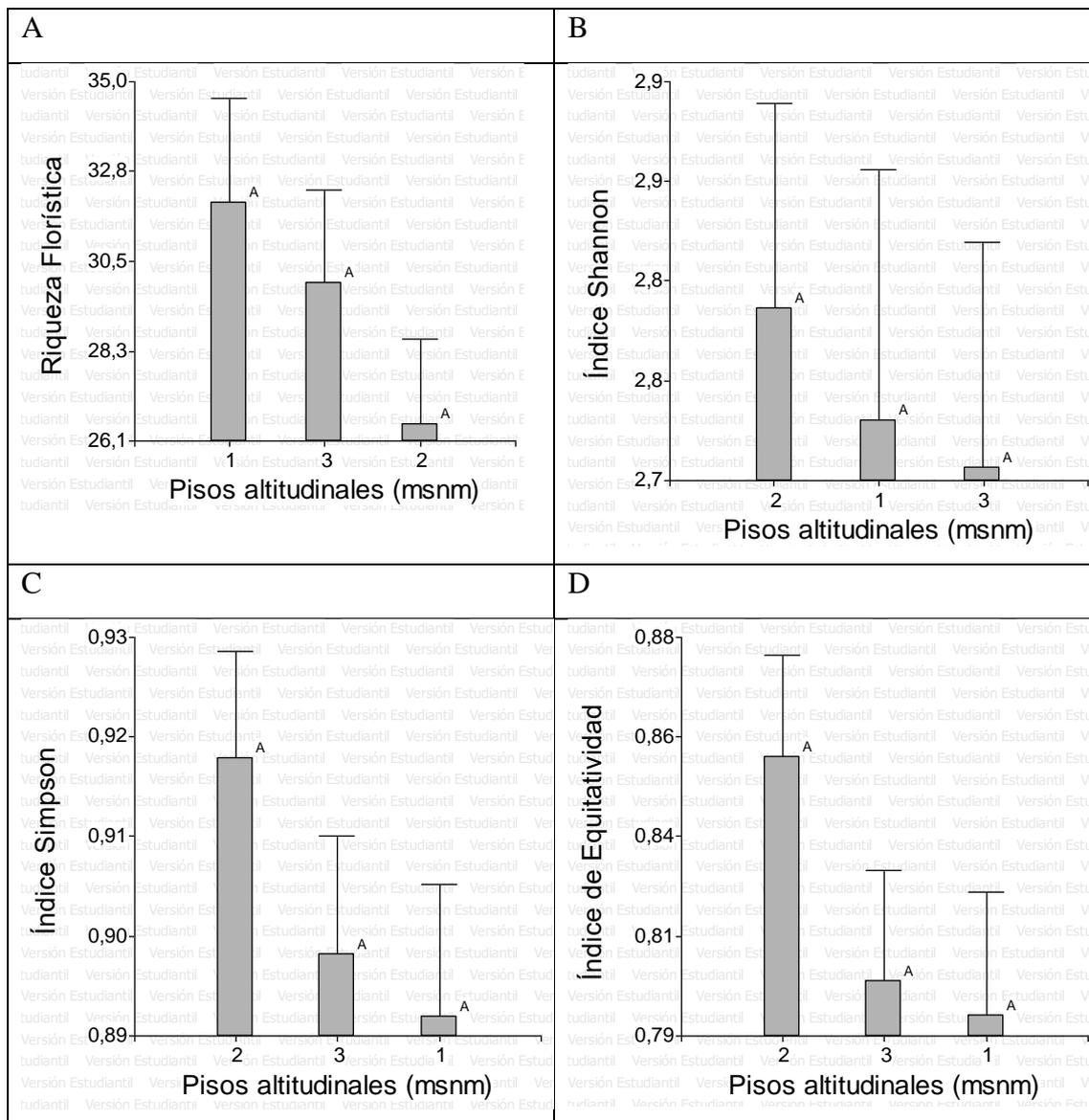


Figura 3. Promedio de riqueza de especies (a), índice de Shannon (b), índice de Simpson (c) e índice de equitatividad (d) \pm error estándar en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas de dos muestras ($\alpha = 0,05$).

4.2.3 Estructura de especies arbóreas en individuos leñosos con DAP ≥ 5 cm

Las variables de densidad, altura total y dominante presentaron datos normales (Shapiro Wills; $P = 0,64$; $0,96$; $0,96$ respectivamente). No así, el área basal que presento datos no normales ($P = 0,004$) (Tabla 6).

La altura total (ANOVA: $p=0,69$) (Figura 4c), densidad (ANOVA: $p=0,51$) (Figura 4d), no presentaron diferencias significativas entre los tres pisos altitudinales. La altura dominante (ANOVA: $p=0,01$) (Figura 4b) presentó diferencias significativas registrando mayores valores en el piso altitudinal 1 (15,18m) a diferencia de los pisos altitudinales 2 y 3 (11,0 m - 11,86 m respectivamente).

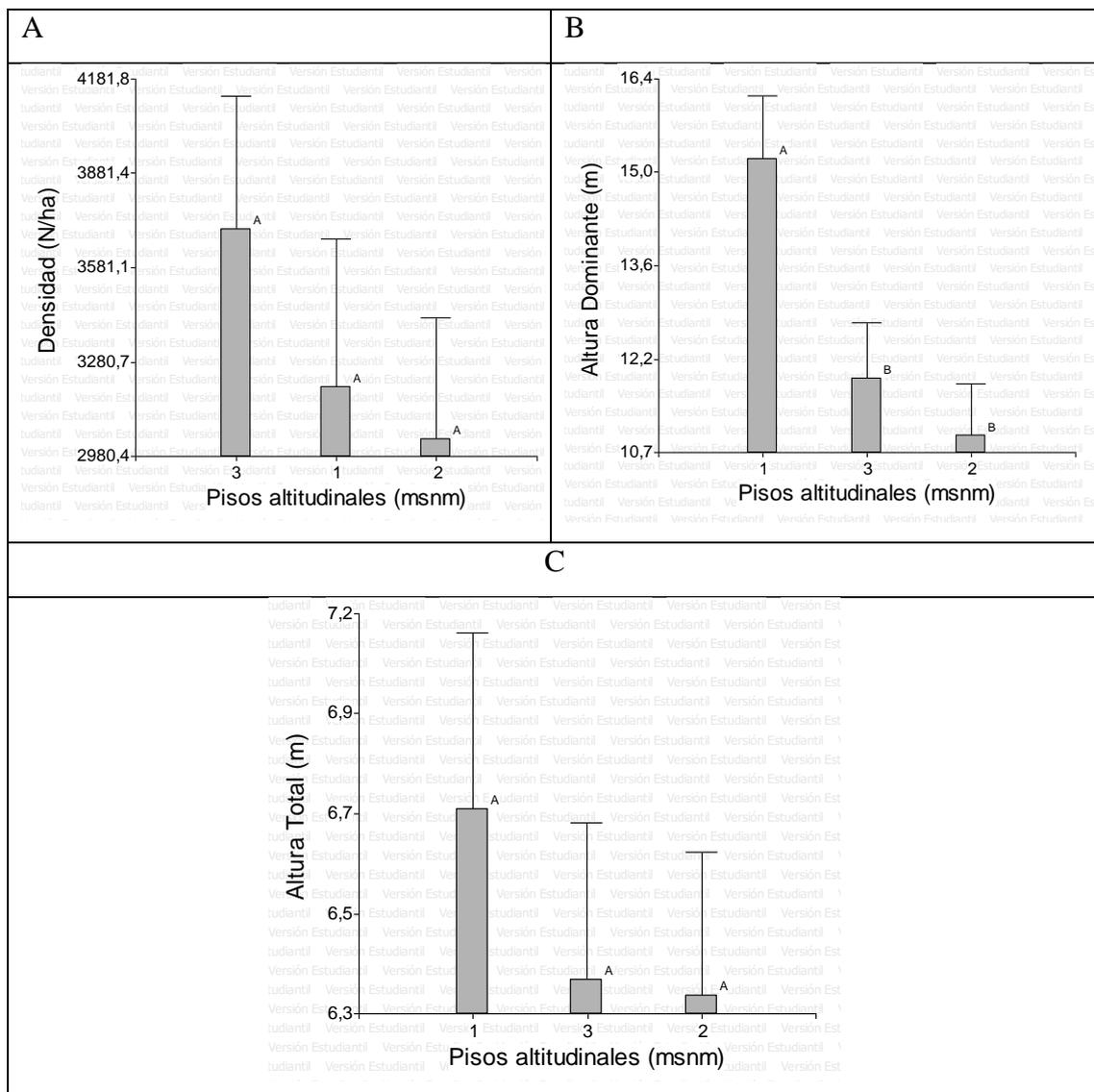


Figura 4. Densidad(a), altura dominante (b), altura total (c), y \pm error estándar en biotipos leñosos, palmas, helechos con DAP ≥ 5 cm. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas de dos muestras ($\alpha = 0,05$).

Tabla 6. Prueba de normalidad según el test de Shapiro Wilks.

Variable	n	D.E.	W*	P(Unilateral D)
Densidad (N/ha)	15	876,05	0,95	0,6420
Altura dominante (m)	15	1,75	0,98	0,9551
Altura total (m)	15	0,67	0,98	0,9618
Área basal (G/ha)	15	15,43	0,80	0,0040

La prueba no paramétrica Kruskal Wallis, mostró que el área basal no se presentó diferencias significativas (ANOVA $p=0,61$). Por lo tanto, esta variable fue igual estadísticamente entre los tres pisos altitudinales (Figura 5).

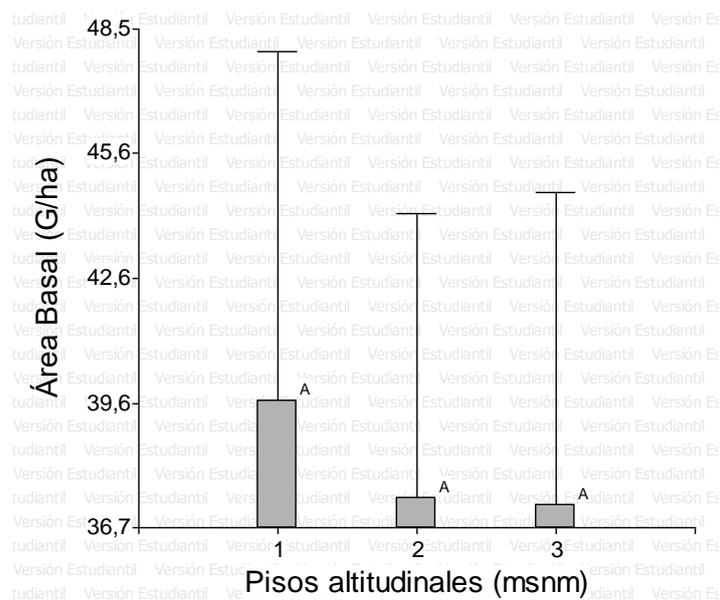


Figura 5. Gráfico del área basal en individuos de especies arbóreas con $DAP \geq 5$ cm.

4.3 Resultados objetivo específico tres: “Establecer asociaciones ecológicas entre la dominancia de bambú con la variación estructural de la vegetación leñosa en bosques montanos andinos”

Los resultados de los GLM mostraron que la densidad de árboles fue la única variable que se relacionó con las variables predictoras, negativa y significativamente con la riqueza de bambú ($p= 0,0001$) (Tabla 7; Figura 6a), con el área basal por culmos ($p= 0,0001$) (Tabla 7; Figura 6b). Por otro lado, se relacionó positiva y significativamente con el área basal por mata ($p= 0,0001$) (Tabla 7; Figura 6c), y densidad por mata ($p= 0,0001$)

UCUENCA

(Tabla 7; Figura 6d) (Tabla 7). Las variables de respuesta de riqueza arbórea, área basal, altura total y dominante de árboles no se correlacionaron con ninguna variable predictora.

Tabla 7. Correlaciones entre las variables de respuesta área basal, densidad y alturas arbórea de biotipos leñosos individuos con ($DAP \geq 5cm$) con los volúmenes totales, comerciales, volumen aprovechable, total y comercial (que fueron considerados como variables predictoras).

	Riqueza+		Densidad de árboles+		Área basal de árboles+		Altura total de árboles+		Altura dominante de árboles+	
	Estimador	P	Estimador	P	Estimador	P	Estimador	P	Estimador	P
Intercepción	3,4	<0,0001	8,5	<0,0001	4,32	<0,0001	1,81	<0,0001	2,49	<0,0001
Riqueza bambú *	0,03	0,8175	-0,2	<0,0001	-0,29	0,3217	0,01	0,89	0,06	0,67
Área basal por culmos *	-0,25	0,3216	-0,3	<0,0001	-0,19	0,7497	0,05	0,75	-0,09	0,76
Área basal por mata *	-0,0001	0,9727	0,002	<0,0001	-0,00008	0,9836	-0,00004	0,97	-0,00006	0,97
Densidad en culmos *	0,0001	0,2904	-0,000002	0,006	0,00003	0,8774	-0,00002	0,69	0,00002	0,86
Densidad en matas *	-0,0004	0,3138	0,0002	<0,0001	-0,00011	0,9094	0,00014	0,63	-0,00007	0,89

+ Variables de respuesta

* Variables predictoras

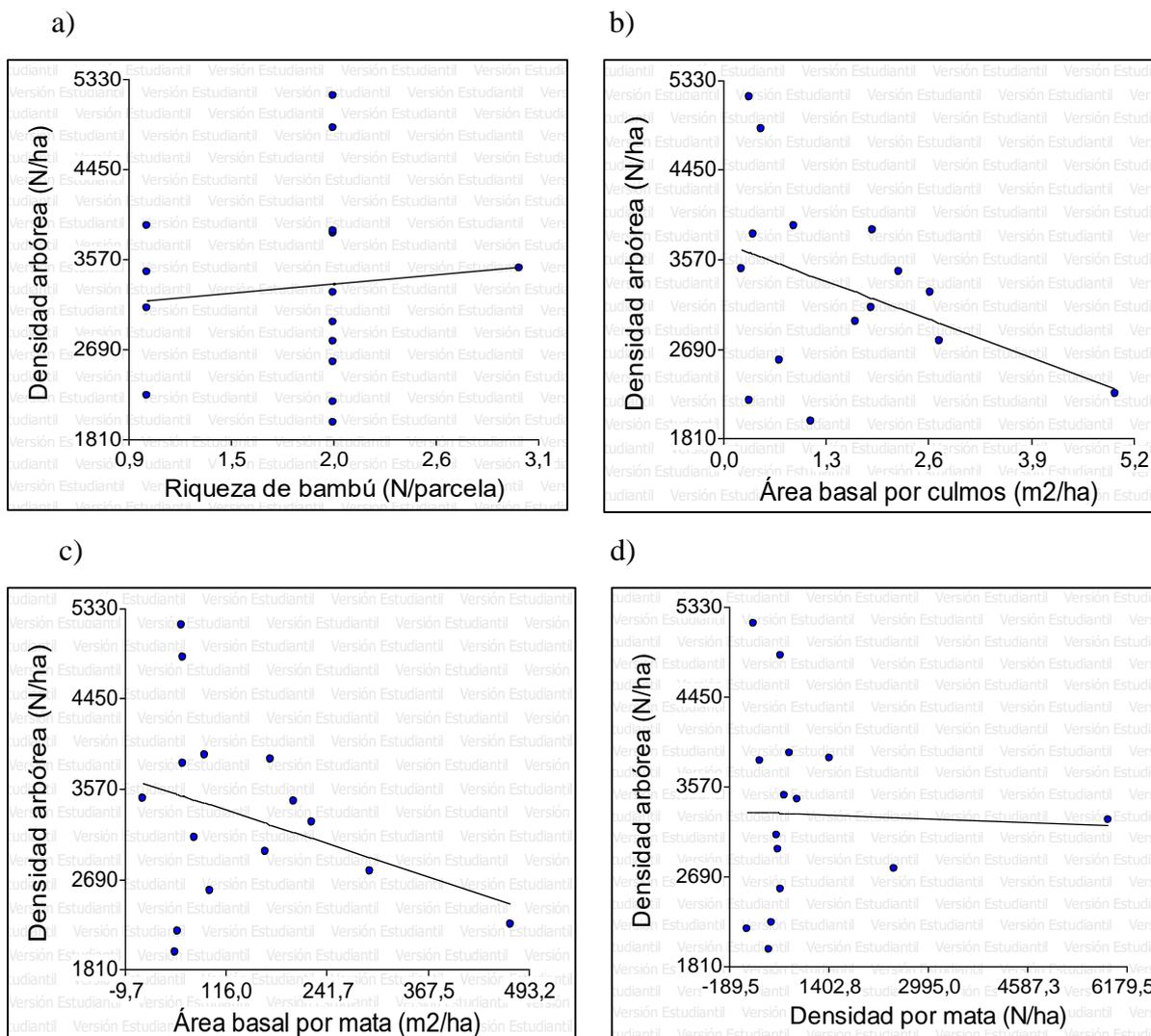


Figura 6. Gráficos de correlación: **a)** Densidad / Riqueza de Bambú; **b)** Densidad / Área Basal por Culmos; **c)** Densidad / Área Basal por Mata; **d)** Densidad / Densidad por Mata.



CAPITULO V: DISCUSIÓN

En la dominancia del bambú basado en su composición se encontró que principalmente los géneros *Chusquea* y *Aulonemia* fueron los más frecuentes en las 15 parcelas de 1 000 m², en los 3 pisos altitudinales que fueron evaluados. Estos resultados coinciden parcialmente con MAE (2012) los cuales determinaron la dominancia del género *Chusquea* en los bosques montanos bajos del sur de la cordillera de los Andes se encuentran a una altitud de 1 660 – 2 200 msnm. Por otro lado, Vargas, Neil, Asanza, Freire - Fierro, and Narváez (2000) de su estudio realizado en el Parque Nacional Llanganates mencionan que, en las vertientes orientales y occidentales hay dominancia de *Chusquea aristata* en áreas poco extensas. Esto ha reemplazado a los pajonales de *Calamagrostis intermedia*. Ramsay (1992) menciona que las condiciones de humedad y pendiente favorecen la presencia de *Chusquea* en altitudes que van desde 3 800 y 4 000 msnm.

La presencia de dos especies de *Chusquea* y dos especies de *Aulonemia* tienen baja similitud con lo registrado por Quizhpe, Aguirre, Cabrera, and Delgado (2002). Estos investigadores encontraron que la composición florística de los herbazales del Parque Nacional Podocarpus (PNP) está formada por 12 especies de *Chusquea*. Además, ellos distinguen dos zonas diferenciadas por asociaciones vegetales; la primera, en la zona norte definida por *Chusquea neurophylla* y *Chusquea laegaardii* ubicadas en los páramos de El Tiro, Cajanuma, Lagunillas y Banderillas; y la segunda en la zona sur, definida por *Chusquea nana* en el Cerro Toledo, sur del Ecuador.

En nuestro estudio se observó que la mayor diversidad - riqueza de especies de bambú se encuentra entre los 2 000 y 3 000 msnm. Dichos resultados coinciden con los de Lodoño (2011) quien determinó que la mayor diversidad de bambúes en Colombia ocurre entre estos mismos rangos altitudinales. Sin embargo y a medida que se desciende sobre los Andes esta diversidad disminuye, pero se incrementa el número de individuos por superficie (Clark, 1993; Judziewicz, Clark, Lodoño, & Stern, 1999; Lodoño, 1990).

El área basal en cuanto a la medición individual de todos los culmos, no presentó diferencias estadísticas significativas entre los tres pisos altitudinales ($p = 0,0624$). Por lo contrario, el área basal de toda la mata, que tiene un valor significativamente mayor ($p = 0,016$) en el piso de elevación de 2 500 – 3 000 msnm con el valor más alto, a diferencia del piso 2



000 – 2 500 msnm. Fadrique et al. (2021), en su estudio encontró que en sus parcelas con mayor densidad (3 450 msnm) son las parcelas con áreas basales de bambú más altas. Sin embargo, no registró una relación significativa entre el área basal total de bambú y la elevación (msnm) lo que coincide con nuestros resultados. MAE (2012) en el estudio dentro de los bosques siempre verdes, determinó que estos bosques presentan una variación en su composición, debido a que en las zonas donde la densidad de tallos de bambú aumenta, los valores de área basal son más bajos en comparación con las zonas donde la densidad de tallos de bambú disminuye.

La densidad no presentó diferencias significativas a nivel de culmos y mata ($p = 0,1128$; $p = 0,0972$, respectivamente) es decir que en los tres pisos altitudinales se presentaron valores similares en todas las variables que fueron medidas, siendo el piso 1 y 3 los que presentaron los valores mayores de altura (30 m). En cambio, el piso 2 fue el que presentó el valor más alto de diámetro con 5.5 cm. Estos resultados coinciden con Reynel (2012) quien encontró en altitudes entre 1 500 a 3 300 msnm existen bambúes nativos con diámetros normalmente menores a 20 cm. Aquí estas especies se comportan como invasores de áreas abiertas, en los claros producidos por desplomes de laderas, que son rápidamente colonizados por estas plantas. En la vegetación de Pacal que se encuentra a 1 500 - 2 700 msnm, Reynel (2012), determinó que existen dos o tres especies dominantes de bambú que pertenecen a los géneros *Chusquea* y *Guadua*, la altura promedio de estas cañas fluctúa entre 2 - 6 m, con diámetros promedio entre 3 - 8 cm.

De la misma forma no hubo relación significativa entre la densidad de culmos en los pisos altitudinales. Sin embargo, descriptivamente, la mayor cantidad de culmos se presentaron en las parcelas de mayor elevación 3 000 – 3 500 msnm con un valor de 36 050 cañas o individuos ha^{-1} , en comparación con las parcelas de menor elevación 2 000 – 2 500 msnm que presentaron un valor mínimo de 1 710 cañas. Nuestros resultados no concuerdan con Fadrique et al. (2021) quienes obtuvieron una relación significativa entre la densidad del bambú y la elevación. No obstante, en las parcelas de mayor elevación (3 450 msnm) encontraron un total de 16 000 cañas y en las parcelas de menor elevación tenían un número de 700 cañas.

Con respecto a la composición florística de las especies leñosas en los tres pisos altitudinales se registraron 53 familias botánicas, 91 géneros y 117 especies en toda el área de estudio. La diferencia en la composición florística entre los tres pisos altitudinales (ANOSIM: $R = 0,4$; $P = 0,001$) coinciden con los registrados por Jadán et al. (2016) en bosques secundarios.



Las diferencias en abundancia registradas en diferentes pisos altitudinales, muestran patrones de distribución comunes a los registrados en los gradientes altitudinales andinos, en donde la mayor cantidad de árboles están ubicados a mayor altitud Homeier et al. (2010). Por otra parte, Lozano et al. (2007) afirman que la mayor riqueza en bosques montanos se registra en parcelas de mayor altitud. Sin embargo, en nuestro estudio, la riqueza de especies y diversidad alfa no registro diferencias significativas entre en los diferentes pisos altitudinales.

En el caso de la estructura con las variables de densidad, altura total, altura dominante y área basal no registraron diferencias significativas en los tres pisos altitudinales. Estos resultados concuerdan con Franco - Rosselli, Betancur, and Fernández (1997); R. Galindo et al. (2003) los cuales mencionan que no existió diferencias en sus estudios. Por lo contrario Jadán et al. (2017) menciona que la menor cantidad de individuos por hectárea están ubicados a una mayor altitud. La altura total y dominante máxima que obtuvimos fue de 22 m en el piso 2 (2 500 – 3 000); esta altura fue mayor en los pisos 1 y 3. Estos valores son mayores a los valores obtenidos de Benalcázar and Toledo (2020) los cuales obtuvieron un valor máximo de 11,5 m en altura total en la parroquia San Gerardo (>3 000 msnm).

Jadán et al. (2017) menciona en su estudio que el área basal disminuye conforme incrementa la altitud, al igual con lo registrado al Sur del Ecuador, vertiente oriental de los Andes (Homeier et al., 2010). Esto ha sido explicado por influencia de factores climáticos los cuales están asociados a la altitud, los mismos están condicionados por procesos eco-fisiológicos (Chardon, Pearcy, Lee, & Fercher, 1996). La actividad fotosintética de las plantas disminuye en mayores altitudes, incrementa la transpiración y disminuye la capacidad de almacenamiento o aumentó la biomasa, lo cual es medida a través del área basal (Báez et al., 2015). En nuestro estudio no se encontraron diferencias significativas en los tres pisos altitudinales.

La presencia de bambú en los pisos altitudinales da como resultado una relación negativa en la densidad arbórea. Bajo estos resultados podemos aceptar parcialmente la hipótesis planteada en nuestro estudio, ya que la dominancia del bambú afecta negativamente en la estructura de la vegetación leñosa, pero no afecta en la composición, diversidad. Fadrique et al. (2021); Bronson; Griscom and Ashton (2013); Silman et al. (2003) concluyen que con un área basal mayor de bambú se asocia con un crecimiento medio de árboles y una baja densidad arbórea. De igual manera se da una reducción de la densidad de especies leñosas con el aumento



de la densidad del bambú, lo cual ocurre principalmente por la competencia de recursos y el aumento de sombra.



CONCLUSIONES

En los bosques montanos Andinos existe una alta densidad de bambú. En cuanto a la composición florística se encontraron 5 especies en las 15 parcelas que fueron evaluadas, siendo las especies más numerosas *Aulonemia queko* y *Chusquea sp* en los 3 pisos altitudinales. El área basal de toda la mata presentó diferencias significativas en el piso altitudinal 2 (2 500 – 3 000 msnm). Opuestamente el área basal por culmos no presentó diferencias significativas en los 3 pisos altitudinales. La densidad tanto de culmos como de matas no presentaron diferencias para ninguno de los tres pisos evaluados.

La composición florística de las especies arbóreas, incluyendo palmas, fue diferente en los 3 pisos altitudinales. La diversidad de especies no presentó valores significativos. La estructura considerando la densidad, la altura total no fueron significativas en los 3 pisos altitudinales. Opuestamente la altura dominante si presentó diferencias significativas, siendo el piso 1 (2 000 – 2 500 msnm) el que presentó mayores valores en comparación de los pisos 2 y 3. El área basal no fue diferente en los 3 pisos altitudinales.

El área basal y la densidad por mata se relacionó de manera positiva y significativamente con la estructura (densidad) de los biotipos leñosos. La riqueza, área basal, altura total y dominante no se relacionó con las variables de respuesta (riqueza, área basal de culmos y matas, densidad de culmos y matas) del bambú en los bosques montanos andinos de Molleturo.

Los resultados de nuestro estudio nos permiten afirmar que la dominancia de bambú en cuanto a la riqueza y densidad por culmos afecta negativa y significativamente a la estructura (densidad) de las especies leñosas de los bosques montanos andinos de Molleturo.



RECOMENDACIONES

En cuanto la generación de información se recomienda seguir con el estudio del bambú ya que existe muy poca información sobre la importancia y la funcionalidad de esta especie. De esta manera se podría determinar cuál es el aporte positivo y negativo que tiene dentro de los bosques montanos andinos así poder en un futuro realizar ensayos de su propagación a nivel de laboratorio para poder conservar esta especie.

Se debe concientizar a los habitantes de esta zona sobre la conservación y servicios ecosistémicos que nos brindan los bosques montanos. Recalcar que la ganadería mal manejada y ubicada, cada vez se asocia con la deforestación de ecosistemas naturales incluyendo los bosques. En consecuencia, se van perdiendo especies leñosas y de bambú.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, Z. (2013). *Guía de métodos para medir la biodiversidad*. Unirsidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador.
- Álvarez, C., Arce Carriel, M., & Villacís, J. (2017). Diversidad arbórea y su relación con la pendiente en plantaciones de *Eucalyptus globulus*. *Boletín Técnico Serie Zoológica*, 12, 1-6.
- Añazco, M., & Rojas, S. (2015). *Estudio de la cadena desde la producción al consumo del bambú en Ecuador con énfasis en la especie Guadua angustifolia en Ecuador*. Quito, Ecuador: INBAR.
- Báez, S., Malizia, A., Carilla, J., Blundo, C., Aguilar, M., Aguirre, N., . . . Silman, M. R. F., Kenneth J. (2015). Large-Scale patterns of turnover and basal area change in Andean forests. *PLoS ONE*, 10.
- Bandera, E., & Pérez, L. (2018). Los modelos lineales generalizados mixtos. Su aplicación en el mejoramiento de plantas. *Cultivos tropicales*, 39(1), 127 - 133.
- Benalcázar, P., & Toledo, C. (2020). *Relación entre la diversidad funcional de la vegetación leñosa con variables de clima y biomasa aérea en bosques andinos del macizo del Cajas*. Universidad de Cuenca,
- Bettinger, P., Boston, K., Siry, J., Grebner, D., Bettinger, P., Boston, K., . . . Grebner, D. (2008). *Forest Management and Planning*: Academic Press.
- Bussmann, R. W. (2005). Bosques andinos del sur de Ecuador, clasificación, regeneración y uso. *Revista Peruana de Biological*, 12, 203-216.
- Campanello, P. I., Genoveva Gatti, M., Ares, A., Montti, L., & Goldstein, G. (2007). Tree regeneration and microclimate in a liana and bamboo-dominated semideciduous Atlantic Forest. *Forest Ecology and Management*, 252(1), 108-117.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.032>
- Cano, A., & Stevenson, P. R. (2009). Diversidad y composición florística de tres tipos de bosque en la estación biológica Caparú, Vaupé. *Colombia forestal*, 12(1), 63-80.
doi:10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2009.1.a06
- Cayuela, L. (2009). Modelos lineales generalizados (GLM). *Materiales de un curso del R del IREC*.



- Chardon, R. L., Pearcy, R. W., Lee, D. W., & Fercher, N. (1996). Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. *Tropical forest plant ecophysiology*, 5 - 55.
- Clark, L. G. (1993). Diversity and distribution of the Andean woody bamboos (Poaceae: Bambuseae). *Simpósia "The Andean Montaine Forest", The New York Botanical Garden*.
- Clark, L. G., Londoño, X., & Sanchez, E. R. (2015). Bamboo taxonomy and habitat. In W. Liese & M. Köhl (Eds.), *Bamboo-the plant and its uses Tropical Forestry*, 10, 1-30.
- Cruz Ríos, H. (2009). *Bambú-Guadúa: Guadua Angustifolia Kunth*. . Pereira, Risaralda, Colombia.
- Dalagnol, R., Wagner, F., Soares Galv, L., Nelson, B., Oliveira, L., & De Aragao, C. (2018). Ciclo de vida del bambú en el suroeste de la Amazonía y su relación con la estructura forestal. *Biogeociencias*, 87-104.
- Dantas, M. A., Bona, K., Vieira, T. B., & Mews, H. A. (2020). Assessing the fine-scale effects of bamboo dominance on litter dynamics in an Amazonian forest. *Forest Ecology and Management*, 474, 30-37.
- Di Rienzo, J. A., Macchiavelli, R., & Casanoves, F. (2017). Modelos lineales generalizados mixtos aplicaciones en InfoStat.
- Fadrique, B., Báez, S., Duque, Á., Malizia, A., Blundo, C., Carilla, J., . . . Feeley, K. J. (2018). Widespread but heterogeneous responses of Andean forests to climate change. *Nature*, 564(7735), 207-212. doi:10.1038/s41586-018-0715-9
- Fadrique, B., Santos, P., Farfán, W., Salinas, N., Silman, M., & Feeley, K. J. (2021). Reduced tree density and basal area in Andean forests are associated with bamboo dominance. *Forest Ecology and Management*, 480, 2-9.
- Fadrique, B., Veldman, J. W., Dalling, J. W., Clark, L. G., Montti, L., Ruiz-Sanchez, E., . . . Rockwell, C. A. (2020). Guidelines for including bamboos in tropical ecosystem monitoring. *52(3)*, 427-443. doi:<https://doi.org/10.1111/btp.12737>
- Franco - Rosselli, P., Betancur, J., & Fernández, J. L. (1997). Diversidad florística en dos bosques subandinos del sur de Colombia. *Caldesia*, 19, 205 - 234.
- GAD, M. (2015). *Ordenamiento territorial de la parroquia Molleturo 2015-2019*. Molleturo-Ecuador: GAD Molleturo.



- Galindo, R., Betancur, J., & Cadena, J. (2003). Estructura y composición florística de cuatro bosques andinos del santuario de flora y fauna Guanentá-Alto río Fonce, cordillera oriental colombiana. *Caldesia*, 25(2), 313 - 335.
- Galindo, R. B., Julio; Cadena, José. (2003). Structure and floristic composition of four Andean forests from the “Santuario de Flora y Fauna Guanentá-Alto Río Fonce”, East Colombian Andes. *Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia*.
- Gentry, A., Churchill, S., Balslev, H., Forero, E., & Luteyn, J. (1995). *Patterns of diversity and floristic composition in Neotropical montane forests*.
- Gerwing, J. J., Schnitzer, S. A., Burnham, R. J., Bongers, F., Chave, J., DeWalt, S. J., . . . Thomas, D. W. (2006). A Standard Protocol for Liana Censuses 1. 38(2), 256-261. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2006.00134.x>
- Griscom, B., & Ashton, M. (2006). A self-perpetuating bamboo disturbance cycle in lowland terra firme forests of Madre de Dios, Peru. *Journal of Tropical Ecology*, 22, 231-245.
- Griscom, B., & Ashton, M. (2013). Bamboo control of forest succession: *Guadua sarcocarpa* in Southeastern Peru. *Forest Ecology and Management*, 445-454. doi:10.1016/S0378-1127(02)00214-1
- Hammer, O., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4, 1-9.
- Holz, A., & Veblen, T. (2006). Tree regeneration response to *Chusquea montana* bamboo die-off in a subalpine *Nothofagus* forest in the southern Andes. *Journal of Vegetation Science*, 17, 19-28. doi:10.1111/j.1654-1103.2006.tb02419.x
- 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.
- Jadán, O., Cedillo, H., Peralta, A., Zea, P., Toledo, C., Tepán, B., & Vaca, C. (2016). Evaluación preliminar de la composición florística y usos de la vegetación en bosques secundarios, provincia de Azuay. *Bosques Latitud Cero*, 6(2), 32 - 43.
- Jadán, O., Donoso, D. A., Cedillo, H., Bermúdez, F., & Cabrera, O. (2021). Floristic Groups, and Changes in Diversity and Structure of Trees, in Tropical Montane Forests in the Southern Andes of Ecuador. 13(9), 400.



- Jadán, O., Quizhpe, W., Pacheco, E., Gonzáles, M., Poce, E., Aguirre, Z., & Peña, D. (2017). Riqueza florística y carbono almacenado en tres pisos altitudinales de bosques amazónicos, Zamora Chinchipe, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7, 1 - 16.
- Judziewicz, E. J., Clark, L. G., Lodoño, X., & Stern, M. J. (1999). American Bamboos. *Smithsonian Institution Press*, 392.
- Kleinn, C., & Morales, D. (2006). An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *European Journal of Forest Research*, 125, 361-368. doi:10.1007/s10342-006-0129-3
- Larpkern, P., Moe, S., & Totland, O. (2011). Bamboo dominance reduces tree regeneration in a disturbed tropical forest. *Oecologia*, 165, 161-168. doi:10.1007/s00442-010-1707-0
- Liese, W. (1998). *The Anatomy of Bamboo Culms*. Beijing-Eindhoven: Technical Report.
- Lodoño, X. (1990). Aspectos sobre la distribución y la ecología de los bambúes de Colombia (Poaceae: Bambusoideae). *Caldesia*, 16, 139 - 153.
- Lodoño, X. (2011). El bambú en Colombia. *Biotecnología Vegetal*, 11, 143 - 154.
- Lozano, P., Bussmann, R. W., & Küppers, M. (2007). Diversidad florística del bosque montano en el Occidente del Parque Nacional Podocarpus, Sur del Ecuador y su influencia en la flora pionera en deslizamientos naturales. *UNDO Agrícola*, 7(1), 142 - 159.
- Macedo, R. (2019). *Análisis de la estructura vegetal humedal-bosque*.
- MAE. (2012). *Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural
- MAE, & FAO. (2015). *Especies forestales leñosas arbóreas y arbustivas de los bosques montanos del Ecuador*. Quito.
- Malizia, A., Blundo, C., Carilla, J., Osinaga Acosta, O., Cuesta, F., Duque, A., . . . Young, K. (2020). Elevation and latitude drives structure and tree species composition in Andean forests: Results from a large-scale plot network. . *PLoS ONE*, 15(9).
- Mas, J. F. (1999). Monitoring land-cover changes: A comparison of change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 20(1), 139-152. doi:10.1080/014311699213659
- Medeiros, H., Castro, W., Salimon, C. I., Brasil da Silva, I., & Silveira, M. (2013). Tree mortality, recruitment and growth in a bamboo dominated forest fragment in southwestern Amazonia, Brazil. *Biota Neotropica*, 13, 29-34.



- Quizhpe, W., Aguirre, Z., Cabrera, O., & Delgado, T. E. (2002). Los páramos del Parque Nacional Podocarpus. In B. Austroecuatoriana (Ed.), *Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora - Chinchipe* (Aguirre, Z.; Madse, J. E.; Cotton, E. & Balslev, H. ed., pp. 79 -90). Quito.
- Ramsay, P. M. (1992). The páramo vegetation of Ecuador: The community ecology, dynamics and productivity of tropical grasslands in the Andes. *School of Biological Sciences, University of Wales, Bangor, Gwynedd*.
- Reynel, C. (2012). *Flora y fauna del Bosque Montano Nublado Puyo Sacha, Valle de Chanchamayo, Dp. Junín (1800-3200 msnm)*.
- Rother, D., Alves, K., & Pizo, M. (2013). Avian assemblages in bamboo and non-bamboo habitats in a tropical rainforest. *The Emu: official organ of the Australasian Ornithologists' Union, 113*. doi:10.1071/MU12017
- Salinas Roca, R. L. (2010). *Modelo de simulación para una reforestación sostenible utilizando bambú*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Atizapán de Zaragoza, Edo. México.
- Sánchez, O., & Rosales, C. (2002). *Dinámica Poblacional del bosque natural del Parque Nacional de Podocarpus sector Cajanuma*. Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador.
- Schnitzer, S. A., Putz, F. E., Bongers, F., & Kroening, K. (2014). The past, present, and potential future of liana ecology. In S. A. Schnitzer, F. Bongers, R. J. Burnham, & F. E. Putz (Eds.), *Ecology of Lianas* (pp. 1-14). Chichester, UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Silman, M. R., Ancaya, E. J., & Brinson, J. (2003). *Los bosques de bambú en la Amazonía occidental*. In R. Leite, N. Pitman, & P. Alvarez Lima, Perú: Center for Tropical Conservation.
- Silveira, M. (1999). Ecological aspects of bamboo-dominated forest in southwestern Amazonia: an ethnosciences perspective. *Ecotropica, 5*, 213-216.
- Silveira, M. (2001). *A floresta aberta com bambu no sudoeste da Amazônia : padrões e processos em múltiplas escalas*. Universidade de Brasília, Brasília.
- Silvério, D. V., Mews, H. A., Lenza, E., & Schwantes Marimon, B. (2010). Impactos do agrupamento do bambu *Actinocladum verticillatum* (Nees) McClure ex Soderstr. (POACEAE) sobre a vegetação lenhosa de duas fitofisionomias de Cerrado na transição Cerrado-Floresta Amazônica. *Acta Amazonica, 40*, 347-355.
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas, 6*, 72-74.



- Vargas, H., Neil, D., Asanza, M., Freire - Fierro, A., & Narváez, E. (2000). Vegetación y flora del Parque Nacional Llanganates. In M. d. A. EcoCiencia, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural (Ed.), *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas rápidas*. (Vásquez, Miguel A.; Larrea, Mario & Suárez, Luis ed.). Quito.
- Veblen, T., Schlegel, F., & Escobar, B. (1980). Dry matter production of two species of bamboo (*Chusquea culeou* and *Chusquea. tenuiflora*) in south-central Chile. *The Journal of Ecology*, 68, 397-404.
- Yaguana, C., Lozano, D., Neill, D. A., & Asanza, M. (2012). Diversidad florística y estructura del bosque nublado del Río Numbala, Zamora-Chinchipec, Ecuador: El “bosque gigante” de Podocarpaceae adyacente al Parque Nacional Podocarpus. *Revista Amazónica: Ciencia y Tecnología*, 1, 226-247.



ANEXOS

Anexo 1. Instrumentos utilizados para la toma de datos del bambú y diferentes tipos de culmos y matas encontradas la zona de estudio.



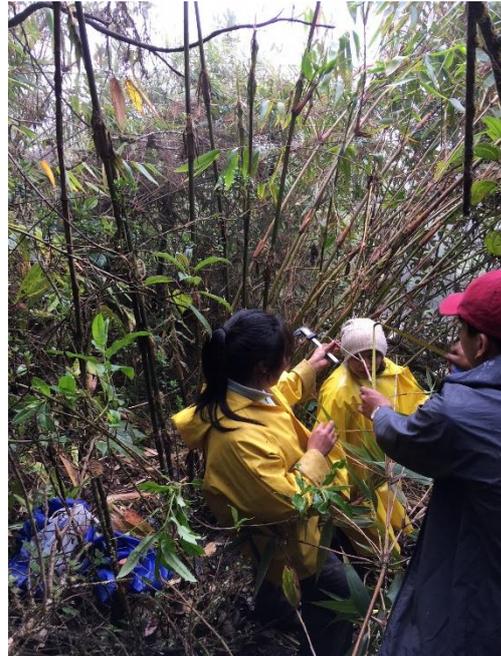


Anexo 2. Culmos y matas de bambú que fueron evaluadas.





Anexo 3. *Medición y toma de datos del diámetro de culmo y mata, altura total del culmo, número de individuos y número de entrenudos del bambú.*







Anexo 4. *Medición del área basal, altura total y comercial y recolección de muestras botánicas de todos los biotipos leñosos con $DAP \geq 5$ cm.*







Anexo 5. Identificación de las especies botánicas recolectadas.

