UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR EN OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO FORESTAL

TEMA

EFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y PROPIEDADES DEL SUELO EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO, AMAZONÍA ECUATORIANA

AUTOR

SANTIAGO FELIPE RIVERA ROMERO

DIRECTOR DE PROYECTO/TRABAJO

Dr. Yudel García Quintana, PhD

Puyo – Ecuador
Julio 2020

DECLARATORIA DE AUTORIA Y CESION DE DERECHOS

Yo, Santiago Felipe Rivera Romero con C.I. 0922286760, hace constar que es autor del Proyecto de Trabajo de Integración Curricular titulado: EFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y PROPIEDADES DEL SUELO EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO, AMAZONÍA ECUATORIANA, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, Dr. Yudel Garcia. En tal sentido, manifiesto la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el canton Pastaza, a los 7 dias del mes de Julio del 2021.



Santiago Felipe Rivera Romero

CI:0922286760

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del Trabajo de Integración Curricular aprueba el proyecto de Investigación titulado: "EFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y PROPIEDADES DEL SUELO EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DE LA AMAZONÌA ECUATORIANA"

Atentamente,

YASIEL ARTEAGA CRESPO

Firmado digitalmente por YASIEL ARTEAGA CRESPO

PhD. Yasiel Arteaga Crespo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por: YAMILA LAZO PEREZ

MS,c. Yamila Lazo Pérez
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por: EDISON ROBERTO SUNTASIG NEGRETE

MS,c. Edison Roberto Suntasig Negrete
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Certificado No. 212-SAU-UEA-2021

Puyo, 24 de julio de 2021

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente al estudiante: Santiago Felipe Rivera Romero, con C.I 0922286760, con el Tema: **"EFECTO DEL USO DE LA TIERRA SOBRE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN Y PROPIEDADES DEL SUELO EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO, AMAZONÍA ECUATORIANA."**, de la carrera, Ingeniaría Forestal. Director de la investigación, Dr. Yudel García Quintana, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 6%, Informe generado con fecha 21 de julio de 2021 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ITALO
MARCELO

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco M.Sc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

Declaración de autenticidad

Yo, Santiago Felipe Rivera Romero, declaro que el presente proyecto de investigación, es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular,



SANTIAGO FELPE RIVERA ROMERO

No. Cedula 0922286760

DEDICATORIA

Quiero dedicar todo este trayecto académico a Dios tanto como a mi madre Kerly Elizabeth Romero Miranda que han sido fundamental para el éxito que eh logrado conseguir y a su vez los futuros logros que están por venir, al igual que a todos los docentes que fueron parte de mi formación académica en especial a mi Tutor el Dr. Yudel Garcia Quintana que me encamino en la trayectoria de la tesis, a mi familia que siempre están en cada paso de mi vida, si no fuera por el apoyo incondicional de cada uno de ellos nada de esto sería posible.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a Dios por ser la luz y guía de mi camino de vida, a mi madre que me inculco los valores, disciplina y fortaleza para sobrellevar mi día a día por apoyarme incondicionalmente, porque siempre creyó en mí, desde el primer día en que partí a la ciudad de Puyo; a mi familia y hermano por ser un ejemplo a seguir. A la Universidad Estatal Amazónica por abrirme sus puertas y a los docentes que me brindaron sus conocimientos que llevaron a desarrollarme académicamente y profesionalmente.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del cambio de uso de la tierra sobre la estructura de la vegetación y las propiedades del suelo en un bosque siempreverde piemontano de la zona baja de la microcuenca del río Puyo. Para ello se tomó como base datos de un inventario forestal realizado en el año 2018 y se analizaron patrones de estructura ecológica en bosque primario, secundario y silvopastura, índices de diversidad, se estimó el potencial de biomasa aérea acumulada y stock de carbono y propiedades físicas y químicas del suelo. Se comprobó el efecto del cambio de uso de la tierra en cuanto a los patrones de estructura ecológica. De acuerdo peso ecológico se identificaron especies de mayor importancia ecológica para cada uso de la tierra, resultando claves para el mantenimiento de la estructura del bosque. Los usos de la tierra mostraron valores de diversidad de media a baja, resultado silvopastura con menor riqueza de especies. El potencial de biomasa aérea acumulada y stock de carbono resultó con diferencias significativas, con mayores reservas para bosque primario (63,15 Mg/ha) y menores para silvopastura (20,03 Mg/ha). El análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo reflejó diferencias significativas entre los tres usos de la tierra, siendo silvopastura con suelos más ácidos, pobres en nutrientes, bases intercambiables, menor densidad aparente, conductividad hidráulica y materia orgánica. Esto es un indicador del cambio de uso de la tierra y como consecuencia de la calidad del bosque.

Abstract

The objective of the present study was to assess the effect of land use change on structure of the vegetation and soil properties in an evergregrelose piemontane forest of the lower area of the puyo river microbasin To do this, we took as a database a forest inventory carried out in 2018 and analyzed ecological structure patterns in primary forest secondary and silvopasture, diversity indices, the potential of accumulated aerial biomass and carbon stock and physical and chemical properties of the soil. The effect of land use change was tested with on ecological Structure patterns. According to ecological weight were identified species of greater ecological importance for each land use resulting in keys to the maintenance of the forest structure. Land uses showed medium to low diversity values, result silvopasture with less richness of species. The potential for accumulated aerial biomass and carbon stock resulted in significant differences, with greater reserves for primary forest (63.15 Mg/ha) and smaller for silvopasture (20.03 Mg/ha). Analysis of the physical and chemical properties of soil reflected significant differences between the three land uses, being silvopasture with more acidic soils, poor in nutrients, interchangeable bases, lower bulk density, hydraulic conductivity and organic matter. This is an indicator of land-use change and as a consequence of forest quality.

Tabla de contenidos

Capítulo 1: Introducción 1

1.1 Planteamiento del problema 2

1.2 Objetivos 2

1.2.1 Objetivo general 2

1.2.2 Objetivos específicos 2

1.3 Justificación 3

Capítulo 2: Fundamentación Teórica 4

2.1 Generalidades sobre los bosques tropicales amazónicos 4

2.2 Bases conceptuales de interés para la investigación 5

2.2.1 Cambio de uso de suelo (CUS) 5

2.2.2 Fragmentación 6

2.2.3 Ecosistema degradado 6

2.2.4 Bosque Montano 6

2.2.5 Bosque Montano Bajo 7

2.3 Características de un bosque primario, secundario y silvopastura 7

2.3.1 Bosque primario 7

2.3.2 Bosque secundario 7

2.3.3 Silvopastura 8

2.3.4 Estructura horizontal y vertical de un bosque 8

2.4 Diversidad de especies 10

2.5 Relevancia de la estimación de la biomasa aérea 12

2.6 Conceptualización de las principales propiedades físicas del suelo 14

2.7 Conceptualización de las principales propiedades químicas del suelo 16

2.8 Bases teóricas de la Ecología de la restauración 18

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 19

3.1 Localización 19

3.2 Tipo de investigación 21

3.3 Diseño de la investigación 22

3.4 Métodos de investigación 22

3.4.1 Metodología para el estudio de los patrones de estructura y diversidad en tres usos de la tierra 22

3.4.2 Metodología para el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo en tres usos de la tierra 27

Capítulo 4. Análisis y Resultados 28

4.1 Patrones de estructura en tres uso de la tierra 28

4.1.1 Composición florística 28
4.1.2 Estructura vertical 29
4.1.3 Posición sociológica y valor fitosociológica 29
4.1.4 Estructura horizontal 32
4.1.5 Índice de valor de importancia ecológica a nivel de especie 34
4.1.6 Diversidad de especies 35
4.2 Estimación de la biomasa aérea y carbono en tres usos de la tierra 37
4.3 Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo en tres usos de la tierra 38
CONCLUSIONES 40
RECOMENDACIONES 41
REFERENCIAS 1
ANEXOS 7

Capítulo 1: Introducción

Los Bosques Tropicales a nivel mundial son ecosistemas de importancia para la regulación del clima, la conservación de la biodiversidad que habita en estas zonas y la generación del sustento de las comunidades que habitan en estos bosques, pues con apenas el 15% de la superficie del planeta contiene el 25% del carbono de la biósfera terrestre. En el Ecuador, estos bosques se distribuyen en la región Costa y Amazónica, en las cuales se encuentran más de 200 especies de árboles como ceibos, guayacán, cedro, caoba, entre otros. En cuanto a la diversidad de animales, se estima que más 3.500 especies de mamíferos, peces, anfibios, reptiles y aves habitan en estos espacios naturales. Estos atributos han justificado la inclusión del Ecuador en el pequeño grupo de países más mega diversos del mundo (MAE, 2020).

En la actualidad los ecosistemas de bosques desempeñan su actividad natural más importante, que es almacenar carbono en su vegetación y cambiar con la atmósfera dióxido de carbono por medio de la fotosíntesis, disminuyendo los efectos del cambio climático producidos de forma natural o antropogénica (FAO, 2014). Los diferentes impactos negativos producidos por el cambio climático a nivel mundial (IPCC, 2013), dan como resultado el interés por estimar el carbono que se almacena en la vegetación (Brienen *et al*., 2015)

Los bosques que conforman la microcuenca del río Puyo son ecosistemas vulnerables, reconocidos por los múltiples beneficios sociales, ambientales y económicos que proporcionan, siendo la fuente principal de ingresos para diversas comunidades indígenas aledañas a la zona de estudio, sin embargo, no están exento a los problemas ambientales. La fragmentación y degradación antropogénica de los ecosistemas presentes, el cambio de uso de suelo de bosques a sistemas agrícolas y silvopastoriles, así como los deslizamientos de suelo alteran la estructura ecológica y la biodiversidad. Por ello los estudios relacionados con el cambio de uso de la tierra sobre la estructura de la vegetación y las propiedades del suelo en áreas de bosques de la Amazonía ecuatoriana resultan una necesidad vital para aportar con soluciones viables a los problemas ambientales, sociales y económicos existentes y de esta manera contribuir a la restauración de los bosques degradados y a la conservación de la biodiversidad.

1.1 Planteamiento del problema

Los Bosques Siempreverde Piemontano de la zona baja de la microcuenca del río Puyo en la provincia Pastaza, Amazonía ecuatoriana, se caracterizan por sus múltiples servicios ecosistémicos, formando parte importante de la dinámica y funcionamiento ecohidrológico de la microcuenca que abastece de agua a este sector, además es reconocido por sus relevantes funciones ecológicas determinadas por su amplia biodiversidad, hábitats de fauna, regulación y atenuación del flujo de las aguas superficiales, protección de las márgenes de los fluidos y conectores ecológicos en los diferentes tramos de la cuenca. Sin embargo, los cambios de uso de la tierra de bosques primarios a secundario y silvopastura, así como las continuas perturbaciones de carácter natural y antropogénico (vientos fuertes, deslizamientos de tierra, tala de árboles, establecimiento de cultivos y la actividad ganadera) han provocado alteraciones en este importante reservorio de bosque, lo cual incide en el estado de conservación de los bosques; y, por consiguiente, en la estructura ecológica, captura de carbono, las propiedades del suelo y la biodiversidad. De ahí, que se identifica el siguiente problema:

¿Qué efectos tiene el cambio de uso de la tierra sobre la estructura, diversidad, carbono y las propiedades edáficas de un bosque siempreverde piemontano de la zona baja de la microcuenca del río Puyo, Amazonía ecuatoriana?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto del uso de la tierra sobre la estructura de la vegetación y las propiedades del suelo en un bosque siempreverde piemontano de la zona baja de la microcuenca del río Puyo, como contribución a la restauración forestal en la Amazonía ecuatoriana.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar patrones de estructura y diversidad en tres usos de la tierra (bosque primario, secundario y silvopastura).
- Estimar el contenido de biomasa aérea y carbono en tres usos de la tierra (bosque primario, secundario y silvopastura).
- Analizar el comportamiento de las propiedades físicas y químicas del suelo en tres usos de la tierra.

1.3 Justificación

Los bosques amazónicos de Ecuador son reconocidos por su extensión, alta riqueza de especies y diversidad en los trópicos (García, *et al*. 2020) los cuales contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad y funciones ecosistémicos existentes en la región (Jorgensen & Bascopé, 2005). Además de esto, son un componente clave del ciclo global del carbono, ya que asimilan y almacenan más carbono que cualquier otro ecosistema de la tierra (Granja, 2015).

La deforestación y el cambio de uso de suelo en la Amazonía crecen muy rápido debido a las alteraciones provocadas por el ser humano que propicia cambios en la biodiversidad, pérdida de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, así como alteraciones progresivas en la estructura ecológica de los bosques. Los cambios de uso de la tierra, constituyen una amenaza global de preocupación por la comunidad científica, debido a las implicaciones en la calidad del suelo y los servicios ecosistémicos (Nair *et al*., 2009; Shibu & Dollinger, 2019, Bravo *et al*., 2020). La gravedad y duración de la alteración del ecosistema con el cambio de uso de la tierra afecta profundamente la sucesión secundaria de los ecosistemas de bosques. Se ha comprobado que el aumento moderado del uso de la tierra ha tenido efectos menores en la acumulación de biomasa, pero las características estructurales de los ecosistemas cambian profundamente, lo que apunta a la vulnerabilidad (Aide *et al*., 1995, Silver *et al*., 2000, Uhl *et al*., 1988, Zarin *et al*., 2001).

Los estudios que faciliten entender el efecto del cambio de uso de la tierra en la estructura, diversidad, potencial de carbono y en las propiedades del suelo constituyen una herramienta clave para la toma de decisiones en relación a los programas de restauración en la Amazonía ecuatoriana. En particular, los bosques de la microcuencia del río Puyo son de vital importancia para los pobladores de comunidades aledañas y de la ciudadanía de Pastaza, en sentido general, por constituir una fuente hidroreguladora que provee de servicios ambientales, sin embargo la vulnerabilidad ecológica por las múltiples actividades extractivas que se realizan afectan directamente a la biodiversidad, formas de subsistencia y a la captura de carbono, una de las causas del cambio climático existentes de mayor preocupación.

Capítulo 2: Fundamentación Teórica

2.1 Generalidades sobre los bosques tropicales amazónicos

Un bosque según la FAO (2010) se define como "(…) la tierra que se extiende por más de 0,5 hectáreas dotada de árboles de una altura superior a 5 metros una cubierta de dosel superior al 10%, o de árboles capaces de alcanzar esta altura in situ (…)". De acuerdo a las características de latitud y elevación los bosques se pueden clasificar en tropicales, subtropicales, templados, boreales y hielo polar (FAO & United States Forest Service, 2008). Los bosques tropicales son los más antiguos, diversos y ecológicamente completos (Meli, 2003), albergan una tercera parte de la diversidad vegetal del mundo (Meave, 2012). Estos bosques presentan un 70% de especies de flora y fauna, además brindan servicios ambientales como la captación de agua, el mantenimiento del suelo, la fijación de CO_2, entre otros (Meli, 2003), por lo cual se constituyen como uno de los ecosistemas más ricos y biodiversos del planeta. Los bosques no sólo son hábitat de muchas especies de flora y fauna, también han sido, desde la aparición de la raza humana hasta la actualidad, el hábitat del hombre y muchas culturas ancestrales. El bosque es un ecosistema que se encuentra en interacción y estrecha relación con alrededor de 390 pueblos ancestrales (Cordero, 2011).

Los bosques tropicales amazónicos poseen la más grande riqueza de especies, diversidad de hábitats y ecosistemas terrestres (Cordero, 2011). Son potenciales almacenes de carbono, la FAO (2010) estima que en los bosques de América del Sur se almacenan alrededor de 100 giga toneladas de carbono en su biomasa. Estos mismos bosques son reconocidos por ser gigantes reservorios naturales de una mega diversidad de fauna y flora, así como de múltiples servicios ecosistémicos que son imprescindibles para el desarrollo humano; lo cual, asociado a la estrecha vinculación con los pueblos ancestrales y nacionalidades indígenas, añade a este conjunto de atributos fascinantes de un bosque, una diversidad única y riqueza cultural que hace que un bosque sea vital para perpetuar las especies y garantizar su supervivencia.

Las características de un bosque se definen por el grado de incidencia de las actividades humanas que ocasionan cambios en su composición y estructura natural, con estos criterios la FAO (2010) ha determinado los tipos de bosques existentes dependiendo de su "naturalidad", determinando cinco categorías: bosque primario, bosque regenerado de manera natural, bosque plantado y bosque plantado con especies introducidas, esta

misma organización define a cada una de estas categorías de la siguiente manera: Bosque primario como un *"Bosque regenerado de manera natural, compuesto de especies nativas y en el que no existen indicios evidentes de actividades humanas y donde los procesos ecológicos no han sido alterados de manera significativa";* Bosque regenerado de manera natural como un *"Bosque predominantemente compuesto de árboles establecidos mediante regeneración natural, en el que existen indicios evidentes de actividad humana.";* Bosque plantado como un *"Bosque predominantemente compuesto de árboles establecidos por plantación y/o siembra deliberada"; y* Bosque plantado con especies introducidas como un *"Bosque plantado, en el que los árboles plantados/sembrados son predominantemente de especies introducidas".*

En los Bosques Piemontanos la diversidad es sumamente alta y, de hecho, llega a ser superior que aquélla encontrada en los bosques siempreverde de tierras bajas. El Bosque Piemontano de la Cordillera de la Costa, a pesar de encontrarse en una franja de distribución altitudinal tan restringida, presenta 282 especies, algo menos que sus similares de la Cordillera de los Andes al Occidente y Oriente. Las cuales registran 460 y 465 especies respectivamente. Esto significa más del 30% de las aves del Ecuador. La composición de la ornitofauna de estos ecosistemas está dominada principalmente por el grupo de los Passentormes. Que constituyen más del 60% de las especies: sin embargo. Prácticamente todos los otros grupos también están presentes. Las diferencias que existen entre los tres bosques no son muchas. Todas las especies que se registran en el Bosque Piemontano de la Cordillera de la Costa también están en el Bosque Piemontano de la Cordillera Occidental y. del mismo modo, 243 especies (53%) de las especies del Bosque Piemontano del Oriente se pueden encontrar en el Bosque Piemontano de la Cordillera Occidental (Sierra, Campos, & Chamberlin, 1999)

2.2 Bases conceptuales de interés para la investigación

2.2.1 Cambio de uso de suelo (CUS)

El CUS es un término concerniente a la modificación humana de la superficie terrestre, el cual consiste en el reemplazo del bosque nativo para el establecimiento de áreas que serán utilizadas para desarrollar diferentes actividades (Ellis, 2013). A nivel global el CUS es una de las mayores amenazas a la biodiversidad (Arriaga, 2009), ya que este fenómeno de origen antrópico implica un alto grado de deforestación (Barrantes, Chaves y Vinueza, 2001), causa la degradación y destrucción de hábitats, produciendo

cambios en los procesos ecológicos que impactan directamente sobre el suministro de los servicios ecosistémicos (Vargas, 2011).

El CUS probablemente es el problema más preocupante que enfrenta los ecosistemas forestales, ya que constituye la principal causa de fragmentación de hábitats a gran escala (Echeverría *et al*, 2014). En este sentido, se puede deducir que el CUS es un "Factor Forzante", pues induce al declive de la biodiversidad a través de la pérdida, la modificación y fragmentación de hábitats (Echeverría *et al*., 2014; Rodríguez *et al*., 2018); por ende, lograr mantener la conectividad del paisaje se convierte en una condición clave para mantener la estabilidad de los procesos ecosistémicos y en consecuencia la persistencia de la biodiversidad (Correa Ayram, Mendoza, & López Granados, 2014).

2.2.2 Fragmentación

La fragmentación es definida como el proceso de división de un hábitat continuo en pequeños fragmentos (Ospino, 2017). Al fragmentar, se disminuye el área total del ecosistema, se reduce el tamaño de las unidades o parches del hábitat original y genera un aislamiento de los fragmentos (Kattan, 2002), causando efectos negativos sobre la persistencia de especies y la capacidad de recuperación del bosque (Otavo, 2017). La pérdida de hábitat, como acción directa de la fragmentación y la consecuente pérdida de especies (Barbosa, 2002), constituyen una barrera para la recuperación natural de un ecosistema (Vargas, 2007).

2.2.3 Ecosistema degradado

Es un ecosistema que ha sido modificado debido a un disturbio natural o antrópico, cuya severidad o frecuencia sobrepasa el umbral a partir del cual la recuperación natural del ecosistema no es posible en un período de tiempo razonable (Aguilar-Garavito, 2015). Una de las características de los ecosistemas degradados es la pérdida del suelo, biodiversidad y la eliminación de la variabilidad genética (Pequeño *et al*, 2016).

2.2.4 Bosque Montano

Según SIERRA (1999), es una formación típica, tanto estructural como florísticamente. Su ambiente físico es diferente denotando diferentes características, con temperaturas promedio menores que en las partes bajas y una constante condensación de niebla. Se encuentra sobre la faja montano-baja, en un rango altitudinal aproximado que va desde los 1.800 a los 3.000 msnm en el norte de las estribaciones occidentales de los

Andes, y de 1.500 a 2.900 msnm en el sur. No existe en las cordilleras de la Costa. En las estribaciones orientales y en las cordilleras amazónicas, va desde 2.000 a los 2.900 msnm en el norte y de los 1.800 a los 2.800 msnm en el sur.

La superficie cubierta por los bosques andinos ha sido estimada en 2, 983,63 has, con una tasa de deforestación de 13.000 ha anuales (De la Torre, Navarrete, & Muriel, 2008).

No obstante, cabe resaltar que la tasa anual de deforestación en el Ecuador Continental para el período 1990 – 2000 fue de 0,65% y para el período 2000 – 2008 fue de 0,58% (MAE, 2013), no existe aún un cálculo de la tasa de deforestación por ecosistema para emitir un dato más preciso de la deforestación actual de este ecosistema (Ayala Recalde & Camacás Tenganán, 2019).

2.2.5 Bosque Montano Bajo

Según PALACIOS *et at*., (1999) este tipo de ecosistema encierra una abundante diversidad biológica especialmente florística de la región andina, en las estribaciones orientales estos bosques son continuos y muy húmedos, mientras que en las zonas occidentales son poco extensos y no continuos, con altas pluviosidades. La faja del bosque siempreverde occidental es menos húmeda y más estrecha, terminando en el departamento de Tumbes en el Perú cerca de la frontera con Ecuador (Lagla Toapanta, 2016).

2.3 Características de un bosque primario, secundario y silvopastura

2.3.1 Bosque primario

Según (FAO, 2012), los bosques primarios muestran dinámicas forestales naturales, tales como una composición natural de especies arbóreas, la presencia de madera muerta, una estructura natural por edades y procesos naturales de regeneración, el área es suficientemente grande para preservar sus características naturales, no presentan intervenciones significativas del hombre, o bien la última intervención significativa del hombre tuvo lugar mucho tiempo atrás habiendo permitido el restablecimiento de la composición natural de las especies arbóreas y de los procesos naturales.

2.3.2 Bosque secundario

Según (CATIE, 2016) los bosques secundarios son una vegetación leñosa en estado de sucesión ecológica originalmente destruida por el hombre, constituye un componente creciente del uso de la tierra y la cobertura forestal, y han sido una fuente

importante para el suministro de una amplia gama de bienes y servicios de los ecosistemas. De hecho, en el Informe de Evaluación de Recursos Forestales (FAO, 2015), el área de bosques naturalmente regenerados (bosques secundarios) asciende a 2337 millones de hectáreas a nivel mundial y constituye el 58% del área forestal global.

2.3.3 Silvopastura

Según (Lam, 2016), silvopastura es una combinación de árboles, arbustos forrajeros y pastos, en este sistema se quiere una administración de estos recursos de manera que perduren en el tiempo los árboles y arbustos, así como su aprovechamiento en la alimentación animal. La importancia de los mismos es que pueden aportar mucho en mantener una cobertura vegetal continua sobre el suelo, posiblemente haciéndolo más fértil a mediano plazo, además, trae beneficios verificables en la producción animal (Araujo & Gomez, 2020)

2.3.4 Estructura horizontal y vertical de un bosque

Burne *et al.*, (2003) define a la estructura de un bosque como *"(…) las relaciones morfológicas y espaciales que existen entre los elementos bióticos y abióticos que la componen (…)"*, para estudiar la estructura de un bosque se consideran esencial las variables dendrométricas e índices estructurales (altura, diámetro, área basal, altura comercial, el fuste, entre otros), así como características ambientales (Mora *et al*., 2016). Todo análisis estructural permite un estudio detallado de las comunidades vegetales, este análisis debe comprender los estudios sobre la estructura horizontal (densidad, frecuencia y dominancia) y la estructura vertical (posición sociológica) de un bosque (Acosta, Araujo, & Iturre, 2006). Para evaluar la estructura vertical comúnmente se aplica la metodología propuesta por Camacho & Plonczak (2012) y Finol (1971), lo cual considera conjuntamente latizales, árboles y palmas para tener una descripción sobre el piso que naturalmente ocupan las especies en la masa forestal. Se calcula la densidad y el valor fitosociológico de cada especie. La sumatoria de los valores fitosociológicos de cada especie permite calcular el valor fitosociológico y comparar sus valores. El plano vertical se divide en sub-estratos o pisos para caracterizar su distribución a través del índice de posición sociológica relativa. El sub-estrato es la porción de la masa forestal contenida dentro de determinados límites de altura: inferior entre 4–16 m de altura), medio de 16–23 m de altura y superior: > 23 m de altura, según Melo & Vargas (2003).

Jayakumar *et al.*, (2011) definieron a la estructura vertical de un bosque como *"(…) la distribución de los individuos que conforman la comunidad en relación a sus alturas, cuya descripción implica el reconocimiento de estratos en los que se agrupan árboles de tamaños similares (…)".* Uno de los parámetros que ayuda a caracterizar la estructura vertical es la posición sociológica, la misma que representa una expresión de la expansión vertical de las especies. Para poder determinar la posición sociológica de las especies, es necesario en primera instancia determinar las clases de estratos o alturas de los árboles. Una especie tiene su lugar fortalecido en la estructura y composición del bosque cuando se encuentra representada en todos los subestratos (Acosta *et al*., 2006). Para estimar la posición sociológica se asigna un valor fitosociológico a cada subestrato, el cual se obtiene dividiendo el número de individuos en el subestrato por el número total de individuos de todas las especies (Finol H. , 1976).

La estructura horizontal se evalúa en términos de densidad, área basal y cobertura arbórea (%) para determinar la superficie ocupada por los árboles del dosel de sombra y su distribución según clases diamétricas (Ramos & Plonczak, 2007). Uno de los parámetros que tradicionalmente se emplea para evaluar la estructura horizontal de un bosque es el índice de valor importancia ecológica (Curtis & McIntosh, 1950) a través de los valores de abundancia, dominancia y frecuencia relativa.

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema (Alvis, 2009). El análisis de la estructura horizontal cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás y muestra cómo se distribuyen espacialmente, para este análisis se determinan diferentes parámetros, entre los que se consideran índice de valor de importancia (IVI), frecuencia, abundancia, dominancia, coeficiente de mezcla, riqueza.

Acosta *et al.*, (2006) indican que *"(…) la densidad o abundancia mide la participación de las especies en la masa en términos absolutos y relativos (…)",* mientras que la abundancia relativa es *"(…) el número total de individuos por unidad de superficie pertenecientes a una determinada especie (…)",* con la abundancia relativa puede indicarse la participación de cada especie, en porcentaje, en relación al número total de árboles de la parcela que se considera como el 100%.

La dominancia de una especie es un indicador de la potencialidad productiva de la especie, y se la calcula a partir del área basal. Acosta *et al.,* (2006) definen a la dominancia de una especie como *"(…) la suma de las proyecciones horizontales de los individuos (…)",* el grado de dominancia proporciona una estimación de la influencia que una especie tiene sobre las demás (Aguirre, 2013), lo que sugiere que las especies que poseen una dominancia alta podrían ser aquellas que están mejor adaptadas a los factores físicos del ecosistema. Según Acosta *et al.,* (2006) la dominancia absoluta se calcula por la suma de las secciones normales de los individuos pertenecientes a cada especie; y, la dominancia relativa se calcula en porcentaje para indicar la participación de las especies en relación al área basal total.

La frecuencia determina la distribución espacial de las especies, es decir estima el grado de dispersión. Se pueden medir dos tipos de frecuencias la absoluta y relativa. Acosta *et al.,* (2006) indica que la frecuencia absoluta es *"(…) el porcentaje de ocurrencia de una especie en una determinada área (…)",* mientras que la frecuencia relativa es *"(…) la suma total de las frecuencias absolutas de una parcela, que se considera igual al 100% (…)".*

La abundancia, dominancia y frecuencia son parámetros estructurales que caracterizan la composición florística de forma individual en una especie. Para tener una caracterización de la estructura florística que señale la importancia de cada especie dentro de un conjunto (bosque), se combinan estas variables en una sola expresión que se denomina índice de valor de importancia (IVI), este índice se calcula a partir de la suma de los valores relativos de abundancia o densidad, dominancia y frecuencia de cada especie (Acosta *et al.,* 2006). El IVI es reconocido tradicionalmente como uno de los parámetros que más contribuyen para determinar cuan significativa puede ser una especie dentro de una comunidad (Dezzeo, Maquirino, Berry, & Aymard, 2000).

2.4 Diversidad de especies

Existen tres razones por las cuales, en el mundo científico, ecólogos principalmente muestran un gran interés por estudios de diversidad. La primera razón; la diversidad sigue siendo un tema central en ecología, y a pesar de que han pasado más de 130 años en que Thoreau documentó los primeros modelos de variación espacial y Clemens lo hizo en 1916, sobra decir que estos modelos continúan estimulando las mentes de científicos ecólogos (Currie, paquin 1987, May 1986). Segunda razón; las medidas de diversidad frecuentemente aparecen como indicadores del buen funcionamiento del

sistema, y Tercera razón; la existencia de notables debates sobre la medición de la diversidad.

El problema se ha agudizado por la extensa propuesta de índices y modelos para medir la diversidad, así pues, se piensa que con tanta complejidad se ha llegado a definirla como un "no concepto" (Hurlbert, 1971). Hoy en día el término diversidad es una condición de la variedad o diferencia entre miembros de una colección. De tal forma que una población puede presentar diversidad de especies en su composición, estructura de edad, desarrollo, y composición genética, entre otras (Daniel, 1998).

La dificultad de definir la diversidad estriba en dos elementos: la variabilidad y la abundancia relativa de especies. Magurran (1988), propone tres categorías para las medidas de diversidad: Primera. - Índice de riqueza de especies (número de especies en unidad de muestra definida). Segunda. - Modelos de abundancia de especies, describen la distribución de su abundancia y van desde aquellos (modelos) que se caracterizan por una elevada uniformidad hasta en los que la abundancia es muy desigual, y Tercera. - Índices basados en la abundancia proporcional de especies. Índices Shannon, Simpson, (Independientes del espacio). Tomando en cuenta estas tres categorías y profundizando en su conocimiento es posible elegir el tamaño de muestra correcto, definir el área de estudio y seleccionar la técnica apropiada para medir la abundancia.

Es importante tratar a la diversidad de especies como sinónimo de diversidad ecológica, en las primeras fases de un trabajo de investigación y conforme avance se observará que la diversidad de especies no es la única ciase de diversidad ecológica. Los procedimientos para medir la diversidad en muchos de los casos se minimizan, por ello es importante conocer los fundamentos teóricos-prácticos de las fortalezas y futuros de la estadística ecológica. La definición de estadística ecológica conlleva a innumerables interacciones entre especies, y entre especies y comunidades; pero básicamente es interesante observarla como dinámica poblacional y patrón de la comunidad. La aproximación experimental presupone que la comunidad es subjetiva en la manipulación experimental. Esto puede ser posible al dividir a la comunidad en estudio en proporciones de repetición con varios tratamientos y el control puede ser impuesto, sin embargo, cualquier diferencia detectada en la respuesta de medición puede ser atribuida a los tratamientos experimentales (Ludwig & Reynolds, 1988).

Finalmente dado el gran número de índices y modelos es difícil decidir cuál es mejor método para medir la estructura arbórea. Un buen sistema de elección es el de comprobar el comportamiento (índice y/o modelo) sobre un grupo de series de datos. Existen dos enfoques para ello. Primero, utilizando datos ficticios es posible observar la reacción en los dos principales componentes de la diversidad: riqueza de especies y uniformidad. Segundo abordar directamente la respuesta de las medidas de diversidad frente a la abundancia de especies a partir de una comunidad ecológica genuina. Un método más científico de seleccionar el índice de diversidad se basa en si cumple en ciertas funciones o criterios como capacidad de discriminación entre localidades, componentes de diversidad que se están viviendo, dependencia sobre el tamaño muestral y sí el índice es ampliamente usado y sus propiedades conocidas (Magurran, 1989). En resumen, la posibilidad de medir la diversidad estriba en registrar el número de especies, describiendo su abundancia o usando una medida que combine los dos componentes. Las medidas de diversidad consideran dos factores: riqueza de especies, definida por el número de especies presentes y la uniformidad (equitatividad o equidad) de los mismos, esto es en qué medida las especies son abundantes proporcionalmente (Barrera & Valdes, 2007).

2.5 Relevancia de la estimación de la biomasa aérea

Los bosques tropicales albergan gran variedad de biodiversidad plantas y animales, los cuales almacenan grandes cantidades de carbono que cualquiera de otros ecosistemas terrestres. Sin embargo, estos ecosistemas están siendo modificados en grandes tasas de deforestación ocasionando cambios en el uso del suelo y cobertura destruyendo de esta forma los almacenes de carbonos, los cuales son liberados a la atmósfera produciendo desestabilización y alteraciones en el clima (Chavez, 2016).

Según Concha *et al.,* (2016) el aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial y se considera como uno de los seis principales gases que intervienen en el efecto invernadero (GEI), el cual está contribuyendo en el cambio climático.

Según Brown *et al*., (1997) los bosques como sumideros y fuente de CO_2 (dióxido de carbono) han ganado gran interés e importancia debido a la creciente preocupación mundial sobre el medio ambiente y el calentamiento global, por su capacidad de contener y trasformar el CO_2, el cual hace parte de los gases de efecto invernadero (GEI) más importantes producidos por las actividades humanas. En la actualidad más del 30% de las

emisiones de dióxidos de carbono resultan de la degradación de los bosques, por lo tanto, se han visto en la necesidad actual de conservar los bosques para reducir el aumento del dióxido de carbono a la atmósfera donde el punto de partida son las estimaciones de biomasa en los ecosistemas (Aguilar, 2016).

Dada la relevancia de los bosques como reguladores del cambio climático, es necesario conocer la capacidad de acumulación de biomasa aérea y por ende la capacidad de captura de carbono en los tipos de bosques con el propósito de mitigar o reducir los efectos del dióxido de carbono en el medio ambiental y social. Los estudios de estimaciones de biomasa tienen como objetivo principal determinar los montos de carbono y deducir la cantidad que puede ser liberada a la atmósfera conservando los ecosistemas para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero (Schlegel, 2001).

El aumento de las concentraciones de carbono y su repercusión en el cambio climático global sugiere la necesidad de determinar la cantidad de carbono almacenado en los bosques, una de las alternativas es la captura y almacenamiento de carbono para evitar las emisiones del sector energético no sean directamente enviadas a la atmósfera capturando en las centrales térmicas y enterrándolo en el subsuelo, esto es una tecnología que genera incertidumbre y cuya viabilidad aún no se encuentra acreditada pero constituye un pretexto para justificar la construcción del peor enemigo el clima (Ordóñez *et al*., 2015).

La medición de biomasa aérea en cualquier componente de un ecosistema requiere de análisis de estimaciones directos o indirectos del material vegetal para determinar las inferencias respectivas, cuando se desea estimar la biomasa aérea de los árboles se debe contar con funciones que estimen la biomasa total en base a la función del tamaño y dimensión de los árboles, utilizando funciones matemáticas en relaciones alométricas que ocurren entre los órganos de un individuo (Valdivia, 2009).

Existen tres métodos comúnmente usados para estimar la biomasa, volumen y captura de carbono en bosques, se encuentra el método tradicional, directo e indirecto:

El método tradicional es basado en los datos del volumen comercial, a partir de información básica de los inventarios, densidad de la madera y factor de expansión de biomasa (FEB), puede aplicarse en bosques densos, secundarios o maduros

(correspondientes a climas húmedos y semiáridos). La biomasa se estima a través de la siguiente ecuación (Lerma & Orjuela, 2014).

BA= VC*D* FEB

Dónde:

BA: Biomasa aérea (t/ha)

VC: Volumen comercial (m3)

D: Densidad de la madera (t/m3)

FEB: Factor de expansión de la biomasa

Para realizar la estimación de biomasa aérea mediante ecuaciones alométricas se necesita de muestreo de un número de árboles para relacionar las variables tales como diámetro, altura comercial, crecimiento diamétrico, área basal y la densidad específica de la madera (Chavez, 2016).

2.6 Conceptualización de las principales propiedades físicas del suelo

La condición física de un suelo determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes (Ruck *et al*., 2004). Estos autores sostienen que existe la necesidad de conocer dichas propiedades por parte de las personas involucradas con el uso de este recurso, de esta manera se puede entender la magnitud y de qué forma influyen en el crecimiento de plantas y el papel de la actividad humana en la modificación de estas propiedades.

Orsag (2010) define a la textura como el porcentaje de limo, arena y arcilla contenido en un suelo. También sostiene que, debido a la combinación, en proporciones disímiles, entre sí de estas fracciones, dan una variada fertilidad al suelo, ya que, a su vez, cada una de estas posee una cualidad distinta para transmitir agua, aire, nutrientes, entre otros o bien, retenerlos. Para tener un suelo con una buena fertilidad, este debe tener equilibradas las proporciones de arena, limo y arcilla ya que, en su dependencia, puede existir una relación óptima entre los poros capilares, encargados de la retención del agua, y los no capilares, cuya función es permitir el paso del agua y aire eficientemente.

En el espacio poroso se distinguen los macroporos, responsables de la aireación, el crecimiento de las raíces y el drenaje, ya que en este último carecen de aptitud para retener

agua contra la fuerza de la gravedad, y los microporos que retienen el agua necesaria para las plantas. La suma de estos constituye la porosidad total en el suelo. A continuación, se detalla la metodología utilizada en este estudio para determinar esta característica del suelo, mediante sus densidades real y aparente

La densidad aparente del suelo, precisan Ruck *et al*., (2004), es la relación existente entre el peso seco de una muestra de suelo a 105°C y el volumen que esta ocupe en el suelo. Reyes (2010) argumentan que, como consecuencia de aplicar una carga o presión sobre el suelo, se genera un aumento en la densidad aparente del mismo, lo cual produce el efecto de compactación. Esta hipótesis coincide con lo que manifiesta Orsag (2010) respecto que la compactación surge como consecuencia del aumento de la densidad aparente que a su vez es provocada por fuerzas o presiones ejercidas sobre el suelo como el uso intensivo de maquinaria agrícola en suelos húmedos, y el sobrepastoreo de animales. Rubio (2010) cita que los cambios de densidad aparente se traducen en cambios de la estructura del suelo por la relación que existe entre esta y la porosidad total. También menciona que es un indicador de la compactación y la capacidad de infiltración, estos influyen en la circulación de agua y aire en el suelo y en el crecimiento de las plantas. La densidad aparente se expresa comúnmente en gr/cm3, y se la calcula por medio de la siguiente ecuación.

$Dap = Wss / Vt$ [2.1]

Dónde: Dap = Densidad aparente (gr/cm3)

Wss = Peso del suelo seco (gr)

Vt = Volumen total (cm3)

USDA (1999) indica que la densidad aparente del suelo puede servir como un indicador de la compactación y de las restricciones al crecimiento radicular

Reyes (2010) define a la densidad real como la relación entre la masa total de las partículas sólidas y el volumen total de las mismas, descartando el volumen ocupado por los poros entre las partículas. Se suele expresar en gr/cm3. A pesar de que tiene sus métodos de estimación, algunos autores como Plaster (2004), consideran que la mayoría de los suelos poseen un valor promedio de aproximadamente 2,65 g.cm-3 ya que este parámetro es menos variable que la densidad aparente. Esta teoría concuerda con los autores De Leenheer (1967) y De Boodt (1965) citados por Rucks *et al*., (2004) quienes

mencionan que la densidad real está alrededor del mismo valor en suelos donde los minerales pesados no se encuentran en cantidades anormales.

Finalmente se puede calcular la porosidad total del suelo a partir de la densidad aparente y la real empleando la siguiente fórmula:

$\%\ de\ Poros = 100 - Dap\ (gr/cm3)\ /\ Dr\ (gr/cm3)\ x\ 100$ [2.2]

La conductividad hidráulica según Forsythe (1985), es la habilidad que posee el suelo para permitir el flujo del agua en condiciones de saturación y su determinación en el suelo se considera la forma más exacta de evaluar la clase de permeabilidad. Es una de las características físicas más importantes del suelo, ya que es un indicador de la capacidad para transmitir agua e indirectamente oxígeno en el suelo.

La infiltración según Martínez et al., (2006) es la máxima cantidad de agua de lluvia que puede absorber el suelo en un determinado tiempo. La velocidad con la que el agua es absorbida depende de factores como el espesor, humedad, cobertura vegetal, textura y pendiente del suelo. Además, esta propiedad física del suelo es uno de los principales componentes del ciclo hidrológico. Si los suelos están degradados, es decir: si tienen su capacidad de infiltración mermada, estos suelos están abocados a desertificarse. El contenido de humedad es la relación que existe entre en el peso de agua contenida en la muestra en estado de humedad, es decir, sin alterar y el peso de la muestra seca después de haber pasado por el horno a una temperatura de entre 105°-110°C. Al resultado del cociente se lo multiplica por 100, obteniendo así un valor en porcentaje, por esta razón a esta propiedad física se la conoce como porcentaje de humedad. (Montano & Solorzano, 2015)

2.7 Conceptualización de las principales propiedades químicas del suelo

Estas se refieren a condiciones que influyen en las relaciones suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo, disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y microorganismos Bautista et al., (2004). Entre las más comunes que sirven como indicadores están el pH, la materia orgánica, nutrientes del suelo, salinidad y capacidad de intercambio catiónico.

El pH del suelo se mide o se determina con el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno que se encuentran en el suelo, por lo general haciendo una solución con el mismo.

$$pH = -\log [H+]$$

Según Dorronsoro *et al*., (2004) cuando el pH es de 6-7,5, se dan las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas. Los factores que hacen que el suelo tenga un determinado valor de pH son diversos, fundamentalmente. Este parámetro sirve como un indicador de la acidez del suelo. La capacidad de intercambio catiónico (C.I.C), Manifiesta la FAO (2015), es la medida de todas las cargas existentes en la parte superficial de los minerales, estas de tipo negativa, y en los componentes orgánicos del suelo como arcilla, sustancias húmicas y materia orgánica. Su valor, nos revela la aptitud de un suelo en cuanto a la retención de cationes, cuán disponible, y en qué cantidad, están los nutrientes a las plantas, pH entre otras.

La FAO (2015) señala que son 16 los nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas, catalogados como macro y micronutrientes. La cantidad de estos en el suelo, determinan el potencial que este tiene para la alimentación de organismos vivos. Molina (2002) menciona que la Materia orgánica del suelo, es el resultado de residuo de plantas y animales agregados al suelo. Las plantas se benefician de esta propiedad ya que influye en su crecimiento al optimizar algunas otras propiedades físicas, químicas y microbiológicas. Reyes *et al*., (2010) lo describen como un componente coloidal del suelo, y mencionan que el humus, es una fracción, la más fina, de la materia orgánica que ha pasado por un proceso de transformación. El concepto de Carrasco (1981) citado por Reyes *et al*., (2010) coincide en que esta se origina a partir de la continua transformación de residuos animales y vegetales, involucrando a los microorganismos que se alimentan de dichos residuos para su desarrollo.

Los suelos con valores por debajo del 2% de materia orgánica, dice Molina (2002), tienen un bajo contenido, los que están en un rango de 2 a 5% poseen un contenido medio, por lo que expresa que el valor de esta sea por encima del 5%.

Según USDA (1999), la conductividad eléctrica (C.E) indica la presencia de sales en el suelo, cabe recalcar que todos los suelos poseen sales y que estas son esenciales para el desarrollo de las plantas, las mediciones de conductividad eléctrica detectan los aniones o cationes (sales) realizando una solución del suelo estudiado. El exceso de sales se puede dar de forma natural y también como resultado del uso y mal manejo del suelo. (Montano & Solorzano, 2015)

2.8 Bases teóricas de la Ecología de la restauración

Para hablar del nuevo concepto o tema de la "Ecología de la restauración" es fundamental recordar que se entiende por ecología en el contexto de las ciencias puras y específicamente de la biología. De acuerdo con Stiling (1996) y Chapman & Reiss (2001) es definida como "la ciencia que estudia los organismos vivos, sus interacciones y las interacciones con el entorno". Por su parte la ecología de la restauración toma los conceptos de la ecología básica y los provee de manera clara a los técnicos de la restauración junto con los modelos, herramientas y métodos (Bradshaw, 1993; Cairns, 1993; Clewell, 1993; SER, 2004). En conclusión, la ecología de la restauración puede ser definida como la rama de la ecología que estudia las áreas disturbadas en proceso de restablecimiento de manera natural o asistida.

La "Restauración ecológica" se considera como: "el proceso de asistir el recubrimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. En la restauración ecológica se tiene como objetivo el restablecimiento de la función y la estructura de las áreas que han sido disturbadas, utilizando como referencia los ecosistemas predisturbio" (National Research Council, 1992; SER, 2004).

Para fortalecimiento de la ecología de la restauración en Ecuador se hace necesario implementar experimentos que ayuden a entender cómo se ensamblan y funcionan los componentes de los compartimentos de los ecosistemas y, en general, del ecosistema en proceso de restablecimiento. En este sentido, cuando se desarrolla un proyecto de investigación es indispensable considerar los niveles jerárquicos supraorganísmicos, (especie, población, comunidad, ecosistema, paisaje y bioma) y la escala espacial y temporal. A nivel espacial pueden presentarse eventos que suceden en áreas pequeñas (hasta una hectárea) y en áreas grandes (mayores de 10 hectáreas), mientras que a nivel temporal existen eventos que pueden presentarse en fracciones de segundos, días, meses, años, siglos y milenios (Barrera Cataño & Valdes Lopez, 2007).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Localización

El área de estudio se localizó en tres sectores de la zona baja en la Comunidad Cotococha en el cantón de Pastaza de la microcuenca del río Puyo, que corresponde a un bosque primario, bosque secundario y un sistema silvopastura, ubicado dentro de la circunscripción demográfica del río Pastaza, enmarcado sus limitaciones en las parroquias de Madre tierra, Pomona en la comunidad Lisan Wasi (Figura 1).

Los límites del área de estudio son: Norte: Napo; Sur: Morona Santiago; Este: Pastaza; Oeste: Tungurahua.

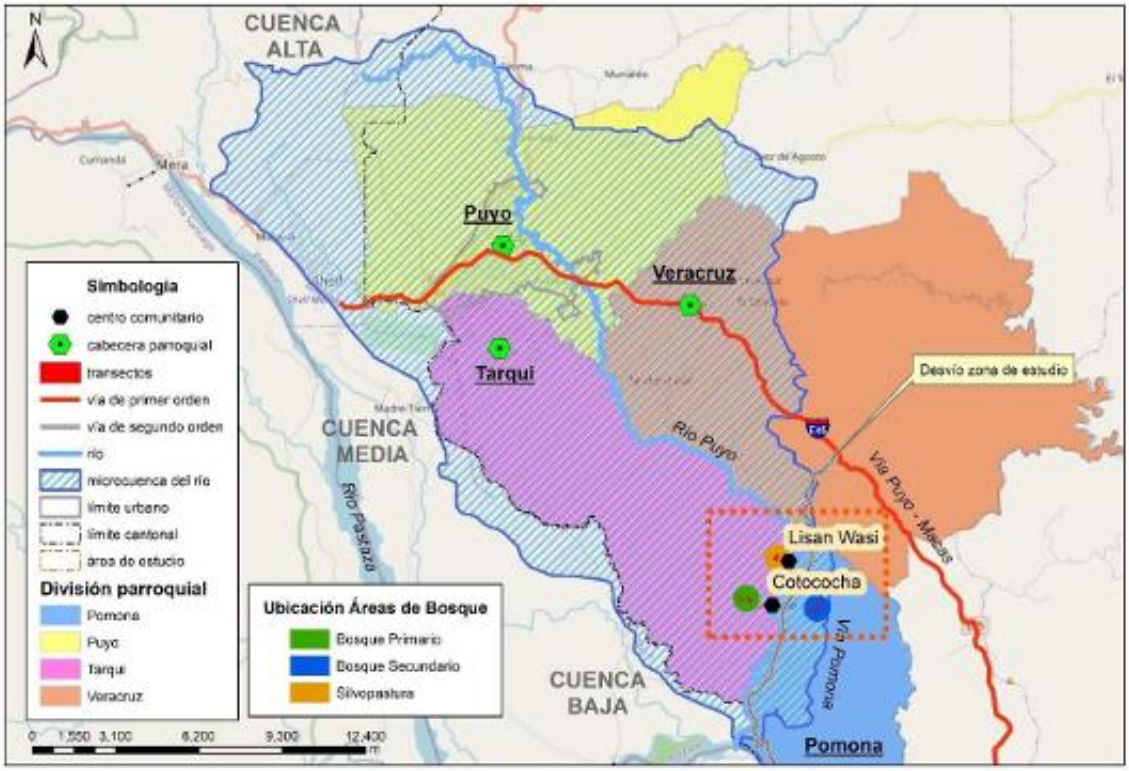

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio.

Las condiciones climáticas que predominan dentro en el área de estudio corresponden a un clima tropical húmedo, su temperatura media anual de 21,3°C y su precipitación anual de 4119 mm. De enero a abril se da la precipitación más baja y de mayo a julio la más alta, cuenta con una altitud promedio de 1100 msnm (INAMHI, 2013).

En el 2018 como partes de las actividades iniciales del proyecto se instalaron 30 transectos en la zona baja de 0,1 ha en las siguientes coordenadas y altitudes (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los transectos

Zona Baja bosque siempreverde piemontano				Coordenadas Geográficas	
Transectos	Uso de suelo	Zona y banda	Altitud	Longitud	
BP1	Bosque primario	18S	932	842795.45	9822057.73
BP2	Bosque primario	18S	935	842718.79	9822176.97
BP3	Bosque primario	18S	941	842653.05	9822136.65
BP4	Bosque primario	18S	944	842485.64	9822136.65
BP5	Bosque primario	18S	956	842341.07	9822289.10
BS1	Bosque secundario	18S	979	845037.86	9821726.08
BS2	Bosque secundario	18S	965	845086.07	9821793.95
BS3	Bosque secundario	18S	968	845223.15	9821812.55
BS4	Bosque secundario	18S	970	845262.34	9821874.44
BS5	Bosque secundario	18S	967	845254.87	9822054.50
SP1	Silvopastura	18S	880	844266.09	9823903.73
SP2	Silvopastura	18S	875	844266.24	9823953.74
SP3	Silvopastura	18S	883	844308.31	9823975.62
SP4	Silvopastura	18S	881	844290.52	9824048.69
SP5	Silvopastura	18S	878	844339.62	9824081.55

3.2 Tipo de investigación

Esta investigación fue de carácter descriptivo y analítico donde se consideró una base de datos de Excel de un inventario florístico perteneciente al proyecto" Restauración forestal de la microcuenca del río Puyo mediante nucleación como contribución a los servicios ecosistémicos", lo que permitió describir, analizar e interpretar como se comportan los factores ecológicos y estructurales del bosque, así como sus propiedades edáficas. Dentro del conjunto de variables que se describieron en esta investigación se encuentran:

Estructura ecológica del bosque:

- Posición sociológica absoluta y relativa (presencia de especies en los estratos)
- Clases diamétricas
- Índice de valor de importancia ecológica (IVI)
- Cociente de mezcla
- Diversidad de especies

Stock de biomasa:

- Biomasa aérea acumulada Mg/ha
- Índice de valor de importancia de biomasa

Edáficas:

- Nutrientes
- Materia orgánica
- pH
- Densidad aparente
- Porosidad total
- Porosidad de retención
- Conductividad hidráulica

3.3 Diseño de la investigación

Para el desarrollo de este trabajo se tomó información de un inventario mediante la técnica del muestreo sistemático que consistió en ubicar el punto de inicio para la ubicación de los transectos y a partir de este a intervalos de 100 m lineales se establecieron los demás transectos. El establecimiento de los transectos fue a partir de la metodología planteada por Aguirre (2013) realizado en la zona baja de la microcuenca del río Puyo, donde se realizó la identificación botánica en el cambo de todos los árboles mayores o igual a 10 cm con el apoyo de un experto en flora amazónica se llevó acabo la identificación, para lo cual se diseñó el levantamiento de las parcelas de la siguiente manera (Figura 2).

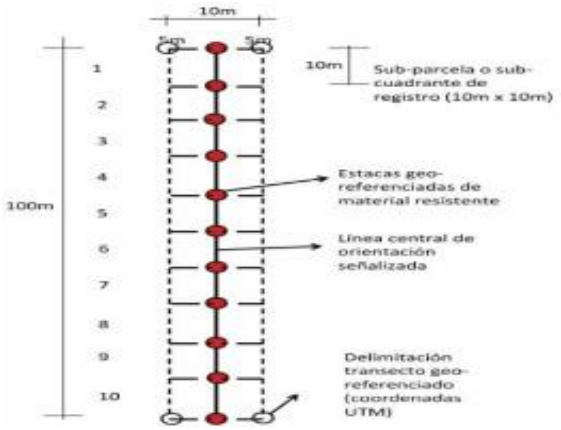

Figura 2. Diseño de las parcelas del inventario florístico.

3.4 Métodos de investigación

En esta investigación se utilizaron métodos de observación y medición. A partir del método de observación se analizarán las características de los tres sistemas de bosque primario, secundario y silvopastura. Los datos medidos en campo permitieron analizar la estructura, diversidad, el potencial de carbono y las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

3.4.1 Metodología para el estudio de los patrones de estructura y diversidad en tres usos de la tierra

Para determinar los patrones de estructura, diversidad y carbono de cada sistema de bosque se tuvo en cuenta la base de datos obtenidas del inventario florístico donde se registraron todas las especies e individuos con diámetros mayores o igual a 10 cm. La estructura horizontal y vertical se determinó a partir del comportamiento de los parámetros ecológicos.

3.4.1.1 Estratificación vertical

Para conocer la composición florística a partir de la lista de todas especies e individuos distribuidos en cada transecto con criterio de d1.30 ≥ 10 cm se tuvo en cuenta los estratos que conforman el dosel superior, intermedio y el sotobosque según los criterios de Godínez & López (2002).

Sotobosque h ≤ 10 m

Dosel intermedio h > 10 m ≤ 20 m

Dosel superior h > 20 m

Se determinó la posición sociológica relativa (PSr) de cada especie como porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos, a través de la metodología de Finol (1976), mediante el cual se asignó un valor fitosociológico a cada subestrato, el cual se obtuvo de dividir el número de individuos en el subestrato por el número total de individuos de todas las especies (VF=n/N), siendo:

VF= Valor Fitosociológico del subestrato; n= número de individuos del sub-estrato; N= número total de individuos de todas las especies.

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

Dónde:

PSa= Posición sociológica absoluta

VF= Valor fitosociológico del sub-estrato

n= número de individuos de cada especie

i: inferior; m: medio; s: superior

3.4.1.2 Estructura horizontal

La estructura horizontal permitió evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque, se evaluó a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema.

3.4.1.3 Cociente de mezcla

Se determinó como parámetros de la estructura horizontal el cociente de mezcla (CM), el cual expresó la homogeneidad o heterogeneidad de la composición florística del área en

evaluación, y se calculó dividiendo el número de especies entre el número de árboles o individuos (Lamprecht, 1990). El parámetro indica que cuanto más grande es el denominador, el bosque es más homogéneo y viceversa, cuanto más pequeño el bosque es más heterogéneo. Se determina a través de la siguiente expresión:

CM= Número de especies/Número de individuos

3.4.1.4 Índice de valor de importancia

Según Aguirre & Aguirre (1999), el índice de valor de importancia (IVI), indica que tan importante es una especie dentro de la comunidad. Las especies con IVI más alto significa que son dominantes ecológicamente: que absorbe muchos nutrientes, ocupa mayor espacio físico, que controla en un porcentaje alto la energía que llega a este sistema. Este índice sirve para comparar el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema. Se calculará mediante la metodología de Melo & Vargas (2003) y Bascope & Jorgensen (2005). Este índice permitió comparar el peso ecológico de las especies dentro de la comunidad vegetal (Alvis, 2009). Para calcular este parámetro se utiliza la fórmula:

$IVI = AR + DR + FR$

Abundancia absoluta (Aa): Expresa el número total de individuos perteneciente a una determinada especie existente en el área de estudio.

Abundancia relativa (Ar): Se determina la abundancia absoluta de cada especie expresada en porcentaje, ecuación:

$Ar = Aa/At * 100$

Dónde: Aa =Número de individuos de cada especie, At = Abundancia total

Frecuencia absoluta (fa): Está dada por el número de unidades de registro por especie en las que se encuentra una especie.

Frecuencia relativa (fr): Se determinó la frecuencia relativa a partir de la siguiente fórmula:

$Fr = Fa/Ft * 100$

Dominancia absoluta (Da): Es la suma total de las áreas basales de los individuos por especie.

Área basal (AB): Para determinar el área basal se utilizó la siguiente fórmula:

$AB = 0.7854 * D1.30$

D1.30 =diámetro a la altura del pecho (m)

Dominancia relativa (Dor): Es el valor expresado en porcentaje de la dominancia absoluta:

$Dr = Da/Dt * 100$

Dónde:

Da = Dominancia de la especie

Dt =Dominancia total

3.4.1.5 Medida de diversidad de especies (escala alfa y beta):

Diversidad alfa

Se determinó el índice de Shannon como medida de diversidad y Simpson que expresa la dominancia, con el uso del programa Biodiversity profesional, mediante la siguiente expresión (Margalef, 1995):

Shannon

$H' = -\sum pi \ln pi$

Simpson

$\lambda = \sum pi^2$

Diversidad beta

Se estimó la diversidad beta como grado de cambio o reemplazo de la vegetación a partir del coeficiente de similitud de sorensen. El coeficiente de sorensen se calculó de la siguiente manera:

Sorensen

$Is = 2c/a + b$

Dónde:

a= número de especies presentes en el bosque primario

b= número de especies presentes en el bosque secundario

c= número de especies presentes en ambas zonas

3.4.1.6 Metodología para la determinación de biomasa aérea y carbono en tres usos de la tierra

Se determinó la biomasa aérea a partir de la ecuación de Chave *et al*., (2005), utilizada para bosques tropicales:

$$\boldsymbol{AGB} = \rho \times exp\,(-1.499 + 2.148(DBH) + 0.207((DBH))^2 - 0.0281(ln(DBH))^3)$$

ρ= densidad específica de la madera en g/cm3

DBH= todos los árboles ≥ 10 cm de diámetro a la altura del pecho

AGB= biomasa en kg de masa seca.

Se utilizó datos de densidad específica de madera de las especies de estudios desarrollados en el área local. En casos donde la densidad específica no estuvo disponible se utilizó la media global (p) para América del Sur tropical (0,632 g/cm^3) (Chave *et al*., 2014).

Se estimó el contenido de carbono por hectárea a través del método de (Service, 2008) estimación indirecta de la biomasa aérea obtenida por cada uso de suelo (Bosque primario, secundario y sistema silvopastura). Se estima que aproximadamente el 50% de la biomasa vegetal corresponde al carbono, por lo cual para estimar el carbono almacenado total se multiplica la biomasa total (BT) por el factor de corrección 0,5 en ausencia de información específica (Quiceno *et al*., 2016). Para ello se empleará la siguiente ecuación:

CBT = BT * FC (0.5)

Donde:

CBT = carbono almacenado (mg/ha)

BT = biomasa total (mg/ha).

FC= Factor de corrección (0,5)

Se utilizó el índice de valor de importancia de biomasa (BIV) propuesto por (Valdivia 2009 y Torres *et al*., 2019) el cual relaciona la biomasa acumulada por cada especie botánica para determinar las especies que tienen mayor peso ecológico a partir de la suma de abundancia relativa (ARF) dominancia relativa (DRF) y biomasa relativa (BRF), cuya expresión es:

BIV = ARF + DRF + BRF

BIV= Índice de valor de importancia biomasa

ARF= Abundancia relativa

DRF= Dominancia relativa

BRF= Biomasa relativa

3.4.2 Metodología para el análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo en tres usos de la tierra.

En cada uno de los transectos establecidos se determinó las propiedades físicas, químicas y biológicas (densidad aparente, densidad real, porosidad, textura, pH, materia orgánica, nutrientes), a partir de la metodología establecida por Bravo *et al*., (2019). Estableciendo un muestreo sistemático establecido en los transectos ubicando cinco puntos de muestreo equidistantes.

Para cada uso, se ubicó una subparcela de 10 x 10 m, en la cual se recolectaron cinco submuestras de suelo a dos profundidades (0 - 10 cm y 10 - 30 cm) y posteriormente homogeneizar para obtener una muestra compuesta por punto para un total de 10 muestras por uso de suelo, para el análisis físicos y químicos. Una vez recogidas las muestras se secan al aire, se trituran para pasar a un tamiz de 2mm. A l mismo tiempo, en la parte central de la subparcela se recolecta una muestra no perturbada con un taladro tipo Uhland para evaluar parámetros físicos.

Análisis físico del suelo

Los porcentajes de arcilla, limo y se midieron utilizando el método del hidrómetro (Gee & Bauder, 1979). Para determinar los atributos físicos del suelo, se toman muestras no perturbadas con cilindros de 5 cm de alto y 5 cm de diámetro. Luego, se midieron las siguientes variables: (a) densidad aparente (BD) usando el método del cilindro (Klute y Page, 1986); (b) conductividad hidráulica saturada (Ksat) utilizando el método de carga variable (Reynolds *et al*., 2020), siguiendo el método de distribución del tamaño de poro (c) porosidad total (TP); (d) (AP: poros de > 15 μ m radio); y (e) porosidad de retención (RP), utilizando el método de tabla de tensión de saturación con - 10 kPa un potencial matricial (Blake y Hartge, 1986).

Análisis químicos del suelo

Los atributos químicos que se evalúa el pH, que se mide por potenciometría (relación suelo-agua 1: 2.5), acidez intercambiable (Al 3 ++ H +) y aluminio intercambiable (Al 3+) extraído con KCl 1 N y titulado con NaCl y HCl, respectivamente (McLean, 1965). El carbono orgánico total (TOC) se mide a través utilizando el método de digestión

húmeda Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1983). P disponibles y cationes extraíbles (K +, Ca 2+, y Mg 2+) se eliminan utilizando la solución de extracción de Olsen. P se midió colorimétricamente utilizando el método del azul de molibdeno, mientras que K +, Ca 2+, y Mg 2+ se determinan utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica (Okalebo, Gathua y Woomer, 2002)

Se realizó un análisis factorial con las propiedades físicas y químicas del suelo, lo cual reflejó el peso de estas variables en el análisis multivariado. Esto fue posible con el uso del SPSS ver. 22.0.

Capítulo 4. Análisis y Resultados

4.1 Patrones de estructura en tres usoS de la tierra

4.1.1 Composición florística

Para el análisis de la composición florística en los tres cambios de uso de la tierra (primario, secundario, silvastura) a partir del inventario florística de cada transecto (anexo 1) establecido en la zona baja de la microcuenca del río Puyo, se comprobó que existe un total de 717 individuos y 176 especies en toda la zona de estudio. La mayor riqueza correspondió al uso de la tierra de bosque primario que representó un total de 335 individuos, 102 especies y 34 familias, le sigue el uso de bosque secundario con 284 individuos, 82 especies y 31 familias, y por último el uso de silvopastura con 98 individuos, 40 especies y 21 familias (Tabla 2) existiendo cambios de bosque primario a secundario y silvopastoril. Esto se corresponde con los criterios descritos por Ter Steege *et al*., (2013).

Tabla 2. Composición florística de tres usos de la tierra (bosque primario, secundario y silvopastura)

Uso de la tierra	Individuos	Especies	Familia
Bosque primario	335	102	34
Bosque secundario	284	82	31
Bosque silvopastura	98	40	21
TOTAL	717		

4.1.2 Estructura vertical

La estructura vertical de la parte baja de la microcuenca comprende alturas promedias con predominio del dosel intermedio h > 10 m ≤ 20 m. El bosque primario tuvo un valor promedio de 15,62 m con un dosel intermedio, bosque secundario de 10,91 m, con un dosel intermedio y bosque silvopastura con un valor promedio de 9,71 m, colocándolo como sotobosque. Se comprobó que solo en bosque primario existen árboles emergentes con alturas mayores a 20 m con un total de 46 individuos y en todos los usos de la tierra el estrato más representado fue el intermedio de 10-20 m, el bosque primario presentó 151 individuo, el bosque secundario 149 individuos y silvopastura 38 individuos (Figura 3). Resultados similares fueron presentados por Samaniego (2015) quien encontró mayor abundancia de especies en el estrato intermedio para un bosque siempreverde piemontano del Parque Nacional Llanganates.

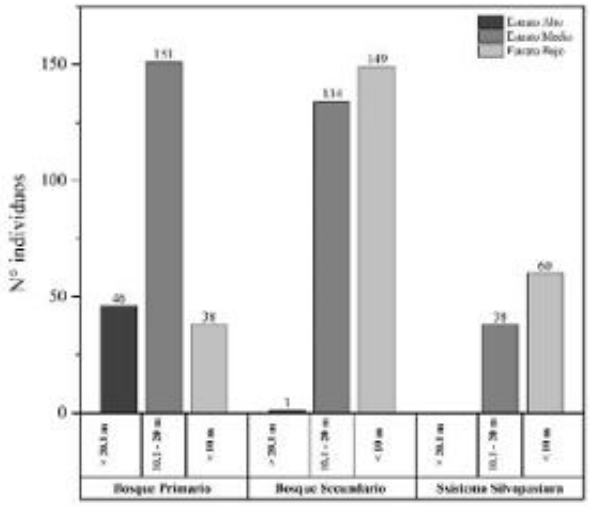

Figura 3. Estratificación vertical de tres usos de la tierra (bosque primario, secundario y silvopastura).

4.1.3 Posición sociológica y valor fitosociológica

La posición sociológica de los tres sistemas de bosque (anexos 2, 3 y 4) permitió conocer las especies más representadas desde el punto de vista vertical. En las (Figura 4, 5 y 6), se muestra la representación de las diez especies con valores mayores de posición sociológica, consideradas especies sociológicamente avanzadas en el curso de desarrollo del bosque, lo que facilitará su permanencia.

La especie más representativa del bosque primario fue *Iriartea deltoidea* con 45,26%, le sigue en orden representativo *Vochysia ferruginea* con 28,16% *Compsoneura capitellata* con 27,15%

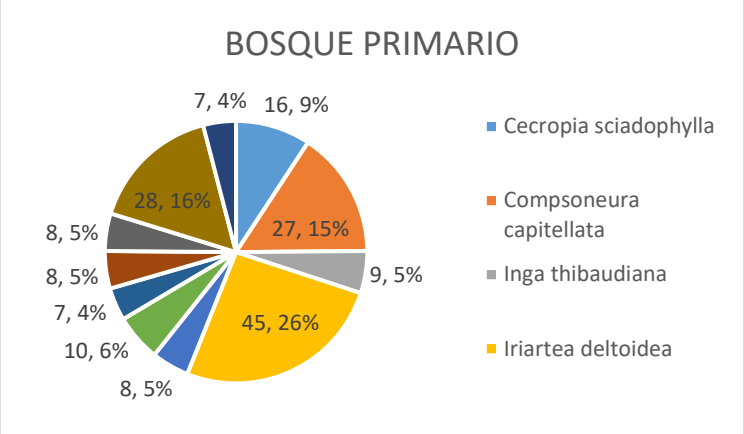

Figura 4. Posición sociológica de las diez especies más representativas de la estructura vertical del bosque primario.

En el bosque secundario la especie *Heisteria acuminata resultó* con un porcentaje de 17,16% siendo la de mayor posición sociológica, seguida por *Miconia multispicata* con 12,11%.

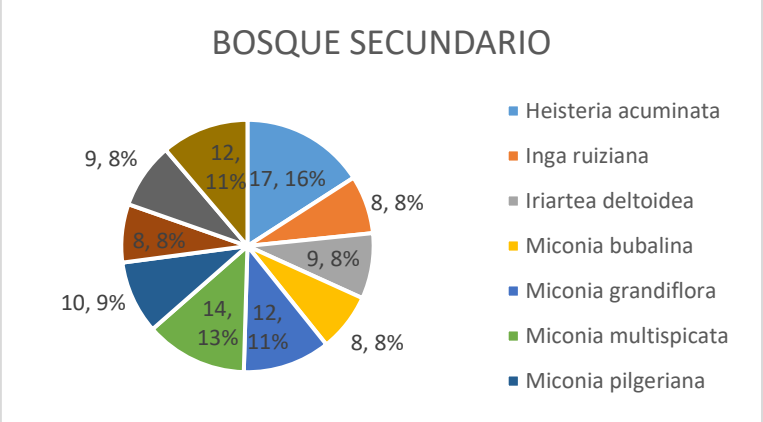

Figura 5. Posición sociológica de las diez especies más representativas de la estructura vertical del bosque secundario.

En silvopastura la especie con mayor posición sociológica fue *Chimarrhis glabriflora* con un promedio de 16,32%, le sigue *Piptocoma discolor* con 9,16 y luego *Heliocarpus americanus*, *Inga edulis* y *Theobroma cacao* con un valor porcentual de 10,16%.

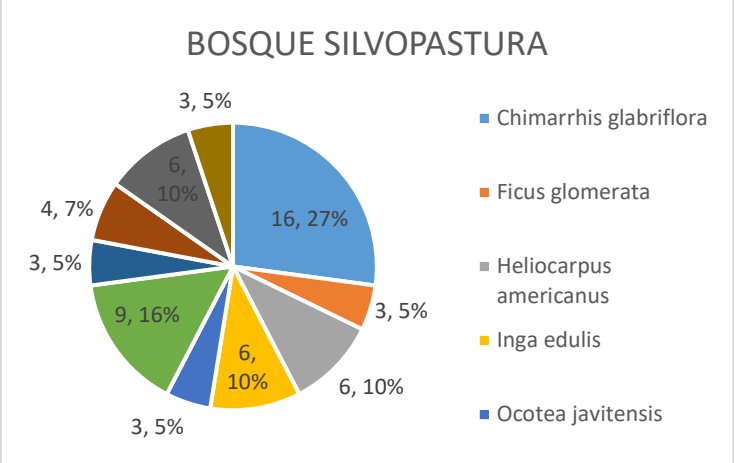

Figura 6. Posición sociológica de las diez especies más representativas de la estructura vertical del bosque silvopastura.

La posición sociológica de las especies inventariadas en el bosque primario reflejó que el 28,43% de las especies son compartidas en dos estratos, el 70,59% de las especies están presentes en un solo estrato del bosque y 0,98% se encontraron presentes en los tres estratos. En el bosque secundario se pudo encontrar un patrón similar al descrito en bosque primario, donde el 40,74% de las especies estuvieron presentes en dos estratos, 58,02% en un solo estrato y 1,23% en los tres estratos. En los estratos del bosque de silvopastura se observó un patrón más marcado, donde el 76,92 % de las especies están ubicados en un solo estrato y el 23,08% se encuentra en dos estratos y en tres estratos no se encontró ninguna especie (Tabla 3). Estos resultados permitieron distinguir el predominio de un patrón de distribución vertical discontinúo, como indicador de las alteraciones en la estructura vertical más acentuado con el cambio de uso de la tierra, lo cual influye en el reclutamiento de las especies.

Tabla 3. Porcentaje de especies representadas en los estratos del bosque

Representatividad de especies en los estratos del bosque	Bosque primario (%)	Bosque secundario (%)	Silvopastura (%)
Especies presentes en dos estratos	28,43	40,74	23,08
Especies presentes en un solo estrato	70,59	58,02	76,92
Especies presentes en tres estratos	0,98	1,23	0

4.1.4 Estructura horizontal

4.1.4.1 Distribución de clases diamétricas

La distribución de las clases diamétricas como parte de la estructura horizontal en los tres usos de la tierra presentó un mayor número de individuos en la clase (10 a 20 cm) en el bosque primario, donde se registró un total de 108 individuos, mientras que el bosque secundario se reportó 103 individuos y en silvopastura se presentó 39 individuos. Las clases diamétricas de cada sistema de bosque indicó patrones característicos de poblaciones disetáneas y maduras (Garcia *et al*. 2017, Melo y Vargas, 2003 y Yepez *et al.* 2015), permitiendo conocer su desarrollo y equilibrio dinámico, observando que los tres sistemas tienen forma de "J" donde indica que cada bosque se autosustenta (Figura 7).

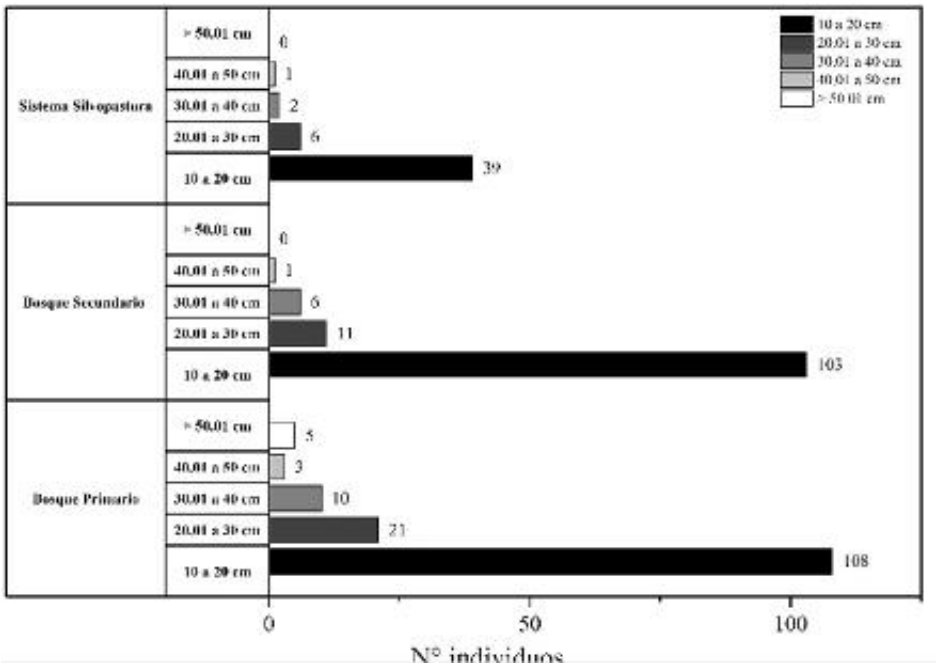

Figura 7. Distribución de las clases diamétricas en tres usos de la tierra (bosque primario, secundario y silvopastura).

4.1.4.2 Cociente de mezcla

El cociente de mezcla para la clase diamétrica inferior 10-20 cm para el uso de la tierra de bosque primario resulto con un valor de 2,6, lo cual indicó que por cada tres individuos se puede encontrar una especie diferente, en bosque secundario con un valor de 3.1 dando como referencia que de cada tres individuos se puede encontrar una especie diferente y en silvopastura con un cociente de mezcla de 2,2 que reflejó que por cada dos individuos se puede encontrar una especie diferente, siendo más heterogéneo en silvopastura. En las clases superiores esta proporción fue menor (1:1) e indicó una mayor heterogeneidad (Tabla 4).

Tabla 4. Cociente de mezcla de los tres usos de la tierra (bosque primario, secundario y silvopastura)

	BOSQUE PRIMARIO			BOSQUE SECUNDARIO			BOSQUE SILVOPASTURA		
CD(CM)	N ESPECIES	N INDIVIDUIOS	CM	N ESPECIES	N INDIVIDUIOS	CM	N ESPECIES	N INDIVIDUIOS	CM
10 A 20	82	216	2,6	68	208	3,1	30	66	2,2
20 A 30	38	71	1,9	33	58	1,8	13	23	1,8
30 A 40	17	28	1,6	9	10	1,1	5	5	1,0
40 A 50	7	7	1,0	5	7	1,4	3	3	1,0
50 A 60	4	7	1,8	1	1	1,0	1	1	1,0
60 A 70	3	4	1,3						
70 A 80	2	2	1,0						

4.1.5 Índice de valor de importancia ecológica a nivel de especie

Cada especie permite evaluar su comportamiento ecológico en cada sistema de bosque según Aguirre & Aguirre (1999) el índice de valor de importancia (IVI) permite conocer que tan importante de una especie dentro de su comunidad. En bosque primario se pudo encontrar las especies *Vochysia ferrugínea, Iriartea deltoidea, Compsoneur* (García, López, Arteaga, & Guerrero, 2017) *a capitellata, Pourouma guianensis, Inga thibaudiana, Eschweilera coreacea, Wettinia maynensis, Duguetia hadrantha, Cecropia sciadophylla.* Bosque secundario se observó que las especies más importantes ecológicamente fueron: *Heisteria acumunita, Vismia baccifera, Miconia grandiflora, Inga ruiziana, Piptocoma discolor, Cecropia sciadophylla, Cecropia ficifolia, Irealtea deltoidea, Miconia multispicata, Miconia pilgeriana, Hyeronima alchorneoides.* Bosque silvopastura fueron generalmente especies pioneras como: *Chimarrhis glabriflora, Piptocoma discolor, Heliocarpus americanus, Inga edulis, Scchefflera morototoni, Ficus glomerata, Wettinia maynensis, Rollinia mucosa, Inga spectabilis* y *Maclura tinctoria* (Tabla 5).

Tabla 5. Índice de valor de importancia de las diez primeras especies con mayor peso ecológico de uso de la tierra (bosque primario, secundario, silvopastura)

Sitio	Nombre científico	Abundancia relativa Ar	Frecuencia relativa Fr	Dominancia relativa Dr	Índice de valor de importancia IVI
Bosque Primario	*Iriartea deltoidea*	17,991	2,941	0,613	7,182
	Vochysia ferruginea	11,121	2,941	1,908	5,323
	Compsoneura capitellata	11,834	2,941	0,570	5,115
	Parkia nítida	0,274	0,588	11,364	4,075
	Cecropia sciadophylla	5,326	1,765	1,279	2,790
	Inga thibaudiana	3,626	2,353	1,163	2,381
	Piptocoma discolor	0,332	0,588	4,680	1,867
	Pourouma tomentosa	2,463	1,765	1,060	1,762
	Eschweilera coriacea	1,847	2,353	0,908	1,703
	Pourouma guianensis	1,280	2,941	0,821	1,681
Bosque Secundario	*Rollinia pittieri*	0,427	0,676	10,297	3,800
	Miconia multispicata	7,538	2,703	0,667	3,636
	Heisteria acuminata	7,680	0,676	0,586	2,981
	Trichillia septentrionalis	0,510	0,676	7,198	2,794
	Iriartea deltoidea	4,172	2,027	1,119	2,439
	Miconia grandiflora	4,646	1,351	0,751	2,249
	Miconia stipitata	4,895	0,676	0,864	2,145
	Miconia pilgeriana	3,342	2,027	0,877	2,082
	Pourouma tomentosa	0,676	1,351	3,926	1,984
	Piptocoma discolor	1,470	0,676	3,707	1,951
Silvopastura	*Chimarrhis glabriflora*	17,287	7,143	1,886	8,772

Mauritia flexuosa	1,950	1,786	15,519	6,418
Inga edulis	8,422	5,357	1,236	5,005
Piptocoma discolor	4,699	7,143	1,784	4,542
Heliocarpus americanus	5,762	5,357	1,091	4,070
Vitex cymosa	0,532	1,786	9,680	3,999
Schefflera morototoni	6,560	3,571	1,671	3,934
Inga spectabilis	3,014	5,357	2,597	3,656
Otoba glycycarpa	1,862	1,786	7,095	3,581
Grias neuberthii	1,596	1,786	6,976	3,452

4.1.6 Diversidad de especies

4.1.6.1 Diversidad a escala alfa

La (Tabla 6) muestra el ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey con significancia ($p \leq 0,05$) de los índices de diversidad a escala alfa, en el cual el índice Shannon y Simpson que expresan la diversidad de especies en cada uso de la tierra presentaron diferencias significativas entre el uso de la tierra de silvopastura y los dos usos de tierra analizados correspondientes a bosque primario y secundario. Los resultados obtenidos permitieron evaluar la diversidad de media y baja, con mayor riqueza en el bosque primario. Estos valores son similares a los reportados por (Murillo & Uvijindi, 2019).

Tabla 6. Resumen del ANOVA para los índices de diversidad a escala alfa en los usos de la tierra de la zona baja de la microcuenca del río Puyo

BOSQUE PRIMARIO		**BOSQUE SECUNDARIO**		**BOSQUE SILPAPOSTURA**	
H (shannon)	2,88 a± 0,05	H (shannon)	2,03 b± 0,02	H (shannon)	1,28 c± 0,03
D (simpson)	0,08 a± 0,04	D (simpson)	0,41 a± 0,05	D (simpson)	1,34 b± 0,01

4.1.6.2 Diversidad a escala beta

En la Tabla 7 se muestran los resultados del índice de similitud de Sorensen como indicador de la cantidad de especies que fueron compartidas por cada uso de la tierra. El conglomerado jerárquico con un porcentaje de similitud del 25 % reportó la formación de siete grupos en función de la abundancia de especies (Figura 7). Estos resultados reflejaron un marcado patrón del comportamiento diferenciado de la vegetación entre bosque primario, secundario y silvopastura, lo cual pudiera estar atribuido, al estado de conservación de las áreas condicionado por los cambios de uso de la tierra que propician

cambios en la vegetación. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Rodríguez (2004).

Tabla 7. Índice de similitud de Sorensen en los tres usos de la tierra de la zona baja de la microcuenca del río Puyo

Sitios	Bosque Primario	Bosque Secundario	Silvopastura
Bosque Primario	100 %	37 %	13 %
Bosque Secundario		100 %	15 %
Sistema Silvopastura			100 %

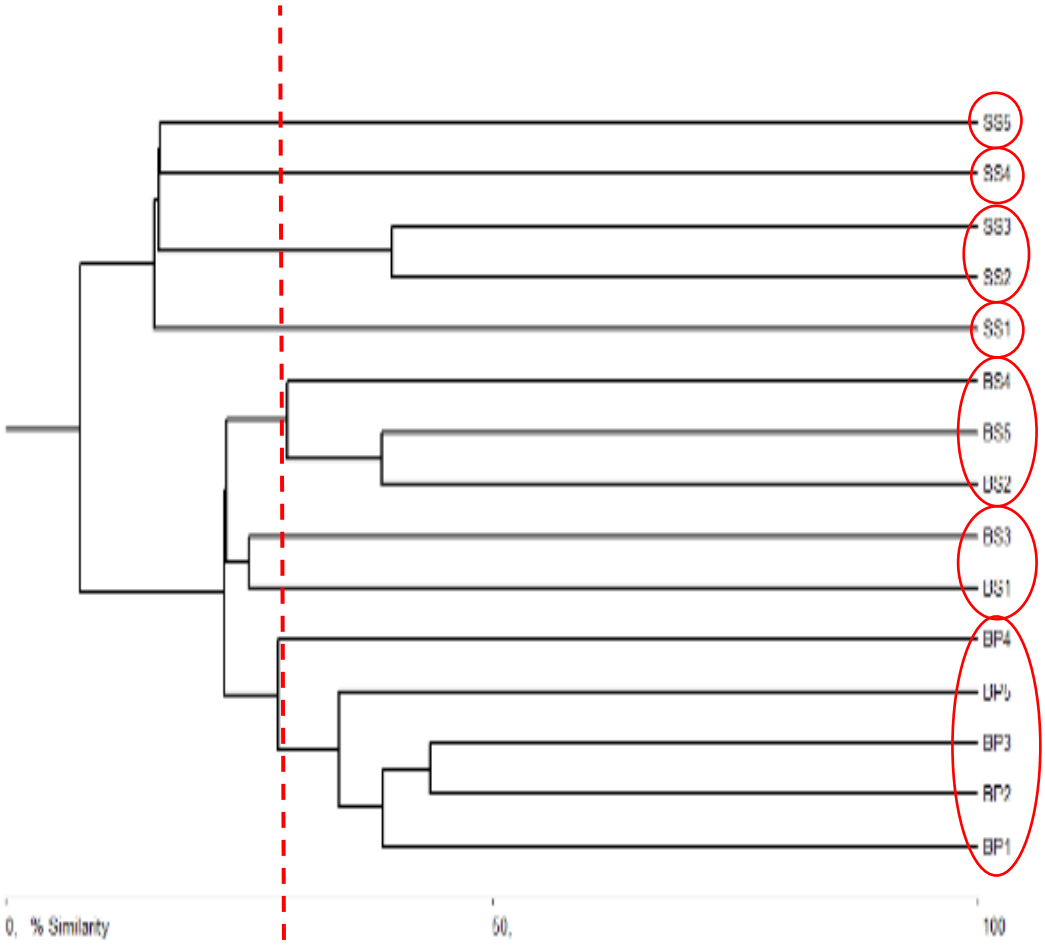

Figura 7. Dendrograma jerárquico como medida de diversidad beta a partir de la abundancia de especies por áreas de estudio.

4.2 Estimación de la biomasa aérea y carbono en tres usos de la tierra

En la tabla 8 se presentan los promedios de biomasa y carbono en cada área de estudio para los distintos usos de la tierra, donde se convirtió por hectárea y se generó la biomasa aérea por hectárea el promedio por cada uso de la tierra. Se comprobó que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre los usos de la tierra en cuanto al stock de biomasa aérea y la acumulación de carbono mediante el ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey. El bosque primario presentó un potencial de biomasa de 126,30, el bosque secundario de 78,67 y silvopastura 40,05 Mg/ha y el stock de carbono almacenado el bosque primario fue de 63,15, bosque secundario de 39,34 y silvopastura de 20,03 Mg/ha. Esta variación en el potencial de biomasa y carbono indicó que en bosque primario aún existe un potencial de especies con facilidad para capturar carbono, resultando el ecosistema más maduro por lo que la densidad de la madera de estas especies también es mayor y como consecuencia esto influyó en el stock de carbono.

Tabla 8. Resumen del ANOVA para el contenido de biomasa aérea acumulada y carbono en los usos de la tierra de la zona baja de la microcuenca del río Puyo

Área	Transecto	Biomasa aérea (Mg)	Biomasa aérea (Mg/ha)	Biomasa aérea promedio (Mg/ha)	Carbono promedio almacenado (Mg/ha)
BP	**T1**	19,7059	197,0586	126,30 ±24,97a	63,15±12,49a
	T2	12,3938	123,9379		
	T3	16,5850	165,8496		
	T4	7,8169	78,1688		
	T5	6,6466	66,4660		
BS	**T1**	7,6366	76,3663	78,67±5,87ab	39,34±2,94ab
	T2	7,7826	77,8264		
	T3	9,5495	95,4951		
	T4	8,4214	84,2139		
	T5	5,9436	59,4359		
SS	**T1**	1,9977	19,9767	40,05±15,95b	20,03±15,95b
	T2	1,0452	10,4520		
	T3	3,3739	33,7388		
	T4	10,1228	101,2278		
	T5	3,4866	34,8664		

Los resultados del índice de valor de importancia de biomasa (BIVF) a nivel de familias botánicas permitió identificar las de mayor contribución a las reservas de carbono. La (Figura 8a) presenta las diez familias botánicas con mayor BIVF para el uso de la tierra de bosque primario, siendo Fabaceae con un BIVF de 39.81. En cuanto al bosque secundario (Figura 8b) de las diez familias con mayor BIVF, la familia que más valor presentó fue Melastomataceae alcanzando un valor de 38.43. En el uso de la tierra de silvopastura de las diez familias con mayor BIVF, la más representativa fue Arecaceae con 43.25 (Figura 8c).

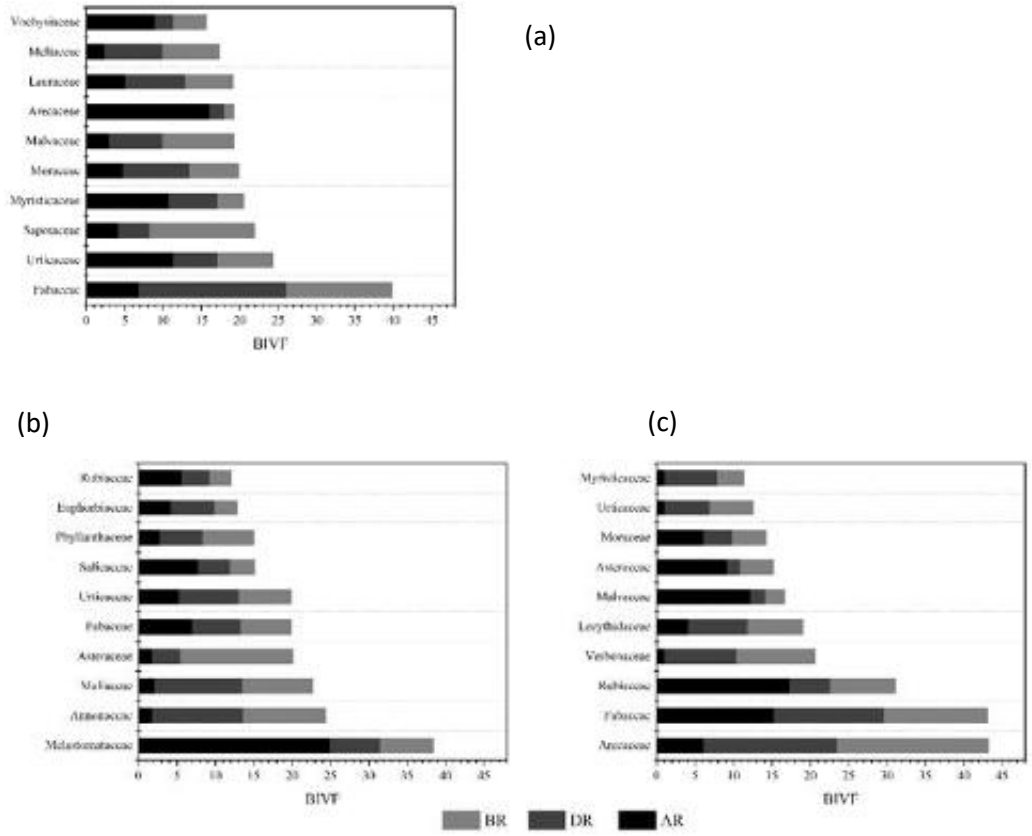

Figura 8. Índice de valor de biomasa a nivel de familias botánicas para los tres usos de la tierra.

4.3 Análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo en tres usos de la tierra

En la Tabla 9 se puede observar las diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las propiedades físicas y químicas del suelo mostraron un patrón de variación en las medidas de densidad aparente, porosidad de retención, porosidad total, conductividad hidráulica, pH, materia orgánica. Estos resultados demuestran que las propiedades físicas y químicas del suelo responden a variaciones con el cambio de uso de la tierra. Existió un patrón

general que suelos más ácidos, pobres en nutrientes, menor contenido de materia orgánica, menor densidad aparente y conductividad hidráulica saturada en el uso de la tierra de silvopastura y en el caso de bosque primario fue similar a bosque secundario en algunas propiedades físicas y químicas del suelo.

El contenido de materia orgánica resultó alto en cada una de las áreas estudio, de acuerdo a lo reportado en estudios similares por Ceccon *et al.* (2002). Por su parte Sánchez y Bandy (1982), refiere que en los bosques húmedos tropicales un buen contenido de materia orgánica se encuentra entre 3-5 %.

La disponibilidad de la mayoría de los nutrientes de las plantas y la calidad de los bosques naturales tropicales dependen en gran medida de su pH, por un lado, valores extremadamente bajos reducen la disponibilidad de cationes de calcio, magnesio, fósforo y libera cantidades tóxicas de elementos como hierro, aluminio y manganeso y por otro, valores altos forman sales insolubles por lo que solo una pequeña fracción del nutriente quedará disponible para la planta (Louman, Quirós, & Nilsson, 2001). De acuerdo a los resultados obtenidos, estos se encuentran en intervalos apropiados para el buen desarrollo de las especies forestales del bosque húmedo tropical. A su vez concuerdan con los estudios de suelo reportados por Bravo *et al.* (2017) para la Amazonía ecuatoriana.

Tabla 1. Resumen del ANOVA de los propiedades físicas y químicos del suelo en tres usos de la tierra en la zona baja de la microcuenca del río Puyo

Propiedades físicas			
	Bosque Primario	**Bosque Secundario**	**Sistema de Silvopastura**
Da (Mg m^{-3})	$0,47^{a}$ ±0,02	$0,32^{a}$ ±0,01	$0,37^{a}$ ±0,08
Ksat (cm h^{-1})	$58,94^{a}$ ±10,13	$22,44^{b}$ ±3,78	$5,74^{b}$ ±2,94
Pt (%)	$84,28^{b}$ ±0,73	$92,06^{a}$ ±1,59	$87,22^{ab}$ ±1,82
Pa (%)	$13,87^{a}$ ±0,85	$13,91^{a}$ ±0,72	$8,89^{b}$ ±0,35
Pr (%)	$70,51^{b}$ ±0,82	$78,15^{a}$ ±1,49	$78,33^{a}$ ±1,67
Propiedades químicos			
pH	$4,94^{c}$ ±0,03	$4,17^{b}$ ±0,05	$3,56^{a}$ ±0,04
$Al^{+3}+H^{+1}$ (meq/100 ml)	$2,80^{b}$ ±0,14	$1,88^{c}$ ±0,18	$3,67^{a}$ ±0,22
Al^{+3}	$0,41^{b}$ ±0,03	$0,53^{b}$ ±0,05	$2,69^{a}$ ±0,21

MO (%)	21,26[a] ±0,68	22,32[a] ±1,03	8,26[b] ±0,37
P (mg kg-1)	5,94[ab] ±0,43	6,40[a] ±0,46	4,6[b] ±0,43
K^{+1} (meq/100ml)	0,25[b] ±0,04	0,30[b] ±0,01	0,44[a] ±0,04
Ca^{+2} (meq/100ml)	0,83[b] ±0,09	0,88[b] ±0,10	0,05[a] ±0,29
Mg^{+2} (meq/100ml)	1,35[b] ±0,04	1,31[b] ±0,03	0,44[a] ±0,15

Leyenda: Da: Densidad aparente; ksat: Conductividad hidráulica saturada; Pt: Porosidad total; Pa: Porosidad de aireación; Pr: Porosidad de retención; pH: Potencial de hidrogeno; Al^{+3}+H^{+1}: Acidez intercambiable; MO: Materia orgánica; P: Fósforo; K^{+1}: Potasio; Ca^{+2}: Calcio; Mg^{+}: Magnesio.

Letras desiguales en la columna muestran diferencias significativas para la prueba de Tukey con una ($p \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

- Se comprobó el efecto del cambio de uso de la tierra con variaciones en el sistema de bosque primario, secundario y silvopastura de la zona baja de la microcuenca del río Puyo en cuanto a los patrones de estructura ecológica, determinados por la estratificación del bosque, posición sociológica, distribución de clases diamétricas, cociente de mezcla y valor de importancia ecológica de las especies.
- Las especies que presentaron mayor importancia ecológica para los usos de la tierra por su peso ecológico en cuanto a los parámetros fitosociológicos abundancia, dominancia y frecuencia fueron: *Vochysia ferrugínea*, *Iriartea deltoidea* y *Compsoneura capitellata* (bosque primario), Miconia multispicata, *Heisteria acumunita* y *Miconia stipitata* (bosque secundario) y Chimarrhis glabriflora, Inga edulis y *Schefflera morototoni* (silvopastura), resultando especies claves para el mantenimiento de la estructura de este reservorio de bosque.
- Los usos de la tierra mostraron valores de diversidad de media a baja con un marcado patrón del comportamiento diferenciado de la vegetación entre los sistemas de estudio, resultado silvopastura con menor riqueza de especies y en su mayoría fueron pioneras indicadoras de cambios en la vegetación.
- El potencial de biomasa aérea acumulada y stock de carbono resultó con diferencias significativas en los tres usos de la tierra con mayores reservas para bosque primario (63,15 Mg/ha) y menores para silvopastura (20,03 Mg/ha). Esta variación indicó que en bosque primario existe un alto potencial de especies con facilidad para capturar carbono, mientras en silvopastura es bajo.

- El análisis de las propiedades físicas y químicas del suelo reflejó, como patrón general, diferencias significativas entre los tres usos de la tierra, resultando silvopastura el área con suelos más ácidos, pobres en nutrientes, bases intercambiables, menor densidad aparente, conductividad hidráulica y materia orgánica. Esto es un indicador del cambio de uso de la tierra y como consecuencia de la calidad del bosque.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo de datos ecológicos de la vegetación y el suelo en estas áreas de bosques y tomar decisiones para la restauración inmediata de los sitios con mayor grado de deterioro.
- Codificar las especies forestales de mayor importancia ecológica y mayor reserva de carbono como referencia para su conservación y posibles acciones de restauración forestal.
- Socializar los resultados de la presente investigación a través de talleres, mesas temáticas y charlas a las entidades responsables de la conservación de la biodiversidad amazónica y los servicios ecosistémicos que provee la microcuenca del río Puyo.
- Presentar propuestas de cartera de proyectos orientados a la búsqueda de apoyo económico para orientar acciones de restauración en la microcuenca del río Puyo.

REFERENCIAS

Acosta, V., Araujo, P., & Iturre, M. (2006). Caracteres estructurales de las masas. Facultad de ciencias forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. doi:EBookISBN 978-987-1676-34-7

Aguilar. (2016). Distribución de biomasa. *Madera y bosque*, 23-36.

Aguilar-Garavito, M. &. (2015). *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Bogotá D.C., Colombia. Obtenido de http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/9281/monitoreo_restauracion_baja_1.pdf?sequence=1

Aguirre, Z., & Aguirre, N. (1999). *Guía práctica para realizar estudios de comunidades vegetales.* Universidad Nacional de Loja, Departamento de Botánica y Ecología , Loja, Ecuado. Obtenido de https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/229

Alvis, J. (2009). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN BOSQUE NATURAL LOCALIZADO EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE POPAYAN.* Facultad de Ciencias Agropecuarias, Cauca. Obtenido de http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n1/v7n1a13.pdf

Araujo, j., & Gomez, F. (2020). *Valoracion ecologica del estado de la vegetacion u el suelo en tres usos de bosque de la zona baja de la microcuenca del rio Puyo.* Universidad Estatal Amazonica, Puyo.

Arriaga, L. (2009). Implicaciones del cambio de uso de suelo en la biodiversidad de los matorrales xerófilos: un enfoque multiescalar. *Investigación Ambiental, 1*(1), 6-16. Obtenido de http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/gacetas/604/implicaciones.pdf

Ayala Recalde, B. S., & Camacás Tenganán, M. F. (2019). *"EFECTIVIDAD DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN EL ECOSISTEMA BOSQUE NUBLADO EN EL ÁREA DE ALTA PRIORIDAD DE CONSERVACIÓN MUNDIAL CAYAMBE COCA, ECUADOR".* Ibarra. Obtenido de http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9257

Barbosa, O. &. (2002). Effects of forest fragmentation non the beetle assemblage at the relict forest of Fray Jorge Chile. *Oecologia, 132*, 296+306. Obtenido de https://doi.org/10.1007/s00442-002-0951-3

Barrera Cataño, J., & Valdes Lopez, C. (2007). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universitas scientiarum, 12*. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/499/49912203.pdf

Bravo, C., Goyes, F., Arteaga, Y., Garcia, Y., & Changoluisa, D. (2020). A soil quality index for seven productive landscapes in theAndean-Amazonian foothills of Ecuador. *WILEY*. doi:10.1002/ldr.3897

Bravo, C., Torres, B., Alemán, R., Marín, H., Durazno, G., Navarrete, H., & Tapia, A. (2017). Indicadores morfológicos y estructurales de calidad y potencial de erosión del suelo bajo diferentes usos de la tierra en la Amazonía Ecuatoriana. *Researchgate*, 247-264. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/320623781_Indicadores_morfologicos_y_estr

ucturales_de_calidad_y_potencial_de_erosion_del_suelo_bajo_diferentes_usos_de_la_tierra_en_la_Amazonia_Ecuatoriana

Burne, & et al. (2003). Estructura y dinámica de regneración del bosque de barranca en el paraje "La Azotea". Obtenido de https://docplayer.es/63430181-Estructura-y-dinamica-de-regeneracion-del-bosque-de-barranca-en-el-paraje-la-azotea-diamante-entre-rios.html

Campos Alcívar, J. B., & Merchán Yedra, M. A. (2018). *POTENCIAL DE BIOMASA AEREA ACUMULADA COMO ESTRATEGIA PARA MITIGAR EL EMPOBRECIMIENTO DE TRES ÁREAS DE BOSQUE AMAZÓNICO.* Puyo.

CATIE. (2016). Definición de Bosques Secundarios y Degradados en Centroamérica. Forestry and Climate Change Fund. Obtenido de https://www.forestryandclimate.com/wp-content/uploads/2017/10/170918-Definition-Forest-Catie-Final-Spanish-version-electronic-version.pdf

Ceccon, E., Olmsted, I., & Campo Alves, J. (2002). Vegetación y propiedades del suelo en dos bosques tropicales secos de diferente estado regeneracional en Yucatán. *Agrociencia, 36*(5), 621-631. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/302/30236512.pdf

Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J., Eamus, D., & Lescure, J. P. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia, 145*(1), 87-99.

Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M., Delitti, W., . . . Mencuccini, M. (2014). Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. Glob. *Chang. Biol., 20*, 3177-3190.

Chavez. (2016). distribución de biomasa aerea. *Madera y Bosques, 22*, 23-36.

Concha, e. a. (2016). ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE BIOMASA, FIJACIÓN DE CARBONO. *Luna azul, 1*.

Cordero, D. (2011). *Los bosques en América Latina* (Raul Borja ed.). Ecuador: Fundación Friedrich Ebert, FES-ILDIS. Obtenido de https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/08364.pdf

Correa Ayram, C., Mendoza, M., & López Granados, E. (2014). Análisis del cambio en la conectividad estructural del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México. *Geografía Norte Grande*. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n59/art02.pdf

Curtis, J., & McIntosh, R. (1950). The Interrelations of Certain Analytic and Synthetic Phytosociological Characters. *Ecology, 31*(3), 434-455. Obtenido de https://www.jstor.org/stable/1931497

Daniel, O. (1998). Subsidio al uso del Índice de diversidad de Shannon. Obtenido de https://studylib.es/doc/5709026/subsidios-al-uso-del-%C3%ADndice-de-diversidad-de-shannon

De la Torre, L., Navarrete, H., & Muriel, P. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quito: Herbario QCA de la Escuela de CienciasBiológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de CienciasBiológicas de la Universidad de Aarhus. Obtenido de https://www.academia.edu/30089423/Enciclopedia_de_Plantas_U_tiles_del_Ecuador

Dezzeo, N., Maquirino, P., Berry, P., & Aymard, G. (2000). Principales tipos de bosque en el área de San Carlos de Río Negro. (11), 16-36. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Gerardo-Aymard/publication/301492903_Principales_tipos_de_bosques_en_el_area_de_San_Carlos_de_Rio_Negro_Venezuela_Scientia_Guaianae_11_15-36/links/57165cfb08ae377f0bd612cc/Principales-tipos-de-bosques-en-el-area-de-San

Echeverría, C., Bolados, G., Rodríguez-Echeverry, J., Aguayo, M., & Premoli, A. (2014). Ecología forestal. Bases para el manejo sustentable y conservación de los bosques nativos de Chil. (C. Donoso, M. Gonzales, & A. Lara, Edits.) *Chile: Ediciones UACh.* Obtenido de http://www.edicionesuach.cl/index.php/coleccion-patrimonio-institucional/22-ecologia-forestal-donoso-gonzalez-lara

Ellis, E. (2013). *The Encyclopedia of Earth: Land -use and land-cover change.* Washington: Environmental Information Coalition. Obtenido de https://editors.eol.org/

FAO & United States Forest Service. (2008). Natural Inquirer. *XI*(1). Obtenido de http://www.fao.org/3/i0105e/i0105e00.htm

FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales. Informe principal. Obtenido de http://www.fao.org/3/i1757s/i1757s.pdf

FAO. (2012). *Documento de Trabajo de la Evaluación de los Recursos Forestales.* FAO.

Finol, H. (1976). Métodos de regeneración natural en algunos tipos de bosques venezolano. *Revista Forestal Venezolana, 19*(26), 17-44.

Finol, U. H. (1976). Métodos de regeneración natural en algunos tipos de bosques venezolanos. *Revista Forestal Venezolana, 19*(26), 17-44.

García, Q., López, G., Arteaga, Y. R., & Guerrero, J. (2017). Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios fragmentados bosque siempreverde piemontano. *Revista Cubana de Ciencias Forestales, 5*(2), 172-180.

García-Quintana, Y., Arteaga-Crespo, Y., Torres-Navarrete, B., Robles-Morillo, M., Bravo-Medina, C., & & Sarmiento-Rosero, A. (2020). Ecological quality of a forest in a state of succession. *based on structural parameters: A case study in an evergreen Amazonian-Andean fores, 6*(7). Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844020314365

Godínez, O., & López, L. (2002). *Estructura, composición, riqueza y diversidad de árboles en tres muestras de selva mediana subperennifolia.* Universidad Nacional Autónoma de México, Anales del Instituto de Biología. Mexico: Serie Botánica.

Granja, C. (2015). *Comparación de los contenidos de carbono entre la Amazonía y los páramos del Ecuador.* Quito. Obtenido de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8737/Granja%2C%20C.%20-%20Comparaci%C3%B3n%20de%20los%20contenidos%20de%20carbono%20entre%20la%20Amazon%C3%ADa%20y%20los%20p%C3%A1ramos%20del%20Ecuador.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Guerrero Rubio, J. P., Tasambay Salazar, A. M., Cofre Santos, F., Jácome Segovia, C. S., Valverde Lara, C. R., & Jiménez Rojas, Y. (2020). Evaluación y restauración ecológica “Lisan Wasi” comunidad San Pedro, parroquia Tarqui, Cantón Pastaza. *Revista Ciencia y Tecnologia, 13*(1), 17-25. Obtenido de https://doi.org/10.18779/cyt.v13i1.344

Hurlbert, S. H. (1971). The non-concept of species diversity: a critique and alternative parameters. *Ecology, 54*(4), 577-586.

INAMHI (Instituto nacional de meteorología e hidrología). (2013). *Anuario meteorológico N53.* Ecuador.

Jadán, O., Torres, B., Selesi, D., Peña, D., Rosales, C., & Günter, S. (2016). *DIVERSIDAD FLORÍSTICA Y ESTRUCTURA EN CACAOTALES TRADICIONALES Y.* Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogota: Colombia Forestal. Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423946648001

Jayakumar, S., Seong, S. K., & Joon, H. (2011).). Floristic inventory and diversity assessment - a critical review. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences, 1*(3-4), 11-168. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/216200319_Floristic_inventory_and_diversity_assessment-a_critical_review

Jorgensen, P., & Bascopé, F. (2005). Caracterización de un bosque montano húmedo: Yungas,La Paz. *Ecología en Bolivia, 40*(3), 365-379. Obtenido de https://ecologiaenbolivia.com/documents/13Yungas40-3.pdf

Kattan, G. (2002). Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. *Ecología y conservación de bosques neotropicales, 1*, 561-582.

Lagla Toapanta, R. A. (2016). *Inventario Florístico (arbóreo) en el Bosque Siempreverde Montano Bajo de la Cordillera Occidental de los Andes. sector La Esperanza, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi.* UTC, Latacunga. Obtenido de http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5911

Lam, F. (2016). *Establecimiento y uso de sistemas y silvopastoriles en Republica Dominicana.* República Dominicana. Obtenido de http://repositorio.iica.int/handle/11324/3018

Lamprecht, H. (1990).). Silvicultura en los Trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas–posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. (C. Técnica, Ed.) 335.

Lerma, M. A., & Orjuela, E. L. (2014). *Modelos Alométricos Para La Estimación De La Biomasa Aérea Total En El Páramo De Anaime.* UNIVERSIDAD DEL TOLIMA, Departamento Del Tolima , Colombia. Obtenido de http://repository.ut.edu.co/bitstream/001/1119/1/RIUT-GAA-spa-2014-%20Modelos%20alom%C3%A9tricos%20para%20la%20estimaci%C3%B3n%20de%20la%20biomasa%20a%C3%A9rea%20total%20en%20el%20p%C3%A1ramo%20de%20anaime%2C%20departamento%20del%20tolima%2C%20colombia..p

Louman, B., Quirós, D., & Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados tropicales con énfasis en América Central.* Turrialba: CATIE. Obtenido de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/3971

Ludwig, J., & Reynolds, J. (1988). Statistical ecology: A primer on methods andcomputing. *John Wiles,* 337.

MAE. (2013). *Sistema de Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental.* Quito: Subsecretaría de Patrimonio Natural.

MAE. (26 de Junio de 2020). *Ministerio del Ambiente y Agua*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/los-bosques-tropicales-un-ecosistema-que-salva-al-

planeta/#:~:text=%2D%20Los%20bosques%20tropicales%20a%20nivel,superficie%20del%20planeta%2C%20contienen%20el

Magurran, A. (1989). Diversidad Ecológica y su medición. (Vedra, Ed.) 200.

Margalef, R. (1995). Ecología. *Omega*, 951.

Meave, J., Romero-Romero, M., Salas-Morales, S., Pérez-García, E., & Gallardo-Cruz, J. (2012). Diversidad, amenazas y oportunidades para la conservación del bosque tropical caducifolio en el estado de Oaxaca, México. *Ecosistemas*, *21*(1-2). Obtenido de https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/29

Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. *Interciencia, 28*(10), 581-589.

Melo, V., & Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos.* Universidad del Tolima, Crq-carder-corpocaldascortolima, Ibague.

Montano, D., & Solorzano, J. (2015). *VARIABILIDAD ENTRE LOS SUELOS DE USO FORESTAL Y GANADERO DEL SITIO ZAPOTE, CANTÓN BOLÍVAR,PROVINCIA DE MANABÍ.* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ, Calceta. Obtenido de http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/230/1/TMA77.pdf

Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., & Simpson, A. G. (2016). How Many Species Are There on Earth and in the Ocean? *PLOS Biology*, *9*(8).

Murillo, & Uvijindi. (2019). *Propuesta para la restauración ecológica de tres áreas de bosque en la zona baja de la microcuenca del Río Puyo.* Universidad Estatal Amazónica, Puyo. Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/528

Ordóñez Díaz, J. A., Rivera Vázquez, R., Tapia Medina, M. E., & Ahedo Hernández, L. R. (2015). Contenido y captura Potencial de carbono en la biomasa forestal de San Pedro Jacuaro. *Revista mexicana de ciencias forestales*, *6*(32), 7-16. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v6n32/2007-1132-remcf-6-32-00007.pdf

Ospino, J. &. (2017). *Identificación de áreas aptas para la reforestación del bosque seco tropical en Córdova-Colombia por medio de un sistema de información geográfico.* Universidad de Manizales, Colombia. Obtenido de https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/2984

Otavo, S. &. (2017). Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista mexicana de Biodiversidad*, *88*(4), 924-935. Obtenido de https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=42554148020

PALACIOS, W., CERÓN, C., R., V., & SIERRA, R. (1999). . Las Formaciones Naturales de la Amazonía del Ecuador. En propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental. (R. Sierra, Ed.) *Researchgate*, 109-119.

Pequeño, M., Rodríguez, E., Jiménez, J., Aguirre, O., González, M., & Sánchez & Molina, V. (2016). Criterios a considerar para desarrollar proyectos de restauración ecológica. (M. Pequeño, & L. Sánchez, Edits.) *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 45-63. Obtenido de http://www.reibci.org/publicados/2016/jun/1600108.pdf

Ramos, M., & Plonczak, M. (2007). Dinámica sucesional del componente arbóreo luego de un estudio destructivo de biomasa en el bosque universitario san Eusebio, Mérida-Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, *51*(1), 35-46. Obtenido de https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-forestal-venezolana/articulo/dinamica-

sucesional-del-componente-arboreo-luego-de-un-estudio-destructivo-de-biomasa-en-el-bosque-universitario-san-eusebio-merida-venezuela

Rivera, F. (2019). *Patrones Fitosociologicos, distribucion y biomasa arborea de tres ecosistemas de bosques en la zona alta de la microcuenca del Rio Puyo.* Puyo, Ecuador. Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/537/1/T.AMB.B.UEA.3222

Samaniego, E. (2015). *Líneas estratégicas para el manejo del bosque húmedo tropical premontano en la estribación oriental del Parque Nacional Llanganates, Ecuador*. Universidad Pinar del Ríon "Hermanos Saíz Montes de Oca", Facultad Forestal y Agronomía. Pinar del Rio- Cuba: Centro de Estudios Forestales.

Sánchez, P. A., & Bandy, D. E. (1982). *Suelos de la Amazonia y su manejo para produccion continúa de cultivos (No. P30 S3 No. 1-S).* Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria, Lima.

Schlegel, B. (2001). estimación de biomasa y carbono.

Service, F. a. (2008). The World's Forest Edition. *Natural Inquirer*. Obtenido de http://www.fao.org/publications/card/es/c/dcfffe45-d8a6-5dfc-b273-85fc7c18c602/

Sierra, R., Campos, F., & Chamberlin, J. (1999). *Áreas PriorrlarlilS para la Conservación de la Blodiversldad en el Ecuador Conti nental.* Ministerio del Ambiente. Quito: EcoCiencla y Wl ldl¡fe ceeservenee Soclety. Obtenido de https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55135.pdf

Tres, D. R. (2007). *La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje.* Simpósio Internacional sobre restauración ecológica. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Deisy_Tres/publication/228653997_La_nucleacion_como_propuesta_para_la_restauracion_de_la_conectividad_del_paisaje/links/02e7e528bdd62e8788000000/La-nucleacion-como-propuesta-para-la-restauracion-de-la-conectividad-del-

Valdivia. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 36-47.

VALENCIA, R., C., C., & PALACIOS, W. R. (1999). . Formaciones vegetales de la sierra del Ecuador. (R. Sierra, Ed.) *Researchgate*, 61-62. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Sierra-6/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental/links/546a6c760cf20dedafd38870/Propuesta-Preliminar-de-un-Sistema-de-Clasificacion-de

Vargas Rios, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y Conservación. *Acta Biológica Colombiana, 16*(2), 221-246. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028008017.pdf

Vargas, O. (2007). Guía Metodológico para la Restauración Ecológica del Bosque Altoandino. (G. d. Restauracion, Ed.) *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259482462_Guia_Metodologica_para_la_Restauracion_Ecologica_del_bosque_altoandino

Yepez, A., Herrera, J., Phillips, J., Cabrera, E., Galindo, G., Granados, E., & Cardona, M. (2015). Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. *Revista de Biología Tropical, 63*(1), 69-82. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/449/44933764007.pdf

ANEXOS

Anexo 1 Inventario total de las composicion floristica del bosque primario, secundario y silvopastura.

Codigo	N° Especies	Familia	N° Individuos
T1BP	*Aniba guianensis*	Lauraceae	2
	Aspidosperma rigidum	Apocynaceae	3
	Brosimum utile	Moraceae	1
	Cecropia membranacea	Urticaceae	1
	Coccoloba densifrons	Polygonaceae	1
	Compsoneura capitellata	Myristicaceae	14
	Duguetia hadrantha	Annonaceae	1
	Faramea quinqueflora	Rubiaceae	1
	Grias neuberthii	Lecythidaceae	1
	Guarea grandifolia	Meliaceae	2
	Hasseltia grandiflora	Salicaceae	1
	Inga auristellae	Fabaceae	1
	Inga thibaudiana	Fabaceae	2
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	18
	Margaritaria nobilis	Phyllanthaceae	1
	Matisia cordata	Malvaceae	1
	Miconia multispicata	Melastomataceae	1
	Mouriri grandiflora	Melastomataceae	2
	Pentagonia spathicalyx	Rubiaceae	4
	Perebea guianensis	Moraceae	1
	Poulsenia armata	Moraceae	1
	Pourouma guianensis	Urticaceae	1
	Pourouma minor	Urticaceae	1
	Pouteria glomerata	Sapotaceae	1
	Pouteria reticulata	Sapotaceae	1
	Protium sagotianum	Burseraceae	2
	Psychotria acuminata	Rubiaceae	1
	Sorocea muriculata	Moraceae	2
	Turpinia occidentalis	Staphyleaceae	2
	Vochysia braceliniae	Vochysiaceae	1
	Vochysia ferruginea	Vochysiaceae	5
	Wettinia maynensis	Arecaceae	1
T2BP	*Allophylus pilosus*	Sapindaceae	1
	Apeiba membranacea	Malvaceae	1
	Casearia arborea	Salicaceae	1

	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	3
	Chrysophyllum cuneifolium	Sapotaceae	1
	Chrysophyllum venezuelanense	Sapotaceae	1
	Compsoneura capitellata	Myristicaceae	3
	Cordia panamensis	Boraginaceae	1
	Duguetia hadrantha	Annonaceae	1
	Eschweilera coriacea	Lecythidaceae	1
	Guarea grandifolia	Meliaceae	1
	Guarea kunthiana	Meliaceae	1
	Inga acreana	Fabaceae	1
	Inga edulis	Fabaceae	1
	Inga thibaudiana	Fabaceae	2
	Inga velutina	Fabaceae	3
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	5
	Matisia obliquifolia	Malvaceae	3
	Miconia multispicata	Melastomataceae	1
	Nectandra membranacea	Lauraceae	1
	Nectandra oppositifolia	Lauraceae	1
	Neea parvifolia	Nyctaginaceae	1
	Otoba glycycarpa	Myristicaceae	2
	Pentagonia spathicalyx	Rubiaceae	4
	Piptocoma discolor	Asteraceae	1
	Pourouma guianensis	Urticaceae	2
	Pourouma tomentosa	Urticaceae	4
	Pouteria glomerata	Sapotaceae	4
	Pouteria reticulata	Sapotaceae	1
	Pouteria rostrata	Sapotaceae	1
	Sloanea guianensis	Elaeocarpaceae	1
	Sterculia frondosa	Malvaceae	1
	Tapirira guianensis	Anacardiaceae	1
	Tovomita membranifolia	Clusiaceae	1
	Virola obovata	Myristicaceae	2
	Vochysia braceliniae	Vochysiaceae	1
	Vochysia ferruginea	Vochysiaceae	8
	Wettinia maynensis	Arecaceae	1
T3BP	*Apeiba membranacea*	Malvaceae	1
	Brosimum utile	Moraceae	1
	Compsoneura capitellata	Myristicaceae	8
	Cordia hebeclada	Boraginaceae	1
	Duguetia hadrantha	Annonaceae	1
	Eschweilera coriacea	Lecythidaceae	2
	Ficus dugandii	Moraceae	1
	Genipa americana	Rubiaceae	1
	Guarea glabra	Meliaceae	1
	Guarea kunthiana	Meliaceae	2

	Inga thibaudiana	Fabaceae	1
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	9
	Lozania klugii	Lacistemataceae	1
	Margaritaria nobilis	Phyllanthaceae	1
	Mouriri grandiflora	Melastomataceae	1
	Myrcia splendens	Myrtaceae	1
	Nectandra membranacea	Lauraceae	2
	Nectandra reticulata	Lauraceae	2
	Neea parvifolia	Nyctaginaceae	1
	Ocotea floribunda	Lauraceae	1
	Otoba glycycarpa	Myristicaceae	1
	Parkia nitida	Fabaceae	1
	Perebea xanthochyma	Moraceae	1
	Pourouma guianensis	Urticaceae	4
	Pouteria rostrata	Sapotaceae	1
	Protium sagotianum	Burseraceae	2
	Pterocarpus rohrii	Fabaceae	1
	Terminalia amazonia	Combretaceae	2
	Tovomita membranifolia	Clusiaceae	2
	Tovomita weddelliana	Clusiaceae	1
	Virola sebifera	Myristicaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	3
	Vismia gracilis	Hypericaceae	1
	Vochysia ferruginea	Vochysiaceae	10
T4BP	*Batocarpus orinocensis*	Moraceae	1
	Cecropia ficifolia	Urticaceae	1
	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	11
	Compsoneura capitellata	Urticaceae	1
	Duguetia spixiana	Annonaceae	2
	Eschweilera coriacea	Lecythidaceae	2
	Faramea capillipes	Rubiaceae	1
	Heisteria acuminata	Olacaceae	1
	Inga auristellae	Fabaceae	2
	Inga marginata	Fabaceae	1
	Inga ruiziana	Fabaceae	1
	Inga thibaudiana	Fabaceae	4
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	6
	Leonia glycycarpa	Violaceae	1
	Margaritaria nobilis	Phyllanthaceae	2
	Nectandra lineata	Lauraceae	1
	Nectandra membranacea	Lauraceae	1
	Nectandra reticulata	Lauraceae	2
	Ocotea javitensis	Lauraceae	1
	Pourouma guianensis	Urticaceae	2
	Pourouma minor	Urticaceae	1

	Pourouma tomentosa	Urticaceae	1
	Protium nodulosum	Burseraceae	1
	Protium aracouchini	Burseraceae	1
	Protium sagotianum	Burseraceae	4
	Pseudolmedia laevis	Moraceae	1
	Psychotria acuminata	Rubiaceae	2
	Socratea exorrhiza	Arecaceae	1
	Sorocea muriculata	Moraceae	2
	Sorocea pubivena	Moraceae	1
	Tapirira guianensis	Anacardiaceae	2
	Terminalia amazonia	Combretaceae	1
	Trichilia solitudinis	Meliaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	1
	Vochysia ferruginea	Vochysiaceae	1
	Wettinia maynensis	Arecaceae	4
T5BP	*Alchornea triplinervia*	Euphorbiaceae	1
	Apeiba membranacea	Malvaceae	2
	Aspidosperma rigidum	Apocynaceae	1
	Calliandra trinervia	Fabaceae	1
	Castilla ulei	Moraceae	1
	Cecropia ficifolia	Urticaceae	1
	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	2
	Compsoneura capitellata	Myristicaceae	1
	Duguetia hadrantha	Annonaceae	1
	Enterolobium sp	Fabaceae	1
	Eschweilera coriacea	Lecythidaceae	1
	Euterpe precatoria	Arecaceae	1
	Garcinia macrophylla	Clusiaceae	1
	Garcinia madruno	Clusiaceae	1
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	7
	Iryanthera grandis	Myristicaceae	3
	Matisia cordata	Malvaceae	1
	Miconia decurrens	Melastomataceae	1
	Miconia elata	Melastomataceae	1
	Miconia grandifolia	Melastomataceae	1
	Naucleopsis ulei	Moraceae	1
	Nectandra lineatifolia	Lauraceae	3
	Pourouma guianensis	Urticaceae	1
	Pourouma tomentosa	Urticaceae	2
	Pouteria glomerata	Sapotaceae	3
	Protium nodulosum	Burseraceae	1
	Sorocea pubivena	Moraceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	1
	Vochysia ferruginea	Vochysiaceae	4
	Wettinia maynensis	Arecaceae	1

	Total BOSQUE PRIMARIO	335	
T1BS	*Alchornea triplinervia*	Euphorbiaceae	1
	Allophylus pucntatus	Sapindaceae	1
	Apeiba membranacea	Malvaceae	4
	Cabralea canjerana	Meliaceae	1
	Casearia arborea	Salicaceae	1
	Casearia javitensis	Salicaceae	5
	Cecropia ficifolia	Urticaceae	1
	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	1
	Chrysophyllum cuneifolium	Sapotaceae	1
	Cordia alliodora	Boraginaceae	2
	Duguetia veneficiorum	Annonaceae	1
	Esenbeckia amazonica	Rutaceae	3
	Guarea kunthiana	Meliaceae	1
	Hieronyma alchorneoides	Phyllanthaceae	3
	Inga auristellae	Fabaceae	1
	Inga ruiziana	Fabaceae	3
	Inga thibaudiana	Fabaceae	1
	Jacaranda copaia	Bignoniaceae	2
	Miconia elata	Melastomataceae	3
	Miconia grandiflora	Melastomataceae	4
	Miconia splendens	Melastomataceae	2
	Nectandra sp.	Lauraceae	1
	Posoqueria latifolia	Rubiaceae	1
	Protium nodulosum	Burseraceae	1
	Protium sagotianum	Burseraceae	1
	Psychotria acuminata	Rubiaceae	3
	Rollinia crysocarpa	Annonaceae	1
	Ryania speciosa	Salicaceae	3
	Socratea exorrhiza	Arecaceae	1
	Tetrathylacium macrophyllum	Salicaceae	1
	Trichillia septentrionalis	Meliaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	3
T2BS	*Alchornea glandulosa*	Euphorbiaceae	1
	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	2
	Cedrela odorata	Meliaceae	1
	Chomelia tenuiflora	Rubiaceae	1
	Esenbeckia amazonica	Rutaceae	2
	Ficus glomerata	Moraceae	1
	Hasseltia floribunda	Salicaceae	2
	Hieronyma alchorneoides	Phyllanthaceae	1
	Inga ruiziana	Fabaceae	3
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	6
	Jacaranda copaia	Bignoniaceae	1

	Miconia bubalina	Melastomataceae	3
	Miconia grandiflora	Melastomataceae	4
	Miconia multispicata	Melastomataceae	5
	Miconia pilgeriana	Melastomataceae	2
	Miconia spicata	Melastomataceae	3
	Myrcia fallax	Myrtaceae	1
	Piptocoma discolor	Asteraceae	2
	Pourouma guianensis	Urticaceae	1
	Pouteria rostrata	Sapotaceae	1
	Psychotria acuminata	Rubiaceae	1
	Psychotria capitata	Rubiaceae	5
	Ryania speciosa	Salicaceae	4
	Sapium glandulosum	Euphorbiaceae	2
	Schefflera morototoni	Araliaceae	1
	Socratea rostrata	Arecaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	4
	Wettinia maynensis	Arecaceae	3
	Zanthoxylum riedelianum	Rutaceae	2
T3BS	*Alchornea multinervia*	Euphorbiaceae	1
	Alchornea triplinervia	Euphorbiaceae	5
	Aspidosperma rigidum	Apocynaceae	1
	Calliandra trinervia	Fabaceae	1
	Cecropia ficifolia	Urticaceae	1
	Cecropia membranacea	Urticaceae	2
	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	1
	Cordia alliodora	Boraginaceae	1
	Esenbeckia amazonica	Rutaceae	1
	Guarea kunthiana	Meliaceae	1
	Hieronyma alchorneoides	Phyllanthaceae	2
	Inga auristellae	Fabaceae	1
	Inga ruiziana	Fabaceae	1
	Inga thibaudiana	Fabaceae	1
	Miconia acuminata	Melastomataceae	5
	Miconia grandiflora	Melastomataceae	3
	Miconia sp	Melastomataceae	1
	Miconia spicata	Melastomataceae	2
	Piptocoma discolor	Asteraceae	1
	Protium nodulosum	Burseraceae	1
	Psychotria acuminata	Rubiaceae	5
	Rollinia pittieri	Annonaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	1
	Vochysia braceliniae	Vochysiaceae	1
	Zanthoxylum riedelianum	Rutaceae	1
	Aegiphila integrifolia	Lamiaceae	1

T4BS	*Alchornea triplinervia*	Euphorbiaceae	1
	Apeiba membranacea	Malvaceae	1
	Aspidosperma rigidum	Apocynaceae	1
	Casearia arborea	Salicaceae	1
	Cecropia ficifolia	Urticaceae	1
	Cecropia sciadophylla	Urticaceae	1
	Compsoneura capitellata	Myristicaceae	1
	Ficus obtusifolia	Moraceae	2
	Ficus paraensis	Moraceae	2
	Heisteria acuminata	Olacaceae	2
	Hieronyma macrocarpa	Phyllanthaceae	2
	Inga capitata	Fabaceae	1
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	1
	Jacaranda copaia	Bignoniaceae	2
	Miconia bubalina	Melastomataceae	2
	Miconia multispicata	Melastomataceae	2
	Miconia pilgeriana	Melastomataceae	7
	Miconia spicata	Melastomataceae	3
	Nectandra lineata	Lauraceae	1
	Neosprucea grandiflora	Salicaceae	1
	Piptocoma discolor	Asteraceae	1
	Poulsenia armata	Moraceae	1
	Sapium glandulosum	Euphorbiaceae	1
	Schefflera morototoni	Araliaceae	1
	Senna sp	Fabaceae	1
	Simarouba sp	Simaroubaceae	1
	Turpinia occidentalis	Staphyleaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	4
	Vochysia braceliniae	Vochysiaceae	3
T5BS	Allophilus punctatus	Sapindaceae	1
	Casearia arborea	Salicaceae	4
	Cecropia ficifolia	Urticaceae	2
	Compsoneura capitellata	Myristicaceae	2
	Cordia alliodora	Boraginaceae	1
	Eschweilera coriacea	Lecythidaceae	1
	Guarea grandifolia	Meliaceae	1
	Heisteria acuminata	Olacaceae	15
	Inga ruiziana	Fabaceae	1
	Inga thibaudiana	Fabaceae	3
	Iriartea deltoidea	Arecaceae	2
	Miconia bubalina	Melastomataceae	3
	Miconia elata	Melastomataceae	2
	Miconia grandiflora	Melastomataceae	1
	Miconia multispicata	Melastomataceae	7
	Miconia pilgeriana	Melastomataceae	1

	Miconia stipicata	Melastomataceae	6
	Nectandra membranacea	Lauraceae	1
	Piptocoma discolor	Asteraceae	1
	Pourouma guianensis	Urticaceae	1
	Pourouma tomentosa	Urticaceae	1
	Pouteria rostrata	Sapotaceae	1
	Pterocarpus rohrii	Fabaceae	1
	Schefflera morototoni	Araliaceae	2
	Senna sp	Fabaceae	1
	Vochysia braceliniae	Vochysiaceae	2
	Wettinia maynensis	Arecaceae	1
	Xylopia cuspidata	Annonaceae	2
	Total BOSQUE SECUNDARIO	284	
T1SS	*Bactris Gasipaes*	Arecaceae	2
	Chimarrhis glabriflora	Rubiaceae	9
	Heliocarpus americanus	Malvaceae	3
	Maclura tinctoria	Moraceae	1
	Otoba glycycarpa	Myristicaceae	1
	Piptocoma discolor	Asteraceae	1
	Schefflera morototoni	Araliaceae	1
	Senna macrophylla	Fabaceae	1
	Theobroma cacao L.	Malvaceae	6
	Wettinia maynensis	Arecaceae	2
T2SS	*Annona papilionella*	Annonaceae	1
	Chimarrhis glabriflora	Rubiaceae	4
	Ficus glomerata	Moraceae	2
	Inga edulis	Fabaceae	1
	Piptocoma discolor	Asteraceae	2
T3SS	*Chimarrhis glabriflora*	Rubiaceae	1
	Ficus glomerata	Moraceae	1
	Grias neuberthii	Lecythidaceae	2
	Heliocarpus americanus	Malvaceae	1
	Inga spectabilis	Fabaceae	1
	Maclura tinctoria	Moraceae	1
	Piptocoma discolor	Asteraceae	3
	Pleurothyrium cuneifolium	Lauraceae	1
	Senna pallida	Fabaceae	1
	Wettinia maynensis	Arecaceae	1
T4SS	Caryodendron orinocense	Euphorbiaceae	1
	Chimarrhis glabriflora	Rubiaceae	2
	Guarea fistulosa	Meliaceae	1
	Gustavia macarenensis	Lecythidaceae	2
	Heliocarpus americanus	Malvaceae	1
	Inga spectabilis	Fabaceae	1

	Inga edulis	Fabaceae	1
	Inga multinervis	Fabaceae	1
	Mauritia flexuosa	Arecaceae	1
	Ocotea javitensis	Lauraceae	3
	Piptadenia pteroclada	Fabaceae	1
	Pourouma cecropiifolia	Urticaceae	1
	Pouteria caimito	Sapotaceae	3
	Rollinia mucosa	Annonaceae	1
	Vitex cymosa	Verbenaceae	1
	Zanthoxylum riedelianum	Rutaceae	1
T5SS	*Artocarpus altilis*	Moraceae	1
	Bixa orellana L.	Bixaceae	1
	Croton lechleri	Euphorbiaceae	2
	Dussia tessmannii	Fabaceae	1
	Guarea kunthiana	Meliaceae	1
	Heliocarpus americanus	Malvaceae	1
	Hieronyma duquei Cuatrec.	Phyllanthaceae	1
	Inga edulis	Fabaceae	4
	Inga spectabilis	Fabaceae	2
	Jacaranda copaia	Bignoniaceae	2
	Piptocoma discolor	Asteraceae	3
	Pterocarpus rohrii	Fabaceae	1
	Rollinia mucosa	Annonaceae	1
	Schefflera morototoni	Araliaceae	3
	Simira cordifolia	Rubiaceae	1
	Vismia baccifera	Hypericaceae	1
	Total BOSQUE SILVOPASTURA	98	
		TOTAL	717

Anexo 2. La posición sociológica del bosque primario las especies más representativas.

Familias	Suma de N° Individuos	Suma de Abundacia Relativa AR
Cecropia sciadophylla	16	4,776119403
Compsoneura capitellata	27	8,059701493
Inga thibaudiana	9	2,686567164
Iriartea deltoidea	45	13,43283582
Pentagonia spathicalyx	8	2,388059701
Pourouma guianensis	10	2,985074627
Pourouma tomentosa	7	2,089552239
Pouteria glomerata	8	2,388059701
Protium sagotianum	8	2,388059701
Vochysia ferruginea	28	8,358208955
Wettinia maynensis	7	2,089552239
Total general	**173**	**51,64179104**

Anexo 3. La posición sociológica del bosque secundario.

Familias	Suma de N° Individuos	Suma de Abundacia Relativa AR
Heisteria acuminata	17	5,985915493
Inga ruiziana	8	2,816901408
Iriartea deltoidea	9	3,169014085
Miconia bubalina	8	2,816901408
Miconia grandiflora	12	4,225352113
Miconia multispicata	14	4,929577465
Miconia pilgeriana	10	3,521126761
Miconia spicata	8	2,816901408
Psychotria acuminata	9	3,169014085
Vismia baccifera	12	4,225352113
Total general	**107**	**37,67605634**

Anexo 4. La posición sociológica del bosque silvopastura las diez mejores especies.

Etiquetas de fila	Suma de N° Individuos	Suma de Abundacia Relativa AR
Chimarrhis glabriflora	16	16,32653061
Ficus glomerata	3	3,06122449
Heliocarpus americanus	6	6,12244898
Inga edulis	6	6,12244898
Ocotea javitensis	3	3,06122449
Piptocoma discolor	9	9,183673469
Pouteria caimito	3	3,06122449
Schefflera morototoni	4	4,081632653
Theobroma cacao L.	6	6,12244898
Wettinia maynensis	3	3,06122449
Total general	**59**	**60,20408163**