UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

DENOMINACIÓN DEL TÍTULO A OBTENER

INGENIERÍA AMBIENTAL

TITULO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Valoración ecológica del estado de la vegetación y el suelo en tres usos de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo

AUTOR

Araujo Rivera Jean Carlos

Gómez Guambo Freddy Jael

DIRECTOR

Dr. Yudel García Quintana, PhD

Puyo - Ecuador

2020 – 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jean Carlos Araujo con C.I. 1804756102 y Freddy Jael Gómez Guambo con C.I. 1600525008, declaramos ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica que el proyecto de titulación **"Valoración ecológica del estado de la vegetación y el suelo en tres usos de bosques de la zona baja de la microcuenca del río Puyo",** que el tema realizado es totalmente original y legítimo de los autores.

En tal claridad y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por el Reglamento y la normatividad institucional vigente, cercioro libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Titulación y los resultados derivados del proceso de investigación son propiedad de la Universidad Estatal Amazónica.

Autores:



Araujo Rivera Jean Carlos

C.I. 18047561902



Freddy Jael Gómez Guambo

C.I. 1600525008

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el proyecto de Investigación/Trabajo de Integración Curricular titulado: "Valoración ecológica del estado de la vegetación y el suelo en tres usos de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo".



Dr./ M.Sc. Edison Roberto Suntasig Negrete

Presidente del Tribunal



M.Sc. Leo Rodríguez

Miembro del Tribunal



M.Sc. Santiago Cuichan

Miembro del Tribunal

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

Oficio No. 243-SAU-UEA-2020

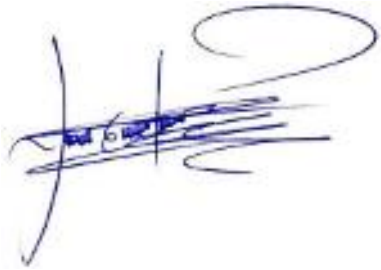
Puyo, 10 de septiembre de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados ARAUJO RIVERA JEAN CARLOS con C.I. 1804756102 y GÓMEZ GUAMBO FREDDY JAEL con C.I. 1600525008, con el Tema: **"Valoración ecológica del estado de la vegetación y el suelo en tres usos de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo",** de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto Dr. C. Yudel García Quintana, PhD., ha sido revisado mediante el sistema anti plagio URKUND, reportando una similitud del 2%, Informe generado con fecha 10 de septiembre de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,



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

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por habernos dado fuerza y voluntad para continuar con los estudios y obtener este título para poder cumplir este sueño tan anhelado.

Agradecerle a mi padre y abuelita que fueron quien me motivaron a seguir a delante para poderme formar como un profesional los cuales han sido un apoyo incondicional para de una u otra manera poder alcanzar este objetivo.

A la Universidad Estatal Amazónica, por darnos la apertura de colaborar en el desarrollo del proyecto titulado “Valoración ecológica del estado de la vegetación y el suelo en tres usos de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo”.

Como también agradecerle de manera especial a nuestro director de proyecto Dr. Yudel García Quintana PhD, por su ofrecimiento, quien con sus conocimientos, experiencia y paciencia nos permitió terminar nuestros estudios con éxito.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación quiero dedicar en especial a mi padre Klever Araujo y mi abuelita Carmen Guerra por el sacrificio y ejemplo de perseverancia, por estar siempre ahí apoyándome, guiándome, aconsejándome para ser una persona de bien y la confianza que pusieron en mi para poder lograr este gran objetivo ya que ellos fueron mi gran motivación, a mi madre que muy orgullosa estará desde arriba del cielo viéndome que eh cumplido una meta más en mi vida.

Araujo Rivera Jean Carlos

Resumen

El objetivo de este proyecto fue evaluar el estado de la vegetación y el suelo en tres áreas de bosque (primario, secundario y silvopastura) de la zona baja de la microcuenca del río Puyo, mediante la técnica de valoración ecológica. Para ello se implantó 15 transectos de 0,1 ha (10 m x 100 m), cinco por cada área de estudio. Las áreas fueron clasificadas en niveles de perturbación, considerado poco perturbados de ($0 \leq Pe \leq 3$), medianamente perturbados ($04 \leq Pe \leq 4$) y muy perturbados ($Pe > 7$); se valoró el comportamiento de los indicadores relacionados con la vegetación, biodiversidad y suelo, así como parámetros de la composición, estructura y diversidad, mediante un inventario florístico. Se identificó la presencia de perturbaciones antrópicas y naturales que alteran el ecosistema, tales como cambio de uso del suelo, pastoreo, deslizamiento de suelos y talas selectivas. El valor de las perturbaciones osciló entre 5 y 11 calificado en medianamente y muy perturbado. En las tres áreas de estudio se encontró indicadores con valores por debajo de 5, por lo que no alcanzaron el umbral de sostenibilidad. Las especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) fueron *Iriartea deltoidea, Vochysia ferruginea, Compsoneura capitellata*, el índice de calidad ecológica estructural indicó alteraciones en los parámetros ecológicos, así el índice de conservación en base al valor de importancia y la abundancia de especies nativas e introducidas, en términos relativos, reflejó la necesidad de acciones para la restauración de este importante ecosistema como contribución a la conservación de la biodiversidad amazónica.

Palabras claves: Vegetación, perturbación, microcuenca, suelo, bosque.

Abstract

The objective of this project was to evaluate the state of vegetation and soil in three forest areas (primary, secondary and silvopastoral) in the lower area of the Puyo river micro-basin, using the ecological valuation technique. For this, 15 transects of 0.1 ha (10 m x 100 m) were implanted, five for each study area. The areas were classified in levels of disturbance, considered little disturbed of ($0 \leq Pe \leq 3$), moderately disturbed ($04 \leq Pe \leq 4$) and very disturbed ($Pe > 7$); The behavior of the indicators related to vegetation, biodiversity and soil, as well as parameters of the composition, structure and diversity, was evaluated through a floristic inventory. The presence of anthropic and natural disturbances that alter the ecosystem was identified, such as changes in land use, grazing, landslides and selective logging. The value of the disturbances ranged between 5 and 11 rated as moderately and very disturbed. In the three study areas, indicators with values below 5 were found, therefore they did not reach the sustainability threshold. The species with the highest importance value index (IVI) were Iriartea deltoidea, Vochysia ferruginea, Compsoneura capitellata, the structural ecological quality index indicated alterations in the ecological parameters, thus the conservation index based on the importance value and the abundance of native and introduced species, in relative terms, reflected the need for actions to restore this important ecosystem as a contribution to the conservation of Amazonian biodiversity.

Keywords: Vegetation, disturbance, watershed, soil, forest.

Tabla de contenido

Capítulo 1: Introducción 1
1.1. Planteamiento del problema 3
1.2. Objetivos 4
1.2.1. Objetivo General 4
1.2.2. Objetivos Específicos 4
1.3. Justificación 5
Capítulo 2: Fundamentación teórica 6
2.1. Importancia de los bosques tropicales 6
2.2. Contribución de los bosques tropicales a la biodiversidad 7
2.3. Perturbaciones de los bosques tropicales 8
2.4. La Ecología y el bosque 9
2.5. Características de un bosque primario, secundario y silvopastura 10
2.5.1. Bosque Primario 10
2.5.2. Bosque Secundario 10
2.5.3. Silvopastura 10
2.6. Valoración Ecológica 10
2.7. Vegetación 11
2.8. Suelos 11
2.9. Estructura ecológica de un bosque 12
2.9.1. Estructura horizontal 12
2.9.2. Estructura vertical 14
2.10 La Biodiversidad 14
2.10.1. Diversidad Alfa 15
2.10.2. Diversidad beta 16
2.10.3. Diversidad gamma 16
2.11. Biomasa 16
Capítulo 3: Metodología de la investigación 17
3.1 Localización 17
3.2. Tipo de investigación 19
3.3. Método de investigación 20
3.3.1 Metodología empleada para el diagnóstico del grado de perturbación y los indicadores relacionados con la vegetación, el suelo y la biodiversidad. 20
3.3.2 Metodología empleada para el estado de la vegetación en base a la composición florística y estructura ecológica 28

3.3.3 Metodología empleada para relacionar el grado de perturbación con el estado de la vegetación. 30
Capítulo 4: Análisis de Resultados 33
4.1. Grado de perturbación en tres áreas de bosque (primario, secundario y silvopastura). 33
4.1.1. Valoración de las perturbaciones en las tres áreas de bosque. 33
4.1.2. Componentes que inciden en la perturbación 35
4.2 Indicadores ecológicos del suelo, biodiversidad y la vegetación. 38
4.2. Composición, estructura ecológica y diversidad de especies en tres áreas de bosque con diferente uso. 43
4.2.1. Composición florística 43
4.2.2. Grupos arbóreos más abundantes en base a la cantidad de individuos y la fisionomía de la vegetación de cada área de bosque. 44
4.2.3 Cociente de mezcla 46
4.2.4 Índice de valor de importancia Ecológica (IVI) 47
4.2.5 Posición sociológica relativa 50
4.2.8. Riqueza y diversidad de especies 53
4.3. Determinación de la relación del grado de perturbación con el estado de la vegetación a partir de la calidad ecológica estructural y el índice de conservación de tres áreas de bosque 57
4.3.1. Índice de calidad ecológica estructural 57
4.3.2. Índice de conservación 58
Conclusiones y recomendaciones: 62
Conclusiones 62
Recomendaciones 63
Bibliografía 64
Anexos 70
Anexo 1: Tabla fitosociológica de bosque primario 70
Anexo 2: Tabla fitosociológica de bosque secundario 72
Anexo 3: Tabla fitosociológica de silvopastura 73

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, contienen 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).

Los bosques en general se caracterizan por presentar estructuras arquitectónicas complejas, con la presencia de una gran diversidad de formas de vida y crecimiento, que les confiere una gran variabilidad en el hábitat, las comunidades que se desarrollan en el dosel de los bosques presentan una vulnerabilidad ya que dependen e interaccionan con todo el sistema. Dependiendo de la altitud, las condiciones de alta humedad y temperatura promedio moderado en el bosque, durante todo el año, determinan una alta diversidad de organismos y parecen favorecer la ocupación de gran parte del espacio aéreo disponible. Esta situación es especialmente notable por la abundancia de epífitas que crecen en este compartimento del bosque, estando aún lejos de un conocimiento completo de los mecanismos que permitan a todas las especies la ocupación de cada espacio en varios estratos del bosque (Hernández, 2004).

La región amazónica se caracteriza por grandes extensiones de bosque tropical con múltiples funciones ecosistémicas, ecohidrorreguladoras, alta riqueza de especies, biodiversidad y sus valores ecológicos, predominan zonas protegidas dentro de las reservas que facilitan el mantenimiento de un gran componente de la biodiversidad amazónica. Sin embargo, hay zonas donde el agua reemplaza al suelo firme, los ríos se convierten de pronto en angostos canales, aparecen lagunas grandes y medianas con deterioro de la vegetación original, los bosques son aprovechados como sustento económico de las comunidades locales (Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno, 2014).

La conservación de los bosques es importante debido a los problemas de deforestación, actividades antropogénicas. La diversidad del país está representada por al menos 46 ecosistemas terrestres diferentes; pero, no todos estos se encuentran bajo protección estatal: siete no están representados en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP) y casi el 50% está subrepresentado. Según el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), implementado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), más del 30% de los ecosistemas del Ecuador se encuentran en peligro de afectación grave (más de la mitad de su área original ha desaparecido). El país perdió para 1996 el 58% de su vegetación natural y el ritmo de deforestación ha continuado de forma incontrolable, destrucción de hábitats (deforestación generada por la colonización, expansión de la frontera agropecuaria y obras de infraestructura); caza furtiva; tráfico de especies; contaminación generada por la explotación irracional de la minería e hidrocarburos; y asentamientos humanos; expansión creciente de las actividades petroleras y mineras; relaciones ecológicas negativas producidas por la introducción de especies exóticas de interés económico; y efectos del cambio climático global (Roux, 2013).

La disminución del valor de la producción maderable de estos bosques los haría susceptibles a la conversión a otros usos del suelo, tales como la ganadería, la agricultura y los asentamientos humanos. Las personas encargadas del manejo forestal deberán solucionar los mencionados problemas mediante la aplicación de tratamientos silviculturales que brinden los elementos necesarios para la regeneración de las especies comerciales y la preservación de la calidad del bosque. Aplíquense o no estas mejoras silviculturales, los bosques aún tendrán que enfrentar amenazas provenientes de poderosas fuerzas sociales y económicas, además que los bosques aprovechados son más susceptibles a los incendios forestales, la aplicación de medidas de protección será de importancia crítica para la conservación de los bosques. La silvicultura intensiva, en superficies más reducidas de tierra, y la restauración de bosques, en terrenos degradados, podrán ayudar a reducir el grado de invasión antrópica en los bosques primarios (Fredericksen, 2000).

1.1. Planteamiento del problema

Los bosques de la zona baja de la microcuenca del río Puyo en la provincia Pastaza, Ecuador se caracterizan por sus peculiaridades ambientales, formando parte importante de la dinámica y funcionamiento eco hidrológico de la microcuenca que abastece de agua a este sector, además es reconocido por sus funciones ecológicas relevantes determinadas por su amplia biodiversidad, hábitats de fauna, regulación y atenuación del flujo de las aguas superficiales, protección de las márgenes y conectores ecológicos en los diferentes tramos de la cuenca. Sin embargo, han sido degradados por perturbaciones de carácter natural y antropogénico tales como los vientos fuertes, deslizamientos de tierra, desbroce de vegetación, tala de árboles, establecimiento de cultivos y la actividad ganadera, existiendo extensas áreas que han sufrido cambios de uso de suelo, lo cual incide en el estado de conservación de los bosques, en los recursos hídricos de esta importante microcuenca para la ciudad del Puyo; y, por consiguiente, en aspectos de la estructura ecológica y biodiversidad de este ecosistema. De ahí, se identifica el siguiente problema:

¿Cómo incide el cambio de uso de suelo y las actividades antropogénicas en el estado de la vegetación, la biodiversidad y las propiedades del suelo de tres áreas de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar el estado de la vegetación y el suelo en tres áreas de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo, mediante la técnica de valoración ecológica, como contribución a la conservación de la biodiversidad amazónica.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el grado de perturbación en función de los disturbios, así como indicadores de la vegetación, suelo y biodiversidad en tres áreas de bosque con diferente uso.
- Caracterizar el estado de la vegetación en base a la composición, estructura ecológica y diversidad de especies en tres áreas de bosque con diferente uso.
- Determinar la relación del grado de perturbación con el estado de la vegetación en tres áreas de bosque como criterio para la conservación de la biodiversidad**.**

1.3. Justificación

En el último siglo la degradación y destrucción de ecosistemas ha crecido de forma acelerada, debido a las prácticas agrícolas, ganaderas, industriales y de explotación no sostenibles realizadas por el hombre en su búsqueda del desarrollo humano, lo que ha provocado cambios drásticos en la estructura, composición y funcionalidad de los ecosistemas.

La zona baja de la microcuenca del río Puyo, perteneciente a la provincia de Pastaza, presenta una gran variedad de bosques, mismos que son parte del albergue de la gran diversidad de especies de vegetación, fauna, actúan como reservas de carbono y ciclos ambientales (hidrológicos) que ayudan a la autorregulación de la micro cuenca. Estos bosques históricamente han sido afectados por diferentes factores de carácter natural y antrópico que aceleran el deterioro de los mismos y como consecuencia se afecta la biodiversidad, propiedades físicas y químicas del suelo y la estructura ecológica del bosque, de aquí que surge la necesidad de orientar estudios que permitan valorar desde el punto de vista ecológico el estado de la vegetación y el suelo como herramienta para la toma decisiones sobre la conservación y restauración de los bosques.

La Evaluación Ecológica Rápida (EER), permite conocer el grado de perturbación que tiene la zona baja de la microcuenca del río Puyo, para tomar las medidas adecuadas para la preservación y protección de la zona, asegurando los recursos naturales para las necesidades de futuras generaciones. La Evaluación Ecológica Rápida ayudará a resolver el problema de la zona de estudio, debido a la tendencia de los pobladores de las comunidades aledañas que realizan múltiples actividades de sustento económico y provocan transformaciones importantes en áreas de bosque primario a secundario y silvopastura.

Capítulo 2: Fundamentación teórica

2.1. Importancia de los bosques tropicales

La importancia de los bosques tropicales para el equilibrio ecológico mundial; y especialmente en la regulación del clima global es un aspecto importante discutido en varios escenarios. Se destaca el interés manifiesto de los países industrializados por la conservación de los bosques tropicales; y quizás por ello mismo están dispuestos a compensar a los países en desarrollo que quieran mantener intacto su cobertura boscosa. Se hace referencia al mecanismo de implementación conjunta, acordada en la Convención de Cambio Climático, y puesta en vigencia. Con el propósito de resaltar el aporte, en este sentido, se intenta calcular en forma aproximada la cantidad de carbono que absorben y fijan anualmente los extensos bosques tropicales naturales. Al efecto, se presenta la superficie boscosa, discriminada por tipos de bosques, según altura de árboles y densidad de copas; y se les asigna volúmenes de crecimiento medio anual, basado en mediciones hechas por expertos de la Universidad de Los Andes (Luna, 2005).

Los bosques tropicales son recursos naturales globalmente importantes porque ellos albergan una diversidad bilógica extraordinaria y proporcionan una amplia serie de servicios medio ambientales críticos, no se puede esperar que protegiendo las áreas de conservación se asegure la supervivencia de bosques tropicales oficialmente no protegidos, durante más de tres décadas, la deforestación tropical viene siendo una preocupación prioritaria y muchos bosques tropicales no protegidos están bajo este asecho, las amenazas mayores de los bosques tropicales son explotación forestal, conversión, fuego, caza, minería y cambio de clima, los factores más importantes que contribuyen a salvar bosques tropicales incluyen un sistema nacional funcional de áreas protegidas, hacer cumplir las leyes y regulaciones, el compromiso a los principios de sostenibilidad, mantenimiento de la calidad medio ambiental y producción sustentable de madera y productos no maderables (Hartshorn, 2003).

Según (Delgado & Finegan, 1999) el futuro de una proporción importante de la biodiversidad tropical depende de la forma en que se manejan los bosques para producción. Pocos estudios, sin embargo, han enfocado los efectos del manejo sobre la biodiversidad del bosque. Algunas de las características de los bosques húmedos tropicales que deben ser tomadas en cuenta al momento de establecer estudios de

biodiversidad vegetal en bosques manejados para producción de madera son la gran riqueza de especies, principalmente no arbóreas de sotobosque, la poca abundancia de muchas de estas especies en muestras de áreas pequeñas y las variaciones florísticas que ocurren, a escala local, por cambios en las condiciones de substrato, o por el establecimiento de gradientes de perturbación dentro del bosque (diversidad ß). Se tiene que tomar en cuenta, además, que el grado de perturbación encontrado en un bosque manejado es muy diferente al que se presenta en un bosque sujeto solo a perturbaciones naturales; razón por la cual, es necesario evaluar la biodiversidad dentro de los distintos ambientes que resultan de las operaciones de manejo.

2.2. Contribución de los bosques tropicales a la biodiversidad

En los bosques, la diversidad biológica permite que las especies evolucionen y se adapten dinámicamente a condiciones ambientales cambiantes (incluyendo el clima), que mantengan su potencial de crecimiento y mejora de los árboles (para satisfacer las necesidades humanas de bienes y servicios y los requisitos cambiantes respecto a uso final) y que cumplan sus funciones en el ecosistema. La evaluación, la observación y la información sobre la diversidad biológica son actividades importantes cuyo objetivo es servir de guía a la ordenación forestal sostenible. La observación de la diversidad biológica y de los cambios ocasionados por las prácticas forestales y de otros tipos es importante para evaluar la efectividad de la ordenación y de los cambios acumulativos que supone el uso de los bosques (FAO, 2010).

El secreto de la gran biodiversidad de especies arbóreas tropicales se encuentra escondido en la ecología del suelo. Ambos estudios van más allá, postulando que la abundancia relativa de las especies también obedece a los mismos mecanismos edáficos. Serían pues las comunidades del suelo las que determinan el paisaje aéreo. Y se sabe desde hace tiempo, que en muchas especies tropicales las semillas y plántulas crecen mal bajo las canopias de sus progenitores, teniendo más posibilidades de supervivencia si germinan bajo otras especies. En los taxones más raros y menos abundantes, la posibilidad de germinación de una semilla aumenta conforme se dispersa a una mayor distancia de su punto de procedencia. Los investigadores implicados en este estudio señalan que los suelos bajo una especie arbórea determinada “deben atesorar más parásitos, patógenos, antagonistas, etc. de ese taxón en cuestión” que, de otros, por lo que las semillas tienen

mayores posibilidades de prosperar si se desarrollan en suelos bajo el cobijo de otros "padres adoptivos" (Ibañez, 2010).

Alcanzar objetivos conservacionistas y de producción a la vez requiere compromisos (Rice et al. 1997; Rice et al. 2001), y aun así los posibles beneficios de conservación no son desdeñables. Solamente cerca del 8% de los bosques tropicales se encuentran en parques nacionales en los cuales se prohíbe la explotación forestal selectiva (Terborgh 1999), con lo que las áreas semiprotegidas son claves para la conservación de sus ecosistemas (Costa y Magnusson, 2003). Cuanto mejor se entienda la regeneración y otros procesos de los bosques naturales, mejor equipados se está para crear y emplear estrategias de manejo sostenible en bosques sometidos a extracción forestal selectiva que incluyen metas conservacionistas y de sostenibilidad de la biodiversidad a largo plazo (Harms y Paine, 2003).

2.3. Perturbaciones de los bosques tropicales

Las perturbaciones y la regeneración natural son parte integral de la dinámica de los bosques. El tipo de perturbación, en especial la severidad, tiene influencia sobre: El potencial de regeneración de las especies en el sitio perturbado, en relación a sus estrategias de reproducción y de crecimiento. La tasa y las etapas involucradas en la sucesión forestal, específicamente cuando los sitios perturbados requieren etapas más largas para la fase de iniciación del rodal. Después de las perturbaciones antropológicas, los bosques tropicales se pueden recuperar mediante trayectorias similares. También es posible que requieran acciones de restauración para acelerar o iniciar el proceso de sucesión (Bloomfield, 2012).

Si los legados de la actividad humana no se tratan adecuadamente a través de prácticas forestales que mantengan la resiliencia del ecosistema forestal, los objetivos de manejo a corto plazo podrían dañar por un periodo de tiempo muy largo el estado de los bosques y su capacidad para recuperarse de perturbaciones de origen antrópico. Este hecho claramente apoya la idea de la necesidad de concebir el manejo forestal como un proceso de administración de los recursos naturales en vez de una mera explotación de la de los bosques tropicales (Blanco & González, 2010).

2.4. La Ecología y el bosque

La ecología es la ciencia que estudia las interacciones entre los seres vivos (plantas, animales y personas) entre sí y con el medio ambiente en el que viven. En las posibilidades de vida de un determinado animal o planta influyen diversos factores. Entre los factores ambientales figuran elementos del clima (como la insolación, la temperatura y la lluvia), la composición del suelo, de la atmósfera y del agua, y la existencia de protección y sitios de cría. Como en estos factores no intervienen los seres vivos, se los llama factores abióticos. Las relaciones entre los seres vivos presentes en determinada zona también condicionan sus posibilidades de vida. Son los factores bióticos, en los que se incluyen animales, plantas y microorganismos. Puede tratarse de la presencia o ausencia de representantes de su misma especie o de otras especies. En los animales influye la existencia de alimento y depredadores. En las plantas, intervienen los microorganismos que enriquecen el suelo y los animales que contribuyen a la polinización y a la diseminación de las semillas. También los seres humanos forman parte de los ecosistemas. Formas inadecuadas de manejo de los recursos naturales pueden producir el deterioro del medio ambiente, erosión acelerada del suelo, deforestación, cambio del clima y desaparición de muchas especies vegetales y animales (FAO, 1996).

El bosque, es una asociación natural o plantada de árboles (en cualquier etapa del ciclo natural de vida) la cual puede o no estar acompañada de arbustos u otros estratos, que cubre una superficie mínima de 1 hectárea y que es capaz de producir madera, otros productos forestales, bienes y servicios eco sistémicos para beneficio de la población y que ejercen influencia sobre el régimen de aguas, suelo, clima y proveen hábitat para la vida silvestre. La cobertura de copa de dicha asociación debe de ser mayor al 10% y los árboles deberán alcanzar una altura mínima de dos metros para manglares y cuatro metros para el resto de los ecosistemas. Asimismo, se considera bosque las superficies que temporalmente carecen de población forestal a consecuencia de la intervención humana o de causas naturales, pero con potenciales condiciones, características y vocación para convertirse en bosque (Colindres, 2016).

2.5. Características de un bosque primario, secundario y silvopastura

2.5.1. 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.

2.5.2. 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.

2.5.3. 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.

2.6. Valoración Ecológica

Según (Salazar, 2017), la valoración ecológica de la biodiversidad, consiste en la cuantificación y ponderación de cuanto ofrece y aporta la biodiversidad en los diferentes niveles jerárquicos existentes como son: genético, específico o ecosistémico, es decir la oferta de bienes y servicios ambientales que brindan estos niveles para el beneficio de la

sociedad, y de acuerdo con ello la importancia y prioridad para su manejo, sostenibilidad y conservación.

La metodología de "Evaluación Ecológica Rápida" es utilizado para seleccionar, diseñar, manejar y monitorear las áreas de conservación. Se enfoca en análisis detallado de las imágenes satelitales, vuelos de reconocimiento de la vegetación y el trabajo de campo a partir de observación in vivo de cada componente de estudio. Enfatiza en la utilidad del sistema que básicamente es caracterizar, en forma general, paisajes ecológicos para un análisis posterior detallado de los sitios que demandan mayor atención. Incluye formularios para diferentes actividades planteadas en el documento (Sobrevila, 1992).

2.7. Vegetación

La vegetación es la resultante de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. Refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y de nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. A su vez, la vegetación modifica algunos de los factores del ambiente. Los componentes del sistema: la vegetación y el ambiente, evolucionan paralelamente a lo largo del tiempo, evidenciando cambios rápidos en las primeras etapas de desarrollo y más lentos a medida que alcanzan el estado estable (Colma, 2002).

Por su lado, (Velázquez & Rangel, 1997) indicaron que la vegetación puede considerarse como la representación integral de la interacción entre los factores bióticos (intrínsecos y extrínsecos) y abióticos (suelo, agua y clima, entre otros). Por esto, su estudio ha sido abordado desde diversas perspectivas y técnicas que comprenden desde el nivel de organización más reducido hasta el más complejo (gen cromosoma-individuo-población-especie-comunidad-cuenca paisaje-bioma).

2.8. Suelos

El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales, animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Los plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo (FAO, 1996).

2.9. Estructura ecológica de un bosque

Según (Manzano, 2020), el estudio de la estructura de los bosques permite identificar a los individuos presentes, su distribución en el espacio disponible, el estado de mortalidad o natalidad de los árboles, su competencia y si existen estratos más o menos agresivos que otros. Es decir, es la distribución de los individuos en términos de edad, tamaño, u otras características.

En este sentido, (Castillo & Calvo, 2011), demostraron que la estructura del bosque busca establecer cómo están distribuidos los individuos en el espacio disponible, es también una forma práctica de observar cómo y dónde están compitiendo los árboles y si existen estratos menos agresivos que otros. El conocimiento de la distribución espacial de los árboles (tanto horizontal como verticalmente), es una herramienta valiosa como complemento de varios estudios (crecimiento, mortalidad); no es solo conocer qué ingresa, sale o se mantiene en el ecosistema, es importante además saber cómo se distribuyen espacialmente estas variables.

2.9.1. Estructura horizontal

Según (González et al, 2020), para señalar la importancia de cada especie en el conjunto existe el índice de valor de importancia ecológica (IVIE), cuyo resultado es la suma de los valores relativos de abundancia o densidad, dominancia y frecuencia de cada especie. Mediante este índice es posible comparar el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema. La obtención de índices de valor de importancia similares para las especies indicadoras, sugieren la igualdad o por lo menos la semejanza del rodal en su composición, estructura, sitio y dinámica.

Además del índice de valor de importancia ecológica existen otros parámetros ecológicos que describen el comportamiento de la estructura horizontal de un bosque, tal es el caso de las clases diamétricas, índice de valor de importancia ecológica ampliado, cociente de mezcla (Melo & Vargas, 2003).

2.9.1.1 Índice Valor Importancia (IVI)

Según (Ríos, 2008), el Índice de Valor de Importancia (IVI) muestra la importancia ecológica relativa de cada especie en el área muestreada. Interpreta a las especies que están mejor adaptadas, ya sea porque son dominantes, muy abundantes o están mejor distribuidas. Se calcula de la siguiente manera:

IVI = Ar + Dr + Fr

Donde:

Ar = Abundancia relativa

Dr = Dominancia relativa

Fr = Frecuencia relativa

Como también (Soler et al., 2012), índice valor de importancia (IVI) de las especies; este consiste en la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia y dominancia e indica la importancia ecológica relativa de las especies de plantas en una comunidad.

Abundancia relativa: La abundancia es la participación de cada especie con el número total de árboles levantados en la muestra respectiva (Ríos, 2008).

Dominancia relativa: Una especie es dominante cuando tiende a tener un gran predominio sobre la composición y forma de la colectividad (Soler et al., 2012).

Frecuencia relativa: Es el número de veces que una especie se presenta en una cantidad dada en parcelas o puntos de muestreo (Soler et al., 2012).

2.9.1.2 Cociente de Mezcla (CM)

Según (Gordo, 2009), es el indicador de la homogeneidad o heterogeneidad del bosque, relacionando el número de especies y el número de individuos totales, el Cociente de Mezcla permite tener una idea general de la intensidad de mezcla, es decir, de la forma como se distribuyen los individuos de las diferentes especies dentro del bosque. Los valores del cociente de mezcla dependen fuertemente del diámetro mínimo de medición y del tamaño de la muestra, por lo cual, sólo se debe comparar ecosistemas con muestreos de igual intensidad.

Dónde:

$$CM = \frac{Número\ de\ especies}{Número\ de\ individuos}$$

S = Número total de especies en el muestreo

N = Número total de individuos en el muestreo

2.9.2. Estructura vertical

La estructura vertical se considera aquella distribución de las especies en capas o estratos, se debe en gran parte a los efectos producidos por la luz y aumento de la humedad. Un elemento importante para describir la estructura de un bosque lo constituye la estructura vertical (Castillo & Calvo, 2011), la cual se define como la distribución de los individuos en cuanto a la altura. Esta distribución responde a las características de las especies que la conforman y a las condiciones micro climáticas que varían al moverse de arriba abajo en el perfil de radiación, temperatura, viento, humedad relativa, evapotranspiración y concentración de CO_2. Se describen como parámetros ecológicos de la estructura vertical de un bosque a las clases de altura y posición sociológica relativa (Melo & Vargas, 2003).

2.9.2.1 Posición sociológica relativa

Para conocer la posición sociológica de las especies, es necesario en primera instancia determinar las clases de estratos o alturas de los árboles. Baur (1964), citado por Ahuanari (2015), refiere que los estratos generalmente son de naturaleza discontinua, ya que surgen a consecuencia de los claros o aperturas. Uno de los parámetros que ayuda a caracterizar la estructura vertical es la posición sociológica la cual es una expresión de la expansión vertical de las especies, que informa sobre la composición florística de los distintos subestratos de la vegetación, y del papel que juegan las diferentes especies en cada uno de ellos. Así mismo, a referencia sobre las posibles especies que representarían el bosque cuando son aprovechadas las especies del estrato superior.

2.10 La Biodiversidad

Reconociendo que la demanda de tierra y de materias primas dará lugar a la alteración de la mayoría de los bosques que queden fuera de las zonas protegidas y a su dedicación permanente a otras formas de aprovechamiento, es necesario examinar las diferentes posibilidades de explotación que tienen dichos bosques y la tierra en que crecen, para determinar cuál de ellas puede contribuir mejor a la conservación de la diversidad biológica. A primera vista parecería que diversos sistemas forestales compuestos de especies locales, en una mezcla análoga a la del bosque natural de ese lugar, sería lo que probablemente mantendría el número máximo de especies vegetales y animales (FAO, 1991).

La biodiversidad a escala de una comunidad depende tanto del número de especies presentes (riqueza especifica), como de las abundancias relativas (equitatividad). Estos dos elementos, riqueza específica y equitatividad, son los factores fundamentales que definen la diversidad de una comunidad. La teoría matemática que trata el estudio de la heterogeneidad en series con varios estados discretos se conoce como teoría de la información. La teoría de la información ha sido usada en ecología para medir la diversidad biológica. La diversidad, como un valor único que combina riqueza específica y equitatividad ha sido medida a través de una gran cantidad de formas. Las dos más usuales provienen ambas de la teoría de la información y se conocen en ecología como el índice de Simpson y el índice de Shannon Weaver (Halffter, 1994).

El estudio de la diversidad a diferentes escalas de análisis se ha venido desarrollando desde hace más tiempo del que se ha reconocido explícitamente. El objeto de estudio de la biogeografía ha sido la variación en la riqueza de especies entre grandes unidades biogeográficas y los procesos, sobre todo históricos, que explican el porqué de esta variación. A su vez, los estudiosos de la ecología originalmente se centraron en analizar la composición de especies en las comunidades y en tratar de entender los procesos, fundamentalmente locales como el clima, heterogeneidad ambiental e interacciones bióticas, que explicaran los patrones de riqueza observados. Estas dos visiones corresponden a dos puntos de un continuo del que también forman parte otras escalas espaciales como son el paisaje, los biomas, continentes o incluso todo el planeta (Vázquez & Rodriguez , 2003).

Sin embargo para (Manzano, 2020), el término riqueza ecológica hace referencia al número de las especies que integran la comunidad, en tanto que el término abundancia se refiere al número de individuos por especie que se encuentran en la comunidad (García, 2014).

2.10.1. Diversidad Alfa

Según (Dávila & Uvijindia, 2019), se considerada a la diversidad alfa como la riqueza de especies existentes de una muestra territorial o comunidad en particular a la cual se le considera como homogénea. También se ve asociada a los factores ambientales locales y sobre todo con las interacciones 17 poblacionales, estableciendo como resultado eventos particulares de colonización, recolonización y extinción de riqueza de especies.

2.10.2. Diversidad beta

En estos fenómenos se incluye la diferenciación en la composición de especies cuando no hay un orden direccional en las muestras, por ejemplo, cuando se analiza la diversidad β entre los tipos de vegetación de un paisaje. La gran diferencia radica en que el recambio de especies implica una direccionalidad en la secuencia de las muestras, a raíz de un gradiente (Calderón, Moreno, & Zuria, 2012).

2.10.3. Diversidad gamma

La gamma-diversidad es la diversidad intrínseca de un paisaje, e integra las componentes alfa y beta de la diversidad. Estima la variedad de especies en una zona determinada, incluyendo todas las comunidades que se encuentran en ella (Ferriol & Merle, 2012).

2.11. Biomasa

La biomasa se define como la cantidad de materia seca que existe en un árbol, componente del árbol, población, comunidad o bosque por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en kilogramos por árbol o en toneladas por hectáreas de peso seco o verde. Es frecuente separarla por componentes ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca, madera muerta y materia orgánica del suelo. El cálculo de la biomasa de un bosque es un elemento ambiental clave porque permite estimar los montos de carbono y, representa la cantidad potencial de este biogeoquímico que puede ser liberado a la atmósfera, o conservado y fijado en una superficie cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigar gases de efecto invernadero (Silva & Návar, 2010).

Capítulo 3: Metodología de la investigación

3.1 Localización

La presente investigación se realizó en tres usos de suelo (bosque primario, secundario y silvopastura) de la zona baja de la microcuenca del río Puyo, perteneciente a las comunidades de Cotococha y Lisan Wasi, en el cantón y provincia de Pastaza (Figura 1).

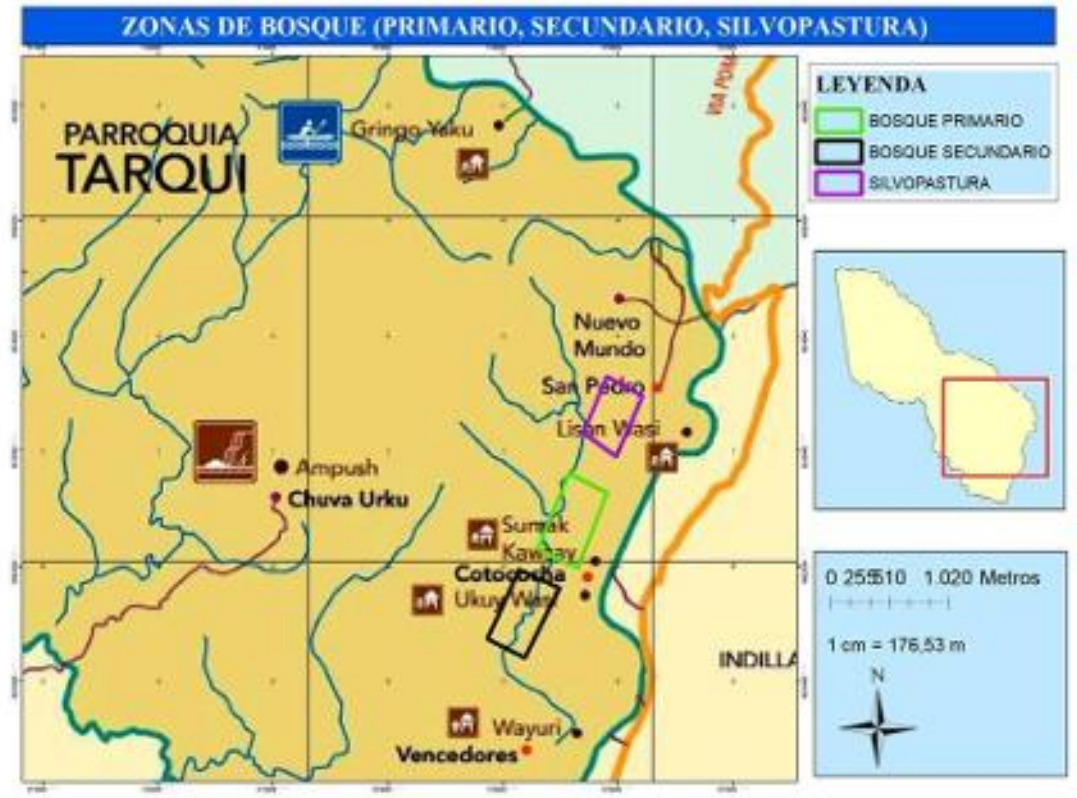


Figura 1. Ubicación geográfica de las zonas de estudio.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

Las parcelas del bosque primario y secundario se localizaron en la comunidad Cotococha, en áreas aledañas a las riberas del río Puyo, a lado izquierdo y derecho, en esta comunidad se expone y practica el turismo comunitario con cabañas típicas de la comunidad Kichwa. La tercera área de estudio comprende un sistema de silvopastura, el cual se encontró en la comunidad San Pedro, en el sector Lisan Wasi. La comunidad posee una gama de productos gastronómicos, rica en su cultura como maitos, caldo de gallina criolla, entre otros (Tarqui, 2019). Las coordenadas de las zonas de uso de suelo (bosque primario, secundario y silvopastura) se detallan en las siguientes tablas 1, 2 y 3. Los límites son: Norte: con las parroquias Puyo y Veracruz, Sur con la parroquia Madre Tierra, Este con la parroquia Pomona y Madre Tierra y Oeste con las parroquias Madre Tierra y Shell.

Tabla 1. Coordenadas UTM de las parcelas en la comunidad Cotococha (Bosque primario)

ZONA DE BOSQUE PRIMARIO (COMUNIDAD COTOCOCHA)			
TRANSECTO	ZONA Y BANDA	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
1	18 S	842795.45	9822057.73
2	18 S	842718.79	9822176.97
3	18 S	842653.05	9822267.18
4	18 S	842485.64	9822136.65
5	18 S	842341.07	9822289.10

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

Tabla 2. Coordenadas UTM de las parcelas en la comunidad Cotococha (Bosque secundario)

ZONA DE BOSQUE SECUNDARIO (COMUNIDAD COTOCOCHA)			
TRANSECTO	ZONA Y BANDA	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
1	18 S	845037.86	9821726.08
2	18 S	845086.07	9821793.95
3	18 S	845223.15	9821812.55
4	18 S	845262.34	9821874.44
5	18 S	845254.87	9822054.50

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

Tabla 3. Coordenadas UTM de las parcelas en la comunidad San Pedro (Silvopastura)

ZONA DE BOSQUE SILVOPASTURA (COMUNIDAD SAN PEDRO)			
TRANSECTO	ZONA Y BANDA	COORDENADAS ESTE	COORDENADAS NORTE
1	18 S	844266.09	9823903.73
2	18 S	844266.24	9823953.74
3	18 S	844308.31	9823975.62
4	18 S	844290.52	9824048.69
5	18 S	844339.62	9824081.55

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

3.2. Tipo de investigación

Este proyecto de investigación es continuación de un estudio donde los datos de campo ya fueron tomados previamente por lo que se empleó el tipo de investigación analítica que permitió sobre la base de los datos del inventario florístico analizar e interpretar sistemáticamente las características del fenómeno estudiado con base a la realidad del escenario planteado (Sampieri, 2010) que incluyó el conjunto de matrices de las variables medidas del estado de la vegetación y el suelo en condiciones de campo. La investigación fue analítica, a partir de datos tomados de un inventario florístico realizado en el año 2019 como parte de las actividades del proyecto "Restauración forestal mediante técnicas de nucleación como contribución a los servicios ecosistémicos" que ejecuta la Universidad Estatal Amazónica de conjunto con la ONG "The Nature Consenvancy", del cual los autores de este trabajo participaron como parte del equipo de trabajo en el muestreo de vegetación y suelo en las tres zonas de estudio. Las variables que se analizaron fueron el grado de las perturbaciones a partir de la intensidad del disturbio, indicadores ecológicos de la valoración ecológica en campo, el estado de la vegetación en base a la composición florística y estructura del bosque, donde fueron analizadas las especies y familias más abundantes, el cociente de mezcla, el índice de valor de importancia ecológica, la posición

sociológica relativa, los cuales estuvieron relacionados con las variables de altura y diámetro.

La investigación también fue de tipo descriptiva, porque buscó especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno, describe tendencias de un grupo o población, su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables (Sampieri et al., 2010).

3.3. Método de investigación

En este proyecto de investigación se aplicaron los siguientes métodos para poder obtener información del lugar de estudio:

Observación: es un método que ayuda a la recolección de datos e información y que consisten en utilizar los sentidos y la lógica para tener un análisis más detallado en cuanto a los hechos y las realidades del objeto de estudio (Campos & Martinez, 2012). Este método se empleó ya que fueron observados en campo las perturbaciones naturales y antrópicas en cada uso de bosque, además de observar el estado de los indicadores ecológicos determinados para la vegetación y el suelo.

Modelación: La modelación es el método que opera en forma práctica o teórica con un objeto, no en forma directa, sino utilizando cierto sistema intermedio, auxiliar, natural o artificial (Campos & Martinez, 2012). Este método se utilizó para diseñar modelos ecológicos que permitan determinar la distribución de especies en función de las perturbaciones mediante el uso de técnicas de estadísticas multivariadas.

3.3.1 Metodología empleada para el diagnóstico del grado de perturbación y los indicadores relacionados con la vegetación, el suelo y la biodiversidad.

Para dar cumplimiento al primer objetivo de esta investigación en correspondencia con los métodos de investigación definidos para el desarrollo de este proyecto se procedió de la siguiente manera:

3.3.1.1 Grado de perturbación

El diagnóstico de los niveles de perturbación se realizó en base a tres categorías (alto, medio y bajo), a partir de las observaciones *in situ* realizadas en campo sobre los

disturbios presentes en los tres usos de suelo, además de la información primaria reportada por el GADPPz (MAE, 2003) y los criterios emitidos por los pobladores de la zona. Esto permitió la clasificación de las áreas de estudio en sitios poco perturbados (0 ≤ Pe≤ 3), medianamente perturbados (4 ≤ Pe ≤ 7) y muy perturbados (Pe> 7), utilizando metodología de Salmerón et al., (2016), con adecuaciones por los autores de este proyecto, lo cual se sustentó en la presencia de disturbios de carácter natural y antrópico presentes en la zona de estudio, tales como: existencia de cultivos, caída de árboles por el viento, deslizamientos de suelos, presencia de especies invasoras, actividad de pastoreo y registros de tala selectiva. La ecuación que se empleó f ue:

Pe = Cag + Cav + Ds+ Er + Pa + Ts

Dónde:

Pe: Nivel de perturbación.

De acuerdo con el valor de Pe, los sitios se consideraron como: Poco perturbados (0 ≤ Pe≤ 3), Medianamente perturbados (4 ≤ Pe ≤ 7) y Muy perturbados (Pe> 7).

Cag: Existencia de cultivos agrícolas

- En últimos 5 años: 3
- En últimos 25 años: 2.
- Más de 25 años atrás: 1.
- No verificados en el sitio: 0

Cav: Caída de árboles por efecto del viento

- En últimos 5 años: 3
- En últimos 25 años: 2
- Más de 25 años atrás: 1.
- Sin ocurrencia verificada: 0

Ds: Deslizamiento de suelos

- Actual: 3
- En últimos 5 años: 2

- En últimos 25 años: 1
- No verificada en el sitio: 0

Er: Extracción de recursos vegetales

- Actual: 3
- En últimos 5 años: 2.
- En últimos 25 años: 1.
- Sin verificar en el área: 0

Pa: Pastoreo

- Actual: 3
- En últimos 5 años: 2.
- En últimos 25 años: 1.
- Sin verificar en el área: 0

Ts: Tala selectiva

- Actual selectiva: 3
- Rasa entre 20 y 30 años atrás o selectiva en los últimos cinco años: 2
- Rasa más de 30 años atrás o selectiva en los últimos veinticinco años: 1
- No verificada en el sitio: 0

Con los datos obtenidos en las ponderaciones de acuerdo a la intensidad del disturbio se construyó un histograma de frecuencia para clasificar los sitios en categorías poco perturbados ($0 \leq Pe \leq 3$), medianamente perturbados ($4 \leq Pe \leq 7$) y muy perturbados ($Pe > 7$). La evaluación de los indicadores de disturbio permitió realizar una tabla de contingencia y prueba de Chi cuadrado, lo cual facilitó entender si el sitio determina en el comportamiento de los indicadores de disturbio analizados.

Además, se realizó un análisis de correspondencia como técnica multivariada que permitió comprobar la relación de los sitios con la intensidad del disturbio. En el análisis se consideró el sitio en las filas y la categoría de disturbio en las columnas. Esto fue posible con el uso del programa estadístico SPSS ver.22.0.

3.3.1.2 Diagnóstico de los indicadores de la vegetación, suelo y biodiversidad

Para el diagnóstico de los indicadores de la vegetación, suelo y biodiversidad se empleó la técnica de valoración ecológica rápida propuesta por INFA-RIFA, (2013). Esta herramienta permitió identificar los elementos débiles o sensibles del ecosistema en estudio ayudando a priorizar acciones que fortalezcan a estos elementos ya que en un futuro requerirán de mayor atención por ello la priorización ayudará a mejorar la salud general del ecosistema de bosque de la microcuenca del río Puyo. Para realizar la Valoración Ecológica se estableció cuatro criterios, según la metodología de RIFA (2015): Suelo, Biodiversidad, Estructura y Productividad.

Los indicadores obtenidos del estado del suelo fueron posible a través de un muestreo de suelo que posibilitó la valoración de las características físicas (perfil de suelo, densidad aparente) y características biológicas (lombrices y antrópodos), además se consideró la valoración del estado de la biodiversidad a partir de un inventario florístico.

3.3.1.2.1 Valoración ecológica del Suelo

Los indicadores de perfil del suelo, densidad aparente, biodiversidad edáfica (lombrices y artrópodos) y la vegetación en descomposición fueron observados *in vivo*. El método de muestreo de suelo fue por medio de calicatas, a partir de la metodología propuesta por la FAO (2015). Mediante técnica de muestreo sistemático se procedió a la construcción de calicatas en los extremos de cada transecto, considerando la accesibilidad y topografía de la zona estudiada. Se establecieron dos calicatas de un tamaño de 0,50 m^2 con una dimensión de 0,50 x 0,50 m en cada uno de los transectos, con un total de 30 calicatas. Las calicatas se establecieron en los extremos de cada transecto de estudio (Figura 2).

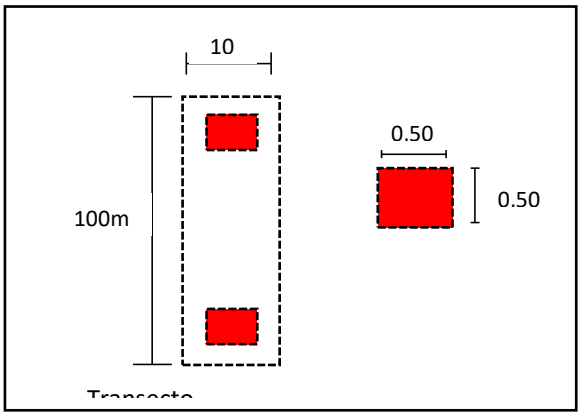


Figura 2: Representación del modelo de calicatas para muestreo de suelo.
Fuente: Grupo de Trabajo 2020.

Las características físicas del suelo fueron descritas por medio de diferentes parámetros propuesto por la metodología (RIFA, 2008) (Tabla 4).

Tabla 4: Características físicas del suelo

Perfil del Suelo		
Valor	Características	
1-2	Capa arable casi ausente	
3-5	Suelo superficial delgado	
6-8	Suelo superficial más profundo	
Densidad aparente		
Valor	Característica	Afecta al crecimiento radicular
1-2	Muy Compactado	Restringe el crecimiento radicular
3-5	Compactado	Afecta al crecimiento radicular
6-8	No Compactado	No afecta al crecimiento radicular

Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

Las características biológicas del suelo fueron descritas por la metodología de RIFA (2008) (Tabla 5).

Tabla 5: Características biológicas del suelo

Biodiversidad del suelo	
Valor	Características
1-2	No hay señal de actividad biológica, no hay lombrices ni artrópodos
	Se observa artrópodos y lombrices en pequeñas cantidades
3-5	Mucha actividad biológica artrópodos y lombrices
6-8	
Tasa de descomposición de residuos vegetales	
Valor	Característica
1-2	Presencia de MO residual que no se descompone o lo hace lentamente
	El residuo se deteriora visiblemente
3-5	Vegetación en varios estados de descomposición, residuos bien
6-8	descompuestos

Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

Biodiversidad

Para realizar el análisis de la biodiversidad del componente de flora y fauna se tomó en consideración las observaciones realizadas en el área de estudio a partir de la metodología propuesta por RIFA (2015) (Tabla 6).

Tabla 6: Biodiversidad (flora y fauna)

Componente vegetal (flora)	
1-2	Muy poca variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (1-5 especies presentes)
3-5	Poca variabilidad de especies (5-10 especies arbóreas presentes y pocas especies de sotobosque)
6-8	Mucha variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (más de 10 especies arbóreas presentes y presencia de epífitas, plantas de sombra hojas suaves y grandes plantas de sotobosque)
Componente Fauna	
Valor	Características
1-2	Muy poca presencia visible y diversidad de aves, reptiles, mamíferos, insectos, anfibios (1-5 especies presentes)
3-5	Poca presencia visible y diversidad de especies (5-10 especies presentes).
6-8	Presencia y diversidad de especies visiblemente abundante (más de 10 especies).

Fuente: Grupo de trabajo 2020

3.3.1.2.2 Valoración ecológica de la Vegetación

La vegetación se valoró en base a la estructura por altura, etapa serial, productividad ecológica y económica del ecosistema.

Estructura

La estructura de la vegetación se valoró a partir de los datos tomados de altura y diámetro del inventario florístico, los cuales fueron analizados empleando la metodología RIFA (2008) con adecuaciones por los autores de este trabajo.

Con los datos de altura de los árboles se asignó valores de 1 hasta 8. En la metodología se distinguen ocho doseles o estratos. El superior está formado por las copas de los árboles más altos y es discontinuo. Bajo él, y no claramente diferenciado existe otro también discontinuo. El tercer estrato es continuo, y absorbe la mayor parte de la luz incidente.

Por debajo se encuentra un estrato con sombra y escasa vegetación, y por último se encuentran varios estratos basales en el que predominan herbáceas, plántulas, helechos y raíces de los árboles. Para identificar los diferentes doseles existentes en cada uno de los transectos por uso de suelo, se realizó mediante el método de observación directa (Tabla7):

Tabla 7: Estructura en función de la altura

Altura (Doseles)	
Valor ecológico	(m)
8	> 35 m
7	20-35 m
6	10-20 m
5	5-10 m
4	2-5 m
3	0,5-2 m
2	10-50 cm
1	< 10 cm

Fuente: Grupo de trabajo 2020

Para el análisis de las etapas seriales (Tabla 8), a partir de los descritos por RIFA (2008) se realizó la valoración ecológica.

Tabla 8: Etapa serial

Indicador de estructura		
Símbolo	Estructura-Etapa serial	Valor Ecológico
A	Pastizales	1
B	Vegetación baja, menos de 1 año	2
C	Arboles bajos y arbustos pequeños	3
D	Arboles diversos, sotobosque con arbusto y especies herbáceas.	4
E	Bosque secundario joven, alta diversidad de especies	5
F	Bosque secundario con diversidad de doseles, presencia de epifitas, líquenes etc.	6
G	Bosque intervenido maduro	7
H	Bosque Primario	8

Fuente: Grupo de trabajo 2020

Productividad ecológica y económica

Este es un indicador socioeconómico considerado en la valoración ecológica que permitió entender que tan importante y productivo es el ecosistema estudiando para el hombre, para un productor o para aquella persona que cuida la naturaleza (Tabla 9). Para llevar a cabo la medición de la productividad de los tres usos de suelo se implementó la metodología de observación directa (UICN, 2004).

Tabla 9: Indicador de productividad

Productividad – Económica	
Valor	Características
1-2	No existe ningún sistema productivo.
3-5	Existe un sistema productivo para autoconsumo o para comercialización, pero no cumple con todos los objetivos del propietario.
6-8	Existe un sistema productivo para beneficios del propietario
Productividad – Funciones Ecológicas y Valores de Conservación	
Valor	Características
1-2	Las funciones ecológicas están débiles, y no existe ningún sistema con respaldo en estudios científicos, captura de carbono o turismo.
3-5	Existen algunas funciones ecológicas (calidad de agua, conservación del suelo, hábitat y alimentos para animales, mamíferos, etc.) o sistemas en desarrollo por estudios científicos, captura de carbono o turismo.
6-8	Existen funciones ecológicas fuertes y estables y/o existen sistemas estables respaldados por estudios científicos, captura de carbono o turismo.

Fuente: Grupo de trabajo 2020

Con los datos obtenidos del conjunto de indicadores de la valoración ecológica en los diferentes usos de suelos se realizó un diagrama de araña que permitió comprobar el umbral de sostenibilidad de la zona en estudio. El conjunto de indicadores analizados para el umbral de sostenibilidad fue procesado mediante un análisis de clúster con el propósito de clasificar los sitios de estudio en función del indicador ecológico. Esto fue posible con el uso del programa estadístico SPSS ver. 22.0.

3.3.2 Metodología empleada para el estado de la vegetación en base a la composición florística y estructura ecológica

Para dar cumplimiento al segundo objetivo de esta investigación en correspondencia con los métodos de investigación definidos para el desarrollo de este proyecto se procedió de la siguiente manera:

Para el estudio del estado de la vegetación en base a la composición, estructura ecológica y diversidad de especies en las tres áreas de bosque se realizó un inventario florístico en cinco transectos de 0,1 ha (10 x 100 m) por cada sistema de bosque (primario, secundario y sistema de silvopastura) con un total de 15 transectos, a partir de la metodología de Inventario Rápido propuesta por Keels et al., (1997); Gentry, (1988) y Lozano *et al.*, (2013).

Se utilizó la metodología establecida por Lamprecht (1990) y Melo y Vargas (2003) para el cálculo de los parámetros ecológicos. Se determinó el cociente de mezcla, el índice de valor de importancia ecológica (IVI), el índice de diversidad de Shannon (Shannon y Weaver, 1949), dominancia de Simpson (Shannon y Weaver, 1949), Riqueza de especies por el índice de Margalef (Margalef, 1995), la posición sociológica relativa (Finol, 1976), el contenido de biomasa aérea de las principales especies arbóreas, mediante la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al*., (2005) y el índice de sinántropismo, mediante la metodología propuesta por Ricardo *et al.*, (1995).

El cociente de mezcla (CM) fue posible mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{CM} = N^{o}\ especies / N^{o}\ árboles$$

El índice de valor de importancia ecológica (IVI) fue posible mediante la siguiente ecuación:

IVI = Abundancia relativa + dominancia relativa + Frecuencia relativa.

La Posición sociológica absoluta (PSa) y relativa (PSr) mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

PSa: posición social absoluta

VF(i): Valor fisiologico subestrato inferior

VF(m): Valor fisiológico subestrato medio

VF(s): Valor fisiológico subestrato superior

n(i): Número de individuos subestrato inferior

n(m): Número de individuos subestrato medio

n(s): Número de individuos subestrato superior

El índice de PSr se obtuvo a partir del porcentaje que representa cada especie en función del sumatorio total de los valores absolutos.

El Índice de Shannon (H') mediante la siguiente ecuación:

$H=-\Sigma pi*Inpi$

El índice de Margalef se calculó mediante la siguiente expresión

$Dmg = S-1 \ln N$

Dónde:
S = número de especies

N = número total de individuos

La biomasa aérea (AGB) se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

AGB = ρ x exp (-1.499 + 2.148ln (DBH) + 0.207(ln (DBH))2 – 0.0281(ln (DBH))3)

El índice de sinántropismo mediante la siguiente ecuación:

$Is=(N1-N2) /N-N3$

Is = Índice de sinantropismo

N1 = Número de especies sinantrópicas nativas (apófitas)

N2 = Número de especies sinantrópicas (antropófitas)

N3 = Número total de especies del inventario florístico

N = Número de especies de origen desconocido (parapófitas)

3.3.3 Metodología empleada para relacionar el grado de perturbación con el estado de la vegetación.

Para dar cumplimiento al tercer objetivo de esta investigación en correspondencia con los métodos de investigación definidos para el desarrollo de este proyecto se procedió de la siguiente manera:

Se calculó el índice de calidad ecológica estructural a partir de la metodología propuesta por García *et al*., (2020).

ICEE=(PSr+IVI+CM+AEP)/4

ICEE: Índice de calidad ecológica estructural

PSr: Posición sociológica relativa

IVI: Índice de valor de importancia ecológica

CM: Cociente de mezcla

AEP: Abundancia de especies en sitios perturbados (Pioneras)

-Si el valor es 3 se interpretó como un bosque con alta calidad ecológica estructural, debido a que mantiene su estructura y está bien conservado, por lo que no requiere de actividades de restauración.

-Si el valor es 2 refleja la existencia de un bosque con media calidad ecológica estructural, debido a la alteración progresiva de sus parámetros estructurales y, por consiguiente, requiere actividades de restauración.

-Y si el valor del índice fue 1 indica baja calidad ecológica estructural, debido a la ruptura total o parcial de sus parámetros estructurales, por lo que requiere de actividades de restauración.

PSr osciló de 1 a 3:

Se asigna 1 cuando +60% de las especies presentes están en un solo estrato

Se asigna 2 cuando entre 40 y 60% de las especies presentes están en un solo estrato

Se asigna 3 cuando existe una relación proporcional entre los estratos.

IVI osciló de 1 a 3:

Se asigna 1 cuando más de dos especies pioneras ocuparon posiciones altas

Se asigna 2 cuando una especie pionera ocupó posiciones altas

Se asigna 3 cuando no se encontró ninguna especie pionera en posiciones altas.

CM osciló de 1 a 3:

Se asigna 1 cuando menos del 40% de clases diamétricas presentaron un cociente entre 1:3 y 1:5.

Se asigna 2 cuando entre 40 y 50% de clases diamétricas presentaron una proporción entre 1:3 y 1:5.

Se asigna 3 cuando más del 50% de las clases diamétricas presentaron una proporción igual ó superior de 1:3-1:5

AEP osciló de 1 a 3:

Se asigna 1 cuando existen más de 3 especies indicadoras de perturbaciones

Se asigna 2 cuando existen de 1 a 3 especies indicadoras de perturbaciones

Se asigna 3 cuando no se reportan especies indicadoras de perturbaciones

También como parte de este objetivo de investigación se calculó el índice de conservación a partir de la metodología propuesta por Santibañez-Andrade et al., (2015) con adecuaciones por los autores de este proyecto, que consideró los valores de especies características restando el valor del índice de Stenhouse (2004) (suma de especies introducidas), con las siguientes fórmulas:

Ind-Si = SR/Nati – (SR/Inti)

Donde SRNat*i*, SR-Int*i* representan la riqueza relativa de especies características, e introducidas de las unidades biofísicas *i*, respectivamente, para calcular Ind-S*i* que representa el valor indicador de riqueza.

Ind-VI*i* = VI/Nat*i* – (VI/Mal*i* +VI/Int*i*)

Donde VI/Nat*i*, VI/Mal*i*, VI/Int*i* representan el valor de importancia de especies características, e introducidas de las unidades biofísicas *i*, respectivamente, para calcular Ind-VI*i* que representa el indicador de valor de importancia.

Posteriormente, se sumaron los dos índices (Urbina-Cardona y Flores-Villela 2010) y se relativizaron respecto al valor máximo obtenido para calcular un índice de conservación

por unidad biofísica (Ind-Con).

Finalmente se determinó la relación entre el grado de perturbación con la vegetación y el suelo a partir de técnicas de estadística multivariada mediante el uso del programa de cálculo CANOCO ver. 5.0 y SPSS. versión 22.0, lo que facilitó entender la relación de las variables asociados con el grado de perturbación y el estado de la vegetación arbórea.

Capítulo 4: Análisis de Resultados

4.1. Grado de perturbación en tres áreas de bosque (primario, secundario y silvopastura)

4.1.1. Valoración de las perturbaciones en las tres áreas de bosque.

El valor de las perturbaciones para cada una de las biofísicas analizadas, correspondientes a los transectos de estudio indicó diferencias entre las áreas. En bosque primario los transectos BP1, BP2 y BP3 presentaron mayor alteración, con un valor de frecuencia en las perturbaciones de 6, en bosque secundario los transectos BS4 y BS5 con valor de 8 y en silvopastura todos los transectos presentaron valores promedio altos de 8 (Figura 3).

Según (Gutiérrez, 1999) las perturbaciones dispersas y frecuentes que se presentan es similar a lo observado en otros bosques subalpinos y ambientes extremos y representa una desviación respecto del modelo de referencia.

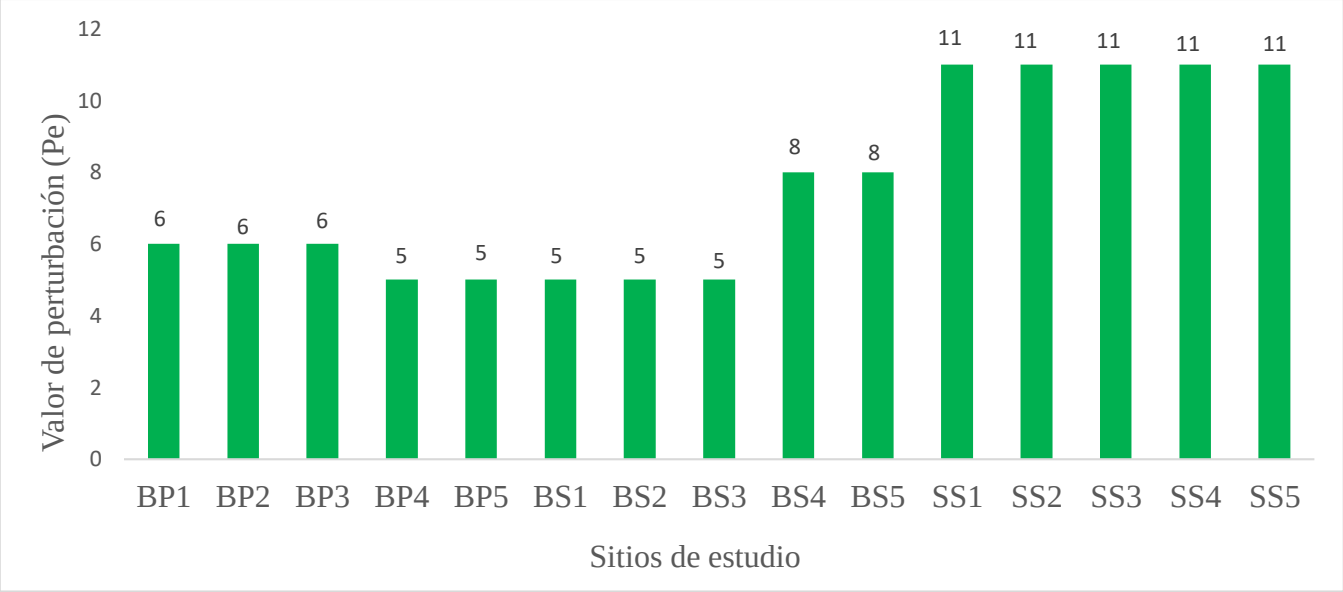


Figura 3. Valor de perturbación por transectos.

Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

El grado de perturbación a nivel de sistemas de bosque reflejó diferencias marcadas en las áreas de bosques (figura 4). El bosque primario resultó en la categoría poco perturbados con un promedio de 5,6 de frecuencia de acuerdo a los valores asignados en la intensidad de los disturbios medianamente perturbados (04≤ Pe≤7), el bosque secundario tuvo un promedio de 6,2 de valor de perturbaciones, encontrándose de igual manera en un rango de medianamente perturbado (04≤ Pe≤7), y por último el área silvopastura presentó un promedio de 11 el cual resultó en la categoría de muy perturbado (Pe> 7). Estos resultados se deben a la actividad ganadera, agricultura y tala de árboles, resultando las áreas de mayor perturbación con predominio de las actividades antrópicas las cuales han deteriorado el lugar.

Estos resultados se corresponden con lo descrito por Briceño *et al*., (2019), los cuales indicaron que en la Amazonía los cambios de cobertura y uso del suelo se deben fundamentalmente a la deforestación, ganadería y expansión de la frontera agrícola.

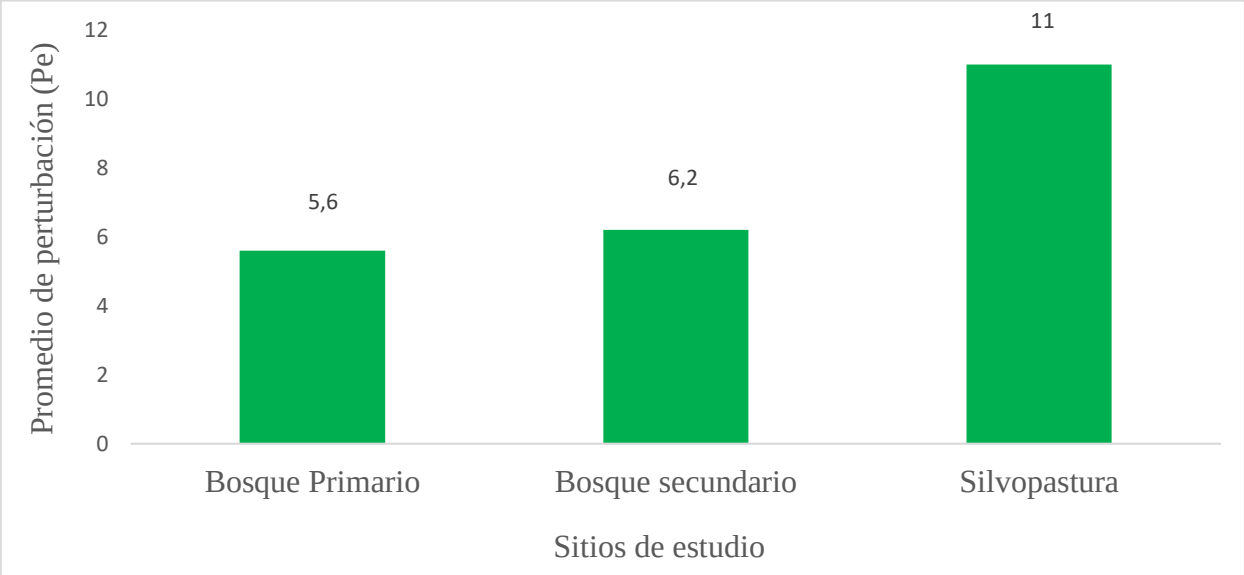


Figura 4. Promedio de perturbación por área de estudio.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

4.1.2. Componentes que inciden en la perturbación

El diagrama de araña determinado para disturbios que caracterizan el área de bosque primario representó el mayor porcentaje de perturbación al factor deslizamiento de suelos, con un 35,71 %, siendo esto un factor frecuente en estas áreas; en el lugar se comprobó la alta variación de disturbios con valores de 0 a 35,71% (figura 5). Para (Manzano, 2020) en el sitio poco perturbado, el factor que ejerció una mayor intensidad de disturbio fue: caída de árboles por el viento, con un valor de la moda de 2 que representó el 66,66% de intensidad del disturbio. En este sitio se comprobó una alta variación en la intensidad de los disturbios con valores entre 0 y 66,66% de intensidad, existiendo mayor predominio del valor cero que indica baja intensidad del disturbio.

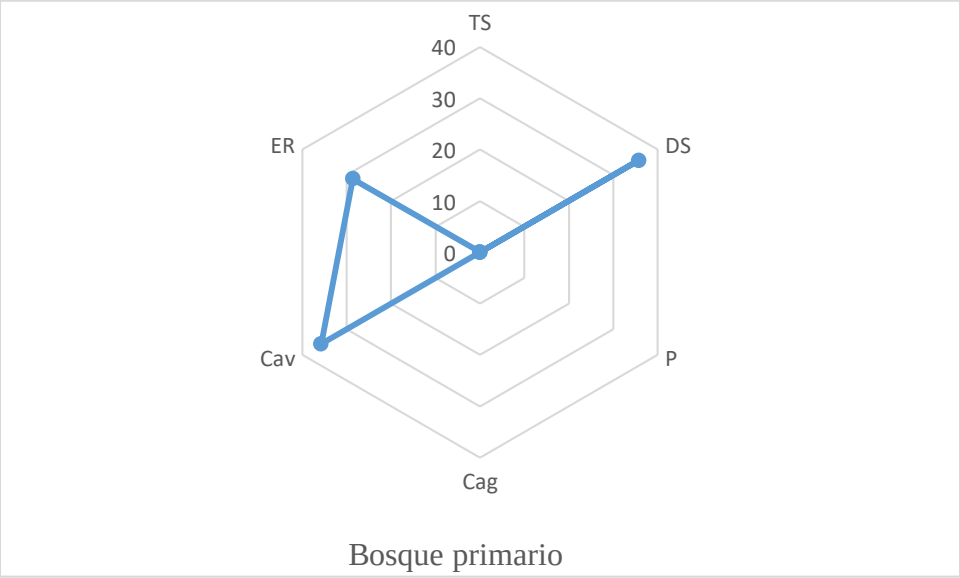


Figura 5. Diagrama araña del Bosque Primario.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

En el diagrama de araña para el área de bosque secundario se puede observar que la mayor perturbación fue la caída de árboles y deslizamiento de tierras con un porcentaje de 32,26%, que debido a la geografía del lugar y al tener intensos vientos ocurre las perturbaciones de

dicha área y las variaciones de disturbios fueron de 0 hasta los 32,26 (figura 6). Para, (Manzano, 2020) en el sitio medianamente perturbado, los factores que ejercieron una mayor intensidad de disturbio fueron: caída de árboles por el viento y deslizamiento de suelos, con un valor de la moda de 2, que representó el 66,66% de intensidad del disturbio producto de la mayor exposición al viento. En este sitio se comprobó una alta variación en la intensidad de los disturbios con valores entre 0 y 66,66% de intensidad.

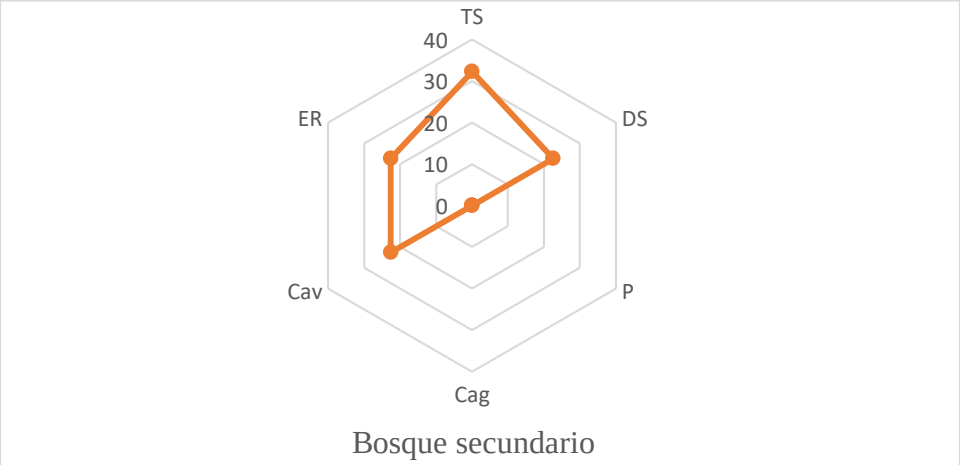


Figura 6. Diagrama araña del bosque secundario
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

En el área de silvopastura el diagrama araña indicó que la mayor perturbación fue la tala de árboles como también, el pastoreo y la agricultura con un porcentaje de 27,27 %, los cuales han deteriorado el bosque y las variaciones de disturbio oscilaron de 0 a 27,27 % (figura 7). Según (Manzano, 2020) en el sitio muy perturbado, los factores que ejercieron una mayor intensidad de disturbio o fueron caída de árboles por el viento, existencia de cultivos o cambios de uso de suelo, deslizamiento de suelos y talas, con un valor de 3 según la moda (valor que más repite), lo que representó el 100% de intensidad de disturbio. En este sitio todos los disturbios manifestaron alta intensidad con porcentajes que variaron entre 66,66 a 100% de intensidad, como reflejo del predominio de las perturbaciones históricas y actuales del sitio.

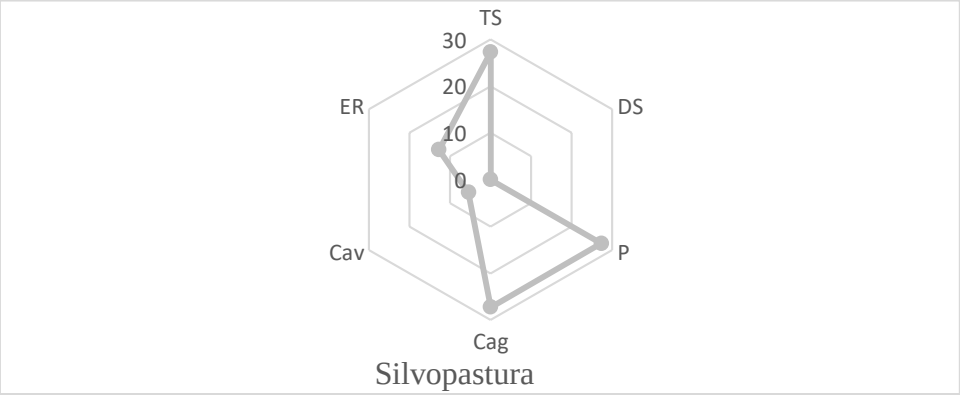


Figura 7. Diagrama araña de Silvopastura
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

El análisis integrado de los resultados de las tres áreas de bosque (primario, secundario y silvopastura), refleja que en todas las áreas hay disturbios de carácter natural como también actividades antropogénicas con porcentajes altos en los tres sitos de estudio, pero es notable la presencia de factores que han deteriorado las áreas producto de las actividades ganaderas y tala de árboles de interés de los pobladores con presencia en bosque secundario y silvopastura (figura 8).

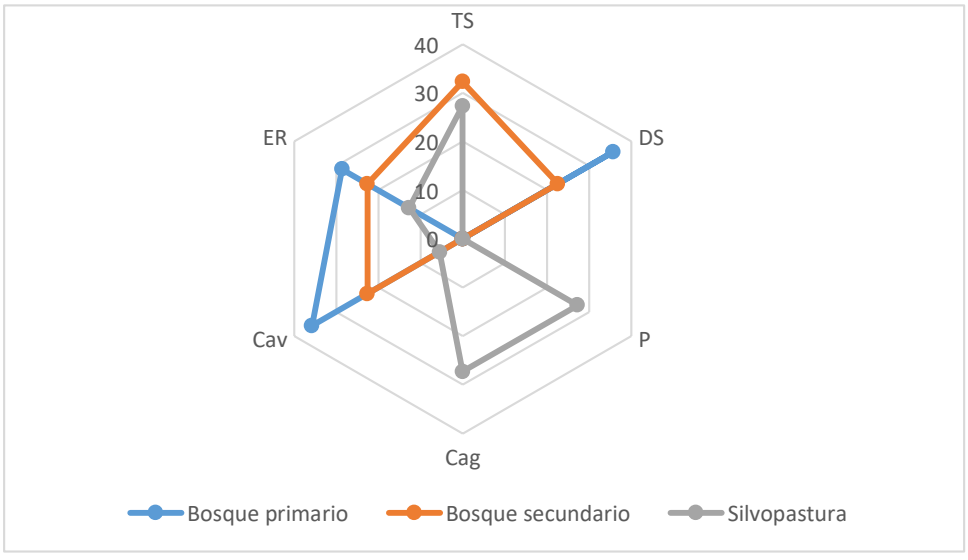


Figura 8. Diagrama araña de las tres áreas de estudio.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

4.2 Indicadores ecológicos del suelo, biodiversidad y la vegetación.

El conjunto de indicadores ecológicos que describen el comportamiento del suelo, la biodiversidad y la vegetación predominante en las tres áreas de bosque de la zona baja de la microcuenca del río Puyo mostraron un comportamiento irregular (Figura 9, 10, 11 y 12).

-Perfil del suelo

El perfil del suelo es un indicador ecológico que ayuda a establecer la calidad del suelo en un rango de 1-8, cuando el valor fue de (1-2) indicó capa arable casi ausente, de (3-5) reflejó que el suelo superficial es delgado, si el valor fue de (6-8) se identificó como un suelo superficial más profundo. El bosque primario tuvo un valor de 5, el cual indicó que valores por encima de este alcanzan el umbral de sostenibilidad, el cual ayuda al equilibrio del ecosistema en el bosque primario, aunque el bosque secundario y la zona de silvopastura los valores fueron de 4 y 2 respectivamente, por lo que se interpretó que no alcanzan el umbral de sostenibilidad. Se evidenció que para lograr el equilibrio ecológico se debe priorizar los indicadores que se encuentren con valores por debajo del umbral de sostenibilidad (inferiores a 5), por lo tanto, requerirán de un manejo que permitan mejorarlos, mientras más se aproximen al valor a 8 indica que más sostenible es el sistema (RIFA, 2008, Hechevarría et al., 2011).

-Densidad aparente

La densidad aparente indicó la relación de masa y volumen del suelo, en el bosque primario se tuvo un valor de 7, mientras que en el bosque secundario un valor de 6, demostrando que la densidad aparente del suelo no es muy compacta, permitiendo el fácil crecimiento radicular, por el contrario, a la zona de silvopastura al tener un valor de 3, se encontró en el rango de compactado, afectando al crecimiento radicular.

-Lombrices y artrópodos

En los lugares de estudio como el bosque primario y la zona de silvopastura, comparten el valor de 6, indicando la existencia de mucha actividad biológica, determinada por el número de artrópodos y lombrices medidas en campo, mientras que en el bosque secundario el valor de la valoración ecológica rápida resulto de 4 como indicador de las observaciones realizadas de artrópodos y lombrices que fueron en pequeñas cantidades.

-Vegetación en descomposición

El indicador de vegetación en descomposición mostró la presencia o no de la descomposición de la materia orgánica residual, en los casos de las tres zonas de estudio, como se conoce al bosque primario, bosque secundario y la zona de silvopastura, se obtuvo los valores de 7; 5; 2; respectivamente, detallando que existe más presencia de material orgánico en varios estados de descomposición en el bosque primario, mientras que en la zona de silvopastura, existe la presencia de material orgánico en descomposición pero al parecer este proceso es mucho más lento.

-Biodiversidad flora

En la biodiversidad de flora se establecieron rangos que detallan las cantidades de especies arbóreas y no arbóreas presentes en la zona de estudio. En el bosque primario se dio un valor de 7, debido a la gran presencia de especies arbóreas y no arbóreas, más de 10 especies, presencia de epífitas, plantas de sombra hojas suaves y grandes plantas de sotobosque. El bosque secundario tiene un valor de 6, el cual entra en el mismo rango del bosque primario, mientras que en la zona de silvopastura se le otorgó un valor de 3, el cual muestra la poca variabilidad de especies, entre 5-10 especies arbóreas presentes y pocas especies de sotobosque.

-Biodiversidad fauna

En cuanto a biodiversidad referido al componente de fauna para el bosque primario fue de 4, lo que indicó la poca presencia visible y diversidad de especies. En el bosque secundario y silvopastura los valores fueron menores (2), lo que describió muy poca presencia visible y diversidad de aves, reptiles, mamíferos, insectos, anfibios.

-Estructura altura del dosel

Para establecer la altura de los doseles en las zonas de estudio, en el caso del bosque primario se le dio un valor de 6, estableciendo que la altura de los doseles se encuentro en el rango de 10-20 m. En el bosque secundario se le dio el mismo valor de 6, mientras que en la zona de silvopastura tuvo un valor de 4, indicando que la altura se encuentra entre los 2-5 m.

-Estructura etapa serial

Para el análisis de la etapa serial, se le dio un valor de 7 al bosque primario, indicando que se encuentra en una estructura de bosque intervenido maduro. En el bosque secundario se le dio un valor de 6, encontrándose en la categoría de un bosque intervenido, mientras que la zona de silvopastura se le dio el valor de 1, ya que se encuentra en la estructura de pastizales.

-Productividad ecológica

En el caso del bosque primario y secundario tuvieron un valor de 5, el cual indicó que existen algunas funciones ecológicas (calidad de agua, conservación del suelo, hábitat y alimentos para los animales, etc. o sistemas en desarrollo por estudios científicos, como la captura de carbono o turismo), mientras que en la zona de silvopastura las funciones están escasas y no existe ningún sistema con respaldo de estudios científicos, por lo que se le asignó un valor de 1.

-Productividad económica

Al tratarse de productividad económica, se entiende que en el bosque primario y secundario no existe ninguna actividad productiva, por lo cual se le dio un valor de 2 a ambas zonas de estudio, mientras que en la zona de silvopastura, al ser un lugar de uso agrícola y ganadero, se constató la presencia de producción para beneficios del propietario, asignándose un valor de 6. Para (Valdez, 2020) a partir de los valores de la moda obtenidos de cada uno de los indicadores analizados que determinan el estado de los componentes edáficos y la vegetación arbórea (Perfil suelo, densidad aparente, lombrices y artrópodos, vegetación en descomposición, biodiversidad (flora), biodiversidad (fauna), estructura (complejidad), productividad ecológica y productividad económica) se encontró un comportamiento irregular entre los indicadores analizados por cada uso de suelo, lo cual incide en el umbral de sostenibilidad. Se evidenció que para lograr el equilibrio ecológico en cada uno de los usos de suelo se debe priorizar los indicadores con valores por debajo del umbral de sostenibilidad.

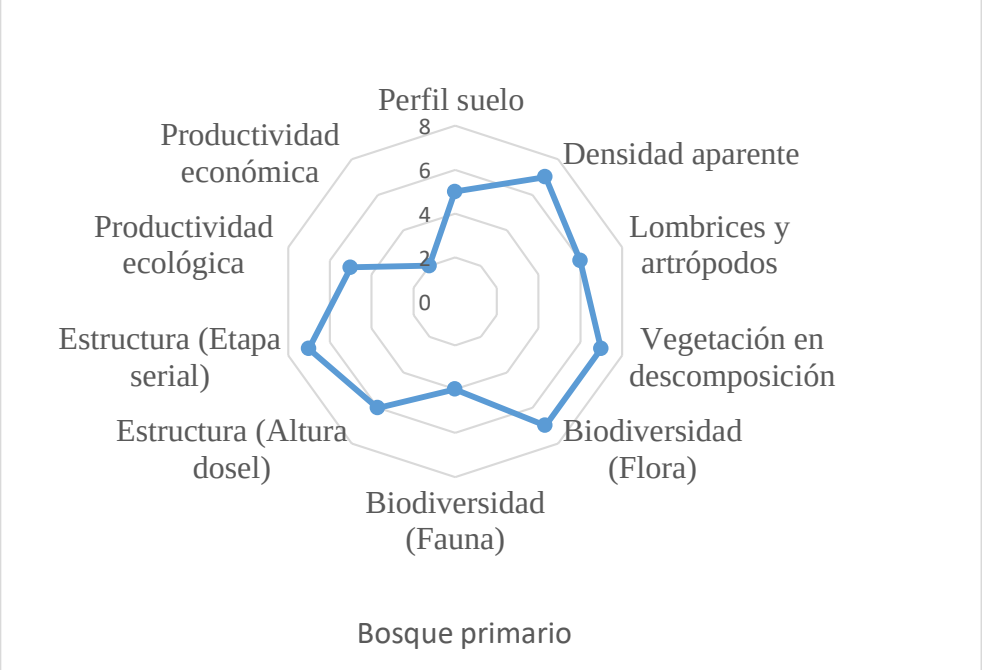


Figura 9. Diagrama araña de los indicadores ecológicos del suelo, biodiversidad y la vegetación del bosque primario
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

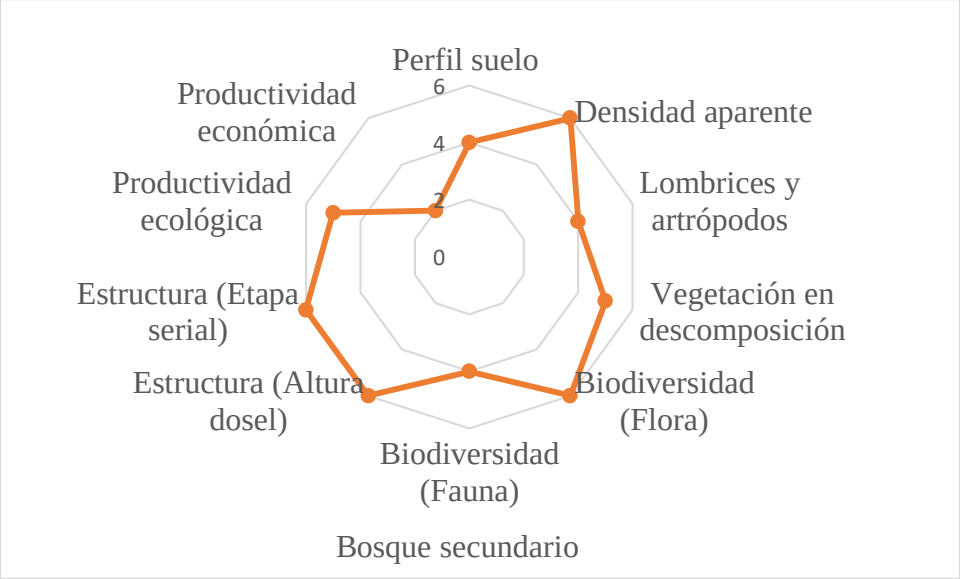


Figura 10. Diagrama araña de los indicadores ecológicos del suelo, biodiversidad y la vegetación del bosque secundario.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

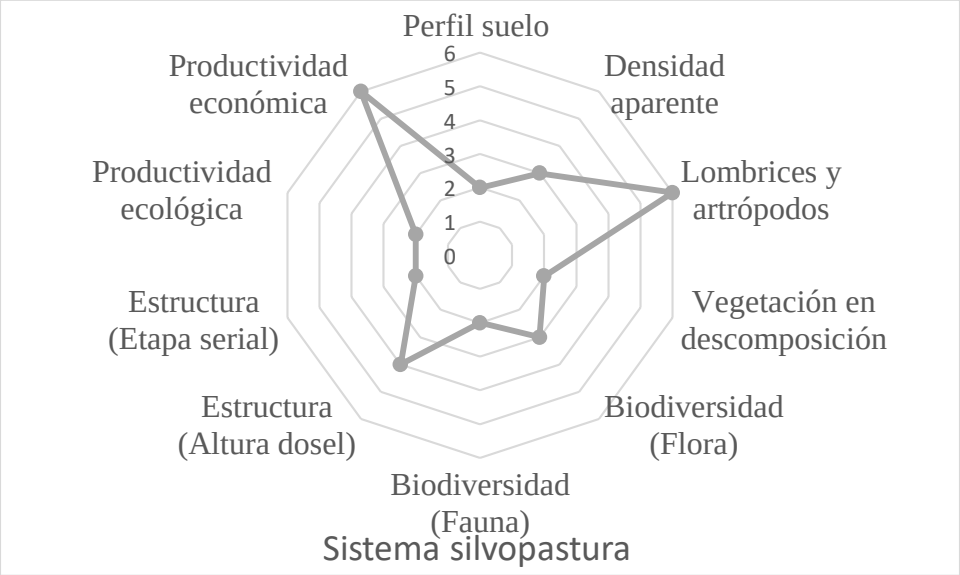


Figura 11. Diagrama araña de los indicadores ecológicos del suelo, biodiversidad y la vegetación de la zona de silvopastura.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

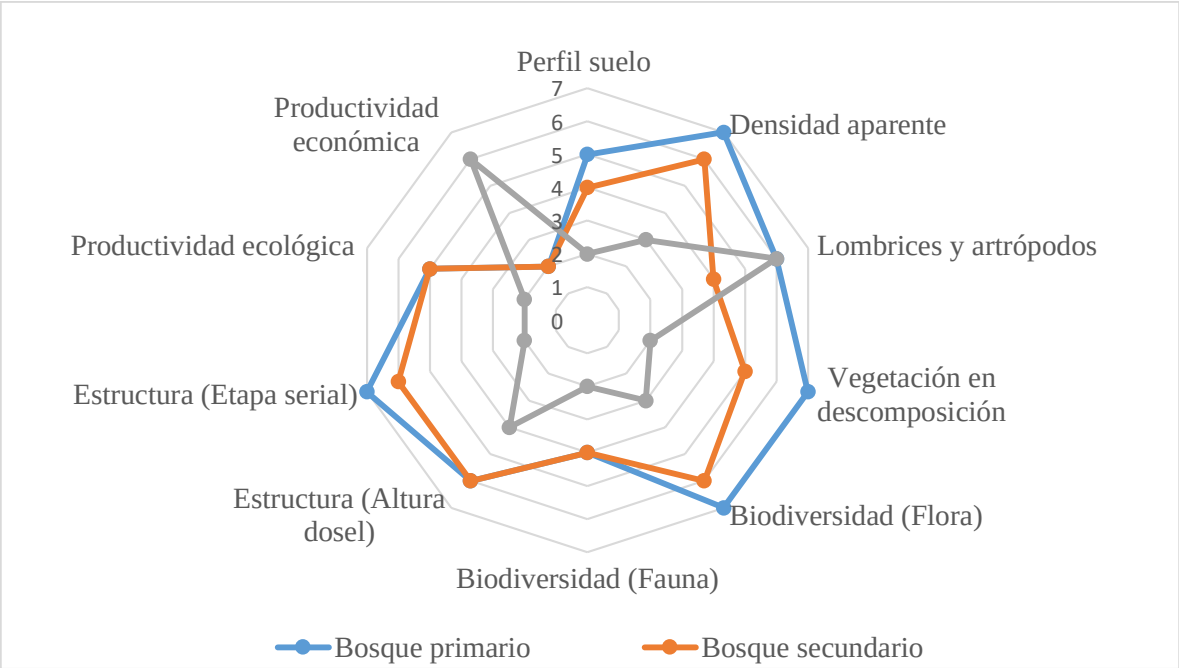


Figura 12. Diagrama araña de los indicadores ecológicos del suelo, biodiversidad y la vegetación de las tres zonas de estudio.
Fuente: Grupo de Trabajo (2020).

4.2. Composición, estructura ecológica y diversidad de especies en tres áreas de bosque con diferente uso.

4.2.1. Composición florística

Tabla fitosociológica de cada área de bosque

De acuerdo con las tablas fitosociológicas que describen la composición florística en cada área de estudio (Anexos 1, 2 y 3), se comprobó que el bosque primario presentó un total de 102 especies, 10233 individuos y 34 familias botánicas, el bosque secundario un total de 82 especies, 8437 y 31 familias botánicas, mientras que silvopastura presentó 39 especies, 1128 individuos y 21 familias botánicas. Esto indicó que la zona baja de la microcuenca del río Puyo es altamente heterogénea de acuerdo con su composición florística. Las áreas de estudio mostraron variación en la riqueza florística con mayor riqueza de especies en bosque primario debido a su mejor estado de conservación, la densidad ecológica para el área de muestreo de 0,5 ha (5 000 m^2) resultó de 2,04 individuos/m^2 en bosque primario, 1,69 individuos/m^2 en bosque secundario y de 0,23 individuos/m^2 en silvopastura.

Caranqui (2015), en un estudio sobre el análisis temporal entre dos estados del bosque siempreverde de tierras bajas en la estación experimental Pastaza, reportaron resultados similares, donde las familias Arecaceae, Fabaceae, Urticaceae, Vochysiaceae y Meliaceae fueron las familias con mayor número de especies, misma que comparte características topográficas e hidrográficas similares a las del área de la presente investigación.

4.2.2. Grupos arbóreos más abundantes en base a la cantidad de individuos y la fisionomía de la vegetación de cada área de bosque.

El análisis realizado de la abundancia reflejó variación en los grupos arbóreos que más predominan en bosque primario con bosque secundario y más aún con silvopastura, así como en la fisionomía característica del bosque (Tabla 10).

BP: (Especies) *Irealtea delotidea* con 1841, *Vochysia ferruginia* 1138, *Compsoneura capitellata* con 1211, *Cecropia sciadophylla* con 545 e *Inga thibaudiana* con 371 individuos y las familias abundantes fueron Fabaceae, Moraceae y Urticaceae. La fisionomía característica de este bosque reflejó predominio de palmas y arboles siempreverde de hojas simples y compuestas, con una cobertura del dosel continúo (> 75% de cobertura), interrumpido (51 - 75% de cobertura) y en parche (26-50% de cobertura), cuyas alturas de los árboles oscilian entre 10 y 20 m.

BS: *Irealtea deltoidea 352, Miconia multispicata 636, Heisteria acuminata 648, Miconia grandifloria 392, Miconia stipitata 413* y las familias abundantes fueron Melastomataceae, Fabaceae, Salicaceae.

La fisionomía característica de este bosque reflejó predominio de palmas y arboles siempreverde de hojas simples, con una cobertura del dosel continúo (> 75% de cobertura), interrumpido (51 - 75% de cobertura) y en parche (26-50% de cobertura), cuyas alturas de los árboles oscilaron entre 8 y 20 m. Se resalta que la fisionomía de la mayoría de las especies más abundantes de este bosque corresponde a especies pioneras que tienen el carácter de colonizar parches de vegetación que han sido alterado por las perturbaciones de carácter natural y antrópico.

SS: *Chimarrhis glabriflora 195, Heliocarpus americanus 65, Inga edulis 95, Schefflera morototoni 74, Theobroma cacao 69*

La fisionomía característica de silvopastura reflejó predominio de árboles siempreverde de hojas simples, compuestas y hojas anchas, con una cobertura del dosel en parche (26-50% de cobertura) y raro (6-25% de cobertura), cuyas alturas de los árboles oscilan entre 5 y 14 m. El patrón encontrado en la fisionomía del sistema silvopastura es más acentuado en cuanto a la composición predominante de especies pioneras debido a la mayor perturbación predominante en este bosque.

Para (García et al, 2014) el análisis de la vegetación en diferentes estadios sucesionales permite concluir que la composición florística que se presenta en ellos puede ser distinta, como lo muestran los resultados de la presente investigación en relación a la fisionomía de las especies presentes. Analizar solamente la riqueza florística de una etapa, en áreas que están formadas por una matriz heterogénea de vegetación en distintas fases sucesionales a consecuencia de disturbios antrópicos y naturales, puede llevar a una subestimación de la diversidad vegetal del sitio.

Tabla 10: Vegetación más abundante y fisionomía por áreas de bosque

Área de bosque	**Vegetación más abundante en base a la cantidad de individuos**		**Fisionomía de la vegetación abundante**
	Familias botánicas	**Especies arbóreas**	
Bosque primario	Arecaceae, Vochysiaceae, Myristicaceae Urticaceae y Fabaceae	*Irealtea deltoidea Vochysia ferruginia, Compsoneura capitellata, Cecropia sciadophylla, Inga thibaudiana*	P6C,N6C,N6I,T6I,T6A
Bosque secundario	Melastomataceae, Olacaceae, Arecaceae	*Heisteria acuminata Miconia multispicata Miconia stipitata Miconia grandifloria Irealtea deltoidea*	N5I,N6A, N5A, N6A, P6C
Silvopastura	Rubiaceae, Malvaceae, Asteraceae, Araliaceae,	*Chimarrhis glabriflora, Heliocarpus americanus, Inga edulis, Schefflera morototoni, Theobroma cacao*	N6A, T5A, T5A, T6R, V5A

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.2.3 Cociente de mezcla

El cociente de mezcla calculado en función del número total de individuos y el número total de especies por clases diamétrica indicó para el bosque primario que para las primeras clases diamétrica el bosque es más homogéneo, en la clase de 10-20 cm el cociente fue mayor con valor de 2,1, lo cual indicó que por cada dos individuos se puede encontrar una especie diferente y las clases diamétrica mayores prácticamente no tuvieron presencia de individuos y especies. En el bosque secundario el patrón encontrado fue similar, la clase de 10 -20 cm presentó un cociente de 2,36, indicando que por cada dos individuos se puede encontrar una especie diferente. En silvopastura la clase diamétrica de 20,1 -30 cm resultó la mayor con 1,75, resultando que por cada dos individuos se puede encontrar una nueva especie (Tabla 11). Según, (Manzano, 2020) el cociente de mezcla, por clases diamétricas, resultó variable para los sitios con distintos niveles de perturbación. En el sitio muy perturbado resultó con una proporción superior para la clase inferior (10-20 cm), lo cual indicó que por cada tres individuos es posible encontrar una especie diferente (1:3). En las clases superiores esta proporción fue menor (1:1) e indicó una mayor heterogeneidad. En el sitio poco perturbado también el cociente de mezcla fue mayor, indicando una proporción superior para la clase inferior (10-20 cm), lo que refleja que por cada siete individuos se puede encontrar una especie diferente.

Tabla 11. Cociente de mezcla por clases diamétricas en las áreas de estudio

	B. primario			B. secundario			Silvopastura		
CD (cm)	**Número de especies**	**Número de individuos**	**CM**	**Número de especies**	**Número de individuos**	**CM**	**Número de especies**	**Número de individuos**	**CM**
10-20	30	63	**2,1**	25	59	**2,36**	16	28	**1,75**
20,1-30	14	27	**1,92**	11	17	**1,54**	5	6	**1,2**
30,1-40	7	8	**1,14**	1	1	**1**	3	3	**1**
40,1-50	3	3	**1**	1	1	**1**	1	1	**1**

50,1-60	-	-	-	1	1	**1**	1	1	**1**
60,1-70	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70,1-80	1	1	**1**	-	-	-	-	-	-
> 80	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.2.4 Índice de valor de importancia Ecológica (IVI)

El índice de valor de importancia en el bosque primario permitió evaluar cada una de las especies a partir de cuantificaciones ecológicas agrupados a la abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR), dominancia relativa (DR) (Figura 13). En el bosque primario se puede observar los de mayor peso ecológico que son las especies *Iriartea deltoidea*, *Vochysia ferruginea*, *Compsoneura capitellata*, estos sobresalen por su alta frecuencia y una elevada abundancia. Es notable que, en este bosque, las dos primeras posiciones ecológicas corresponden a especies originales propias del lugar, sin embargo, ya empiezan a ocupar valores elevados otras especies propias de bosque secundario, como reflejo de una incipiente alteración en los ecosistemas.

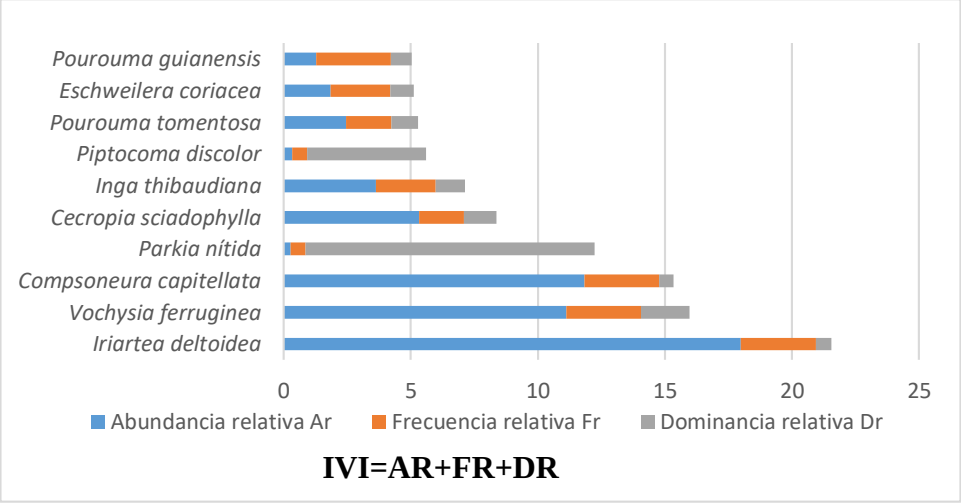


Figura 13: Índice de valor de importancia ecológica (IVI) del Bosque Primario.
Fuente: Grupo de trabajo (2020).

En el bosque secundario se puede notar que las especies que más sobresalen según el índice de valor de importancia ecológica son *Rollinia pittieri*, *Miconia multispicata* y *Heisteria acuminata* (Figura 14). Estas especies son consideradas pioneras típicas de estadios de sucesión ecológica.

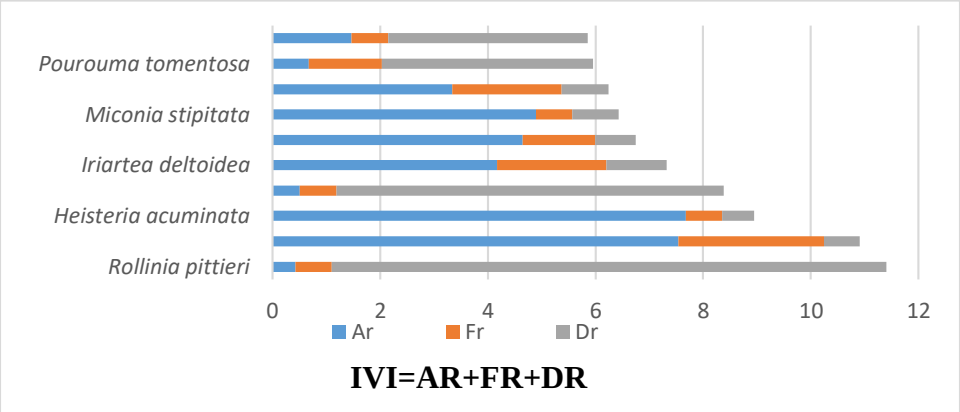
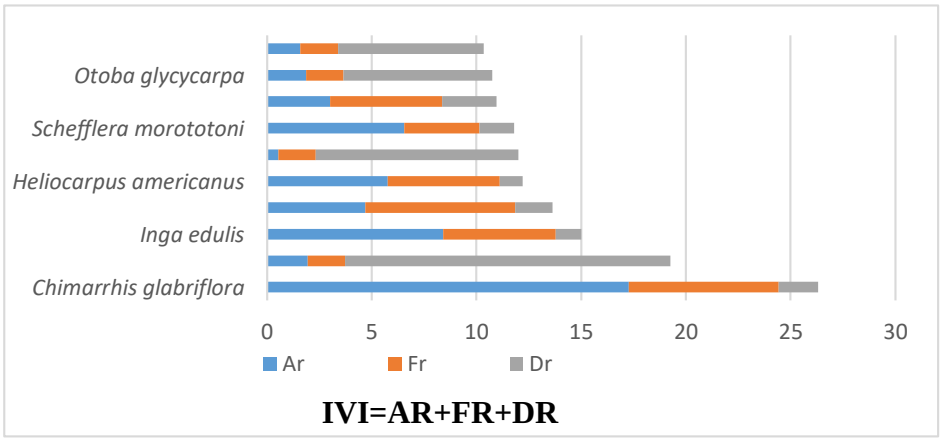


Figura 14. Índice de valor de importancia ecológica (IVI) del Bosque Secundario.
Fuente: Grupo de trabajo (2020).

En el bosque de silvopastura para evaluar cada una de las especies a partir de cuantificaciones ecológicas agrupados a la abundancia relativa (AR), frecuencia relativa (FR), dominancia relativa (DR), las especies que más predominaron fueron *Inga edulis*, *Mauritia flexuosa*, *Chimarrhis glabriflora* (Figura 15). Este resultado coincide con el criterio planteado con anterioridad para bosque secundario donde se evidenció la presencia de especies propias de la sucesión ecológica.

Figura 15: Índice de valor de importancia ecológica (IVI) de silvopastura.



Fuente: Grupo de trabajo (2020).

En la (tabla 15) se puede apreciar de manera detallada los valores obtenidos para cada uno de los parámetros ecológicos asociados a la abundancia, frecuencia y dominancia relativa que definieron al índice de valor de importancia ecológica. En bosque primario se evidenció la presencia de especies de alto porte diamétrica y por consiguiente con elevada área basal, como es el caso de Parkia nítida que presentó una dominancia relativa abundante de 11,364 y a su vez con baja abundancia, este mismo comportamiento se presentó en bosque secundario con *Trichillia septentrionalis* y *Rollinia pittieri* con una dominancia relativa de 7,198 y 10,297 y en silvopastura con *Mauritia flexuosa* con una dominancia relativa de 15,519.

Tabla 15: Índice de valor de importancia ecológica especies más representativas

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

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.2.5 Posición sociológica relativa

La (Tabla 16), mostró a través del ANOVA y error estándar los valores medios del valor fitosociológico de las especies presentes en el estrato inferior, medio y superior, así como la posición sociológica relativa. El valor fitosociológico del estrato inferior resultó significativamente superior ($p \leq 0,05$) en bosque secundario y silvopastura, el valor fitosociológico del estrato medio fue superior en bosque primario, el valor fitosociológico del estrato superior fue mayor en bosque primario y la posición sociológica relativa en el sistema silvopastura.

Tabla 16. Valor fitosociológico por estratos y posición sociológica relativa en tres áreas de bosque (Primario, Secundario, Silvopastura)

Área	Vfi	VFm	VFs	PSr
BP	0,66±0,02b	1,91±0,07a	0,05±0,02a	0,98±0,12b
BS	1,41±0,08a	1,12±0,07b b	0,01±0,00b	1,2±0,29b
SS	1,34±0,05a	0,73±0,04 c	0±0,00c	2,56±0,85a

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

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, lo cual indicó un patrón de distribución vertical discontinúo, como indicador de las alteraciones en la estructura vertical del bosque y afectaciones consecuentes en su potencial reproductivo, lo que pudiera pensarse que las alteraciones que se han realizado en la zona calificada de manera general como sitio medianamente perturbado comienzan a influir en el reclutamiento de las especies. Las especies con mayor posición sociológica fueron *Iriartea deltoidea, Vochysia ferruginea, Compsoneura capitellata*, resultado las que más tienen asegurado su estrategia de regeneración natural según, (Dávila & Uvijinda, 2019) (Figura 16). Estos resultados se corresponden con los descrito por Acosta (2006), donde indicó que una especie tiene su lugar asegurado en la estructura y composición del bosque cuando se encuentra representada en todos los sub-estratos. Por el contrario, será dudosa su presencia

en la etapa climácica si se encuentran solamente en el sub-estrato superior o superior y/o medio, a excepción de aquellas que por sus características propias no pasan del piso inferior.

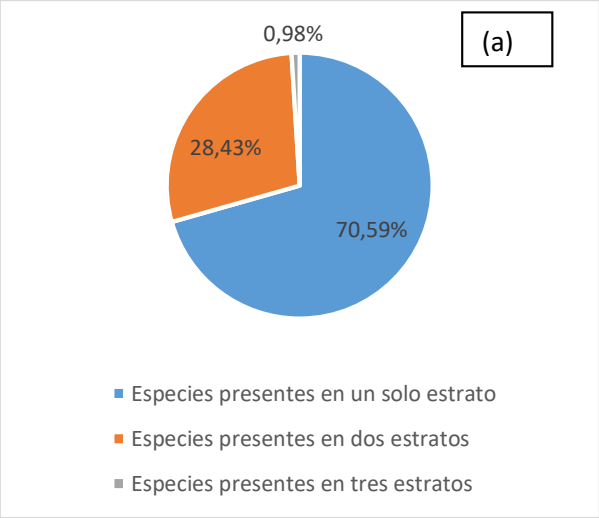


Figura 16: Posición sociológica de los estratos de las especies del Bosque Primario.
Fuente: Grupo de trabajo (2020).

Del mismo modo en el bosque secundario se puede 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, dando las especies con mayor posición sociológica *Rollinia pittieri*, *Miconia multispicata* y *Heisteria acuminata* las cuales estaban presentes en los tres estratos (Figura 17). Según (Dávila & Uvijindia, 2019) la posición sociológica para el bosque secundario mostró que un 58,02% de las especies se encuentran en un solo estrato (inferior o medio), mientras que el 40,74% se encuentra en dos estratos (inferior y medio) y el 1,23% del total de las especies se encuentra en los tres estratos (inferior, medio y superior) presentando al igual que el bosque primario una distribución vertical no continua.

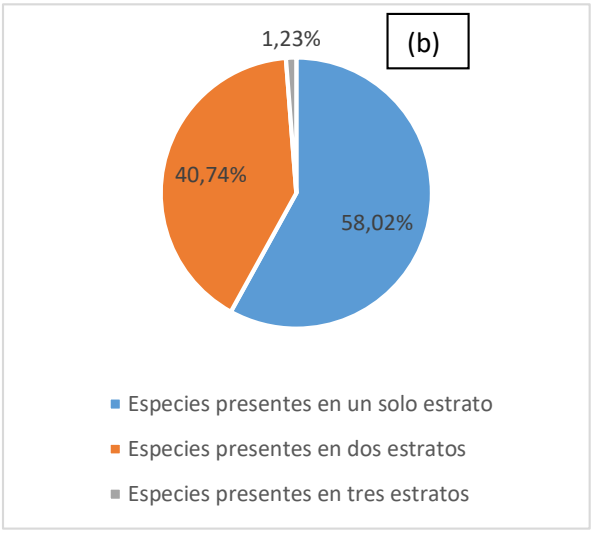


Figura 17: Posición sociológica de los estratos de las especies del Bosque Secundario.
Fuente: Grupo de trabajo (2020).

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 debido a las diferentes perturbaciones que se encontró en el lugar de estudio que han implicado la ruptura de la estructura vertical (Figura 18). Mientras que, (Dávila & Uvijindia, 2019) los resultados para la posición del sistema silvopastura reflejaron que el 76,92% de las especies están ubicados en un solo estrato (inferior o medio) y el 23,08% se encuentran distribuidos en dos estratos (inferior y medio). Para esta área no hubo existencia de ninguna especie en los tres estratos (inferior, medio y superior) debido a las alteraciones y disturbios presentes en la zona.

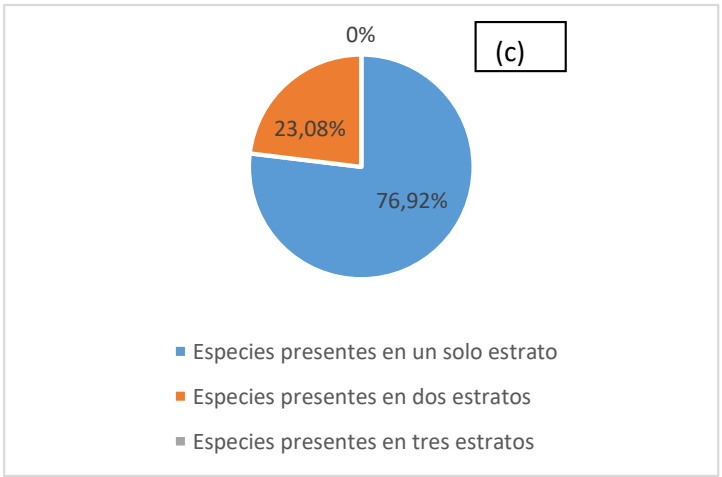


Figura 18: Posición sociológica de los estratos de las especies de la zona de silvopastura.
Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.2.8. Riqueza y diversidad de especies

La riqueza y diversidad de especies reflejaron a partir de ANOVA, como también la prueba de comparación de medias de Tukey diferencias significativas ($p \leq 0,05$), a través de los cálculos obtenidos con los índices de diversidad de Shannon, dominancia de Simpson y riqueza de Margalef (Tabla 17). Esto permitió decir que todas las áreas presentaron diversidad media y baja, las cuales reflejaron las alteraciones naturales y antropogénicas predominantes en cada sistema (primario, secundario y silvopastura). Según (Murillo y Uvijindia, 2019) los valores medios de los índices calculados para medir la riqueza y diversidad de especies en cada sistema de bosque, expresados a través del índice de Margalef, Shannon y Simpson, reflejaron a partir del ANOVA y la prueba de comparación de medias de Tukey que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en cuanto a riqueza florística (Margalef) y dominancia (Simpson) entre el sistema silvopastura con el bosque primario y secundario, en cambio el índice de Shannon que mide la diversidad resultó estadísticamente similares para los tres sistemas estudiados (bosque primario, secundario y silvopastura).

Tabla 17: Riqueza y diversidad de especies

Índice de diversidad	Sitios	Media	Desviación estándar	Diferencias significativas
Índice de Shannon	B. Primario	1,28	± 0,11	b
	B. Secundario	1,28	± 0,89	b
	Silvopastura	0,90	± 0,21	a
Índice de Simpson	B. Primario	0,08	± 0,03	b
	B. Secundario	0,08	± 0,02	b
	Silvopastura	0,15	± 0,07	a
Índice de Margalef	B. Primario	51,79	± 2,58	b
	B. Secundario	54,15	± 2,97	b
	Silvopastura	78,96	± 14,27	a

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.2.7 Stock de biomasa y carbono

El comportamiento de la distribución normal de los valores obtenidos de la biomasa aérea y stock de carbono a través del gráfico q-q normal indicó que los datos siguen una distribución normal, por lo tanto, fue posible el uso de una paramétrica para identificar diferencias significativas entre las tres áreas de estudio.

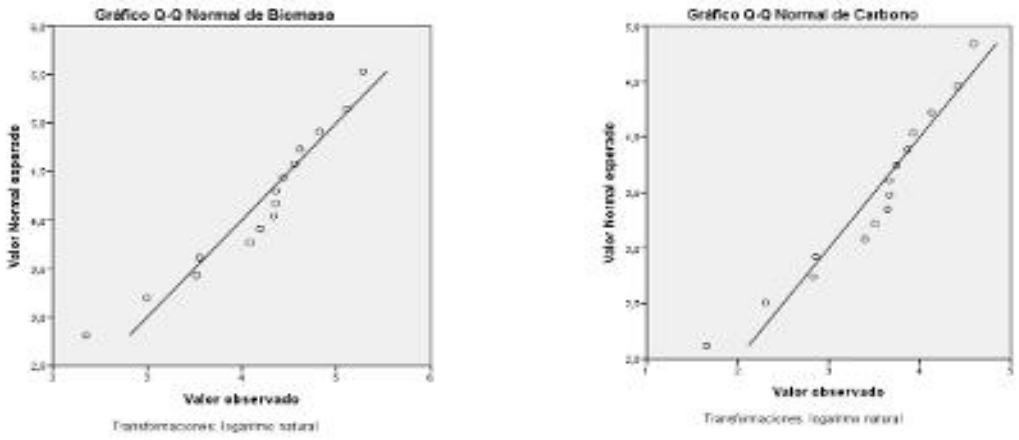


Figura 19: Representación de la distribución normal a través del análisis Q-Q normal de los datos de biomasa y carbono de las tres áreas de estudio.
Fuente: Grupo de trabajo (2020).

Se comprobó que existen diferencias significativas entre las áreas de estudio en cuanto al stock de biomasa aérea y la acumulación de carbono mediante el ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey (Tabla 18 y 19). 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, en bosque secundario de 39,34 y en silvopastura de 40,05 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 18: ANOVA de Biomasa y carbono de las zonas de estudio

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Biomasa	Entre grupos	18662,702	2	9331,351	6,135	,015
	Dentro de grupos	18251,441	12	1520,953		
	Total	36914,143	14			
Carbono	Entre grupos	4665,676	2	2332,838	6,135	,015
	Dentro de grupos	4562,860	12	380,238		
	Total	9228,536	14			

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

Tabla 19: Promedio de Biomasa y carbono en la zona de estudio.

Área	Trasecto	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	40,05±15,95b
	T2	1,0452	10,4520		
	T3	3,3739	33,7388		
	T4	10,1228	101,2278		
	T5	3,4866	34,8664		

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.2.9 Índice de Sinantropismo

Los resultados obtenidos del índice de Sinantropismo en conformidad con la metodología evaluada reflejó que, aunque existen perturbaciones antrópicas y naturales en las tres zonas de estudio l dinámica de la vegetación se va recuperando y las especies que han sido reemplazadas corresponden a especies propias del bosque siempre verde pie montano, existiendo un bajo potencial de especies que han sido introducidas por el hombre, o sea de especies antropófitas, solo el SS2 de silvopastura dio señales de que la vegetación ha sido destruida completamente (Tabla 20).

Tabla 20: Índice de Sinantropismo

ÁREA	# PARCELA	ÍNDICE DE SINANTROPISMO						
		# ESPECIES APÓFITAS	# ESPECIES ANTROPÓFITAS	# ESPECIES PARAPÓFITAS	TOTAL DE ESPECIES DE INVENTARIO	FÓRMULA Ricardo et al. (1995)	VALORACIÓN METODOLÓGICA	
							CATEGORÍA	VALOR
BP	1	30	2	0	32	0,875	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BP	2	35	3	0	38	0,8421	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BP	3	31	3	0	34	0,8235	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BP	4	34	2	0	36	0,8889	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BP	5	29	1	0	30	0,9333	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BS	1	25	2	5	32	0,8519	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BS	2	25	3	2	30	0,7857	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BS	3	21	3	2	26	0,75	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BS	4	28	0	2	30	1	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
BS	5	25	1	2	28	0,9231	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3
SS	1	10	0	0	10	1	BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN	3

SS	**2**	**3**	**2**	**0**	**5**	**0,2**	**VEGETACIÓN ORIGINAL DESTRUIDA**	**0**
SS	**3**	**8**	**2**	**0**	**10**	**0,6**	**BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN**	**3**
SS	**4**	**16**	**0**	**0**	**16**	**1**	**BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN**	**3**
SS	**5**	**15**	**0**	**1**	**16**	**1**	**BUEN ESTADO DE CONSERVACIÓN**	**3**

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.3. Determinación de la relación del grado de perturbación con el estado de la vegetación a partir de la calidad ecológica estructural y el índice de conservación de tres áreas de bosque

4.3.1. Índice de calidad ecológica estructural

El índice de calidad estructural se expresó en términos relativos y osciló en valores de 1 a 3, si el valor resultó 3 se interpretó como un bosque con alta calidad ecológica estructural, debido a que mantiene su estructura y está bien conservado, por lo que no requiere de actividades de restauración. Si el valor osciló entre 1-2 reflejó la existencia de un bosque con media calidad ecológica estructural, debido a la alteración progresiva de sus parámetros estructurales y, por consiguiente, requiere actividades de restauración. Y si el valor del índice fue ≤ 1 indicó baja calidad ecológica estructural, debido a la ruptura total o parcial de sus parámetros estructurales, por lo que requiere de actividades de restauración. El área correspondiente a bosque primario y secundario se encontró con valores entre 1 y 2 y silvopastura valor de 1. Esto facilitó conocer la calidad ecológica media que presentan las áreas de bosque primario y secundario y baja en silvopastura, lo cual se debe a las alteraciones que ha sufrido este ecosistema por lo que es necesario orientar acciones para la restauración de las funciones de biodiversidad en las tres áreas de estudio de este importante reservorio de la zona baja de la microcuenca del río Puyo (Tabla 21). Estos resultados son similares a lo reportado por García et al., (2020) en un bosque siempre verde pie montano de la zona alta de la cuenca amazónica.

Tabla 21. Índice de calidad ecológica estructural

Área de bosque	AB		IVI		PSr		CM		ICEE	
	N	Valor	N	Valor	N	Valor	n	Valor	Valor relativo	Categoría
B. Primario	2	2	5	1	70,59%	1	2	2	1,5	Media
B. ecundario	3	2	8	1	58,02%	2	2	2	1,75	Media
Silvopastura	5	1	8	1	76,92%	1	1	1	1,0	Baja

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

4.3.2. Índice de conservación

Los resultados obtenidos a través del índice de conservación determinado por la relatividad del sumatorio total del índice expresó la riqueza de especies nativas e introducidas y el resultando del índice IVI que representó el valor de importancia de las especies características del ecosistema y las introducidas, mostró que la unidad biofísica correspondiente al bosque primario fue la más conservada en términos de estructura y composición, de manera general los valores obtenidos en cada tipo de bosque fueron bajos lo que denota el impacto de las perturbaciones en la microcuenca baja del río Puyo. Esto demostró la relación del grado de perturbación con el estado de la vegetación. Los resultados fueron similares a los obtenidos por Santibañez et al., (2015), los cuales obtuvieron valores bajos de alrededor de 40 y 50% del índice de conservación.

SrNat es la riqueza de especies nativas: En la riqueza de especies nativas (SrNat), existió más abundancia de especies nativas en el bosque primario con un valor de 99, seguido del bosque secundario con un valor de 69, por último, la zona de silvopastura con 36 (Tabla 22).

Sr-Int es la riqueza de especies introducidas: En el bosque secundario constó con un valor de 5, por lo cual tiene la mayor cantidad de especies introducidas, en el bosque primario existió pocas especies introducidas, expresándose con un valor de 3. El área de silvopastura, al ser una zona de monocultivo, posee pocas especies introducidas (Tabla 22).

Ind-Si es el índice de riqueza relativa de especies: El bosque primario constó con el mayor porcentaje de riqueza relativa de especies con un valor de 94,12 (Tabla 22).

VI-Nat- (Valor de importancia de las especies características): El bosque primario es el que tuvo el valor de importancia más alto con un valor de 98,08, el cual indicó que las especies características son muy importantes para la conservación del bosque (Tabla 22).

VI-Int- Valor de importancia de las especies introducidas: El bosque secundario presentó el valor de 10,17, el cual fue el más alto en las tres zonas de estudio. Por lo tanto, las especies introducidas ayudan a la recuperación del bosque secundario (Tabla 22).

Ind-Cons es el índice de conservación: La zona de bosque primario y de silvopastura, constan con los más altos valores de conservación. En caso de la zona de silvopastura se debe a que es un lugar de aprovechamiento de agricultura, como la ganadería, por ello la conservación en sí de los componentes del sistema silvícola y de pastura es estable, siendo el bosque secundario el de mayor complejidad desde el punto de vista de la conservación forestal (Tabla 22).

Tabla 22: Índice de Conservación de la zona de estudio

Área	Sr-Nat	Sr-Int	Ind-Si	VI-Nat	VI-Int	Ind-Vi	Ind-Si + Ind-Vi	Ind-Cons
Bosque primario	99	3	94,12	98,08	1,92	94,27	188,39	35,85
Bosque secundario	69	5	78,05	89,83	10,17	79,66	157,71	30,01
Silvopastura	36	3	89,61	95,03	4,57	90,46	180,07	34,26

Fuente: Grupo de trabajo (2020).

Los resultados de la técnica multivariada empleada para encontrar relaciones entre el grado de perturbación y el estado de la vegetación permitieron mediante el análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA) que con el segundo eje es capaz de explicar el 51% de la variabilidad total de los datos. La distribución espacial de las especies determinó aquellas que están asociadas al gradiente de perturbación tal es el caso de *Piptocoma discolor* y *Sheffera morottoni*, ambas especies pioneras indicadoras de cambios en el ecosistema, también se encontró asociada al gradiente de perturbaciones la especie *Wettinia maynensis*, cabe recalcar que esta especies es típica del bosque siempreverde piemontano pero al parecer es una especie con una alta capacidad de resiliencia ya que la misma permanece en sitios con distintos niveles de perturbación lo que le atribute un carácter de resistencia ante los cambios ambientales que predominan en la zona. Por otro lado, la distribución de las unidades de muestreo reflejó un patrón marcado en cuando a la vegetación presente en las tres áreas de estudio con una diferenciación mayor en silvopastura (Figura 20 a y b).

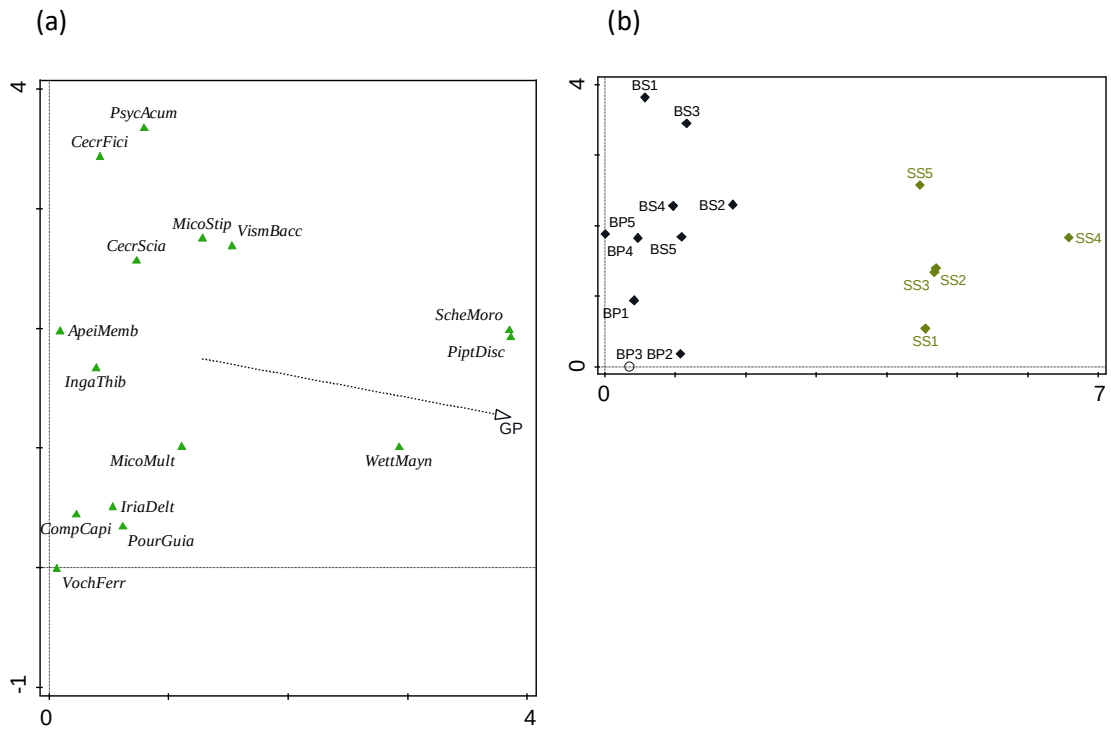


Figura 20. Ordenación de la distribución espacial de las especies asociadas al gradiente de perturbación (a) y la distribución de las unidades de muestreo en las áreas de estudio (b).
Fuente: Grupo de trabajo 2020

El análisis brinda información sobre la abundancia de las especies presentes en cada una de las áreas de estudio, el tamaño de los círculos indicó que a mayor tamaño mayor será la abundancia total de cada unidad de muestreo (Figura 21).

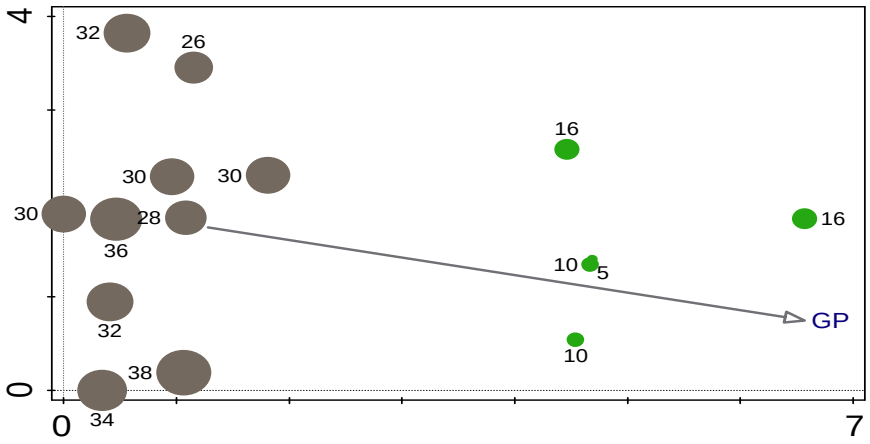


Figura 21. Distribución de la abundancia por cada una de las unidades de muestreo.
Fuente: Grupo de trabajo 2020

El efecto del grado de perturbación para las tres especies de mayor peso en el ordenamiento de la muestra a través de las curvas respuesta-especie (Figura 22) mostró una respuesta significativa en función a esta variable. La especie *Wettinia maynensis* presentó mayor abundancia en los sitios con menor grado de perturbación y una tendencia decreciente en los sitios con mayor perturbación, aunque es notorio su presencia en sitios sometidos a distintos niveles de perturbación (el eje x representa el grado de perturbación determinado por las áreas con media y alta perturbación). La especie *Piptocoma discolor* presentó un comportamiento más lineal determinado por su presencia en sitios donde existe cualquier tipo de perturbación sea media o alta, al existir un claro esta especie tiene la capacidad de colonizar el área y la especie *Sheffera morottoni* presentó respuestas múltiples en los distintos niveles de perturbación. Estos resultados reflejaron la relación del estado de la vegetación con el grado de perturbación predominante en sitios sometidos a disturbios frecuentes en la zona baja de la microcuenca del río Puyo, cuyo ecosistema es reconocido por sus importantes funciones para la biodiversidad y con fines hidrorreguladores, lo que amerita tomar medidas ambientales que faciliten la recuperación de este importante reservorio.

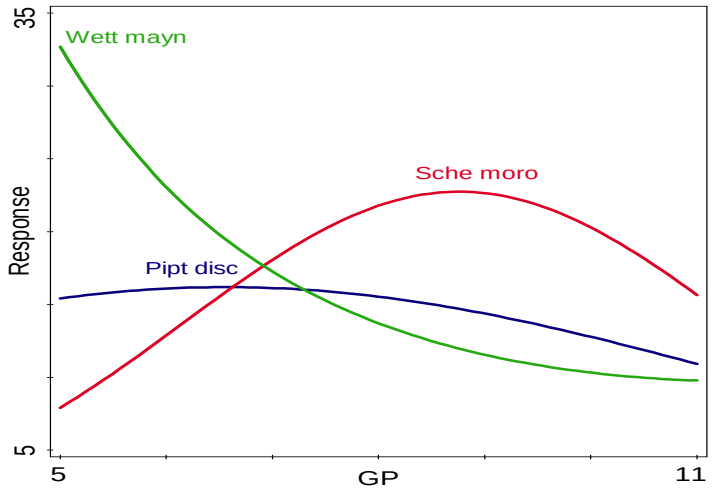


Figura 22. Curvas respuesta-especie en función del peso de las tres especies de mayor abundancia y el grado de perturbación evaluado en las áreas de estudio.
Fuente: Grupo de trabajo 2020

Conclusiones y recomendaciones:

Conclusiones

- El valor de las perturbaciones para cada una de las unidades biofísicas analizadas, correspondiente al bosque primario, secundario y silvopastura indicó variaciones entre las áreas. En bosque primario los transectos BP1, BP2 y BP3 presentaron mayor alteración, con un valor de frecuencia en las perturbaciones de 6, en bosque secundario los transectos BS4 y BS5 con valor de 8 y en silvopastura todos los transectos presentaron valores promedio de 8, debido a la actividad ganadera, agricultura y tala de árboles.
- Los indicadores ecológicos que describen el comportamiento de la vegetación, la biodiversidad y el suelo reflejaron la influencia del cambio de uso de suelo, lo que amerita tomar medidas para alcanzar el umbral de sostenibilidad en aquellos sitios que presentaron valores inferiores a 5, con mayor énfasis en la biodiversidad de flora, fauna, características físicas y biológicas del suelo.
- La composición florística indicó que la zona baja de la microcuenca del río Puyo es altamente heterogénea de acuerdo a su flora con alteraciones en la vegetación original. La fisionomía de la vegetación reflejó predominio de palmas, arboles siempreverde de hojas simples, compuestas y anchas, con una cobertura del dosel variable y presencia de especies pioneras indicadoras de las perturbaciones.
- El índice de calidad ecológica estructural determinado a partir de la sumatoria de los parámetros ecológicos resultó en la categoría de media y baja calidad como resultado de la alteración progresiva que han sufrido estos ecosistemas, lo cual incidió en la estructura ecológica y en el índice de conservación de las tres áreas de estudio.
- El efecto del grado de perturbación para las tres especies de mayor peso en el ordenamiento espacial a través de las curvas respuesta-especie mostró una respuesta significativa para *Wettinia maynensis*, *Piptocoma discolor* y *Sheffera morottoni*. La especie *Wettinia maynensis* mostró presencia en sitios sometidos a distintos niveles de perturbación, *Piptocoma discolor* un comportamiento más lineal determinado por su presencia en sitios donde existan perturbaciones y *Sheffera morottoni* presentó respuestas múltiples en los distintos niveles de perturbación.

Recomendaciones

- Se recomienda continuar con el monitoreo de la vegetación y el suelo en estas áreas de bosques para obtener más información sobre el estado de deterioro de estos ecosistemas y encausar acciones de protección para la microcuenca.
- Presentar los resultados de la presente investigación a las entidades responsables de la toma de decisiones con el propósito de lograr la restauración de los sitios degradados como criterio para la conservación de la biodiversidad amazónica.
- Gestionar fondos financieros con entidades no gubernamentales que permitan la puesta en práctica de actividades de restauración en la microcuenca del río Puyo.

Bibliografía

Ahuanari, H., y Hugo, V. (2015). Diversidad florística y estructural de los bosques de las comunidades nativas de Esperanza, La Florida, San Pedro y Mairidicai, de la cuenca del rio Putumayo–Perú. Ciencia UANIL/vol. VI Nº 2: pàg. 219-225.

Blanco, & González. (2010). El legado del manejo forestal en bosques tropicales: análisis de su influencia a largo plazo por medio de modelos ecosistémicos. Departamento Forestal Universidad de Pinar del Río, 259-260.

Bloomfield, G. (2012). Introducción a la perturbación, regeneración y sucesión de bosques tropicales. Panamá: ELTI.

Calderón, J., Moreno, C., & Zuria, I. (2012). La diversidad beta: medio siglo de avances. Scielo.

Campos, G., & Martinez, N. (2012). La Observacion, un Metodo para el Estudio de la Realidad. Mexico: Universidad la Salle Pachuca .

Castillo, & Calvo. (2011). Monitoreo de la calidad del agua y caracterización de los bosques de la cuenca del Río Carbón. TEC, 6-7.

CATIE. (2016). Definición de Bosques Secundarios y Degradados en Cenrtoamérica. 6-7.

Colindres, N. S. (2016). Obtenido de http://sigmof.icf.gob.hn/downloads/Protocolo-1.-Definicin-de-Bosque.pdf

Colma, S. M. (2002). Metodología para el estudio para el estudio de la vegetación. Argentina.

Costa, F.R.C. y Magnusson, W.E. 2003. Effects of selective logging on the diversity and abundance of flowering and fruiting understory plants in a central Amazonian forest. Biotropica 35: 103-114.

Dávila y Uvijinda. (2019). PROPUESTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE TRES ÁREAS DE BOSQUE EN LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUYO. Universidad Estatal Amazonica, 51.

Dávila y Uvijindia. (2019). PROPUESTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE TRES ÁREAS DE BOSQUE EN LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUYO. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Dávila, & Uvijindia. (2019). PROPUESTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE TRES ÁREAS DE BOSQUE EN LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUYO. Universidad Estatal Amazonica, 16-17.

Delgado, & Finegan. (1999). Biodiversidad vegetal en bosques manejados. Revista Forestal Centroamericana (CATIE), 14-20.

FAO. (1991). Conservación y protección del bosque tropical húmedo. FAO.

FAO. (1996). Obtenido de http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage

FAO. (2010). Evaluación de los recursos forestales mundiales. FAO, 53-54.

FAO. (2012). Documento de Trabajo de la Evaluación de los Recursos Forestales. FAO, 7.

Ferriol, & Merle. (2012). Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales. Universidad Politecnica de Valencia.

Fredericksen, T. S. (2000). Aprovechamiento Forestal y Conservación de los Bosques Tropicales en Bolivia. Objetivo Estratégico de Medio Ambiente (USAID/Bolivia), 1.

García. (2014). ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN LEÑOSA DE SELVAS EN DIFERENTES ESTADIOS SUCESIONALES EN EL EJIDO EL CARMEN II, CALAKMUL, MÉXICO. POLIBOTANICA, 12-13.

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 forest, Ecuador. Heliyon, 6(7), e04592

González, M. (2020). Estructura y composición de encinares naturales en las Alturas de Pizarras del municipio de Viñales, Pinar del Río, Cuba. Scielo.

Gordo, J. A. (2009). ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN BOSQUE NATURAL LOCALIZADO EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE POPAYAN. Scielo, 119.

Gutiérrez, B. (1999). La sucesión en los bosques de "Pinus uncinata" del Pirineo. Dialnet, 133-172.

Halffter, G. (1994). Que es la biodiversidad. 11.

Harms, K. E. y Paine, C. E. T. 2003. Regeneración de árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. Ecosistemas 2003/3 (URL: http://www.aeet.org/ecosistemas/033/revision2.htm.

Hartshorn, G. (2003). La importancia de manejar los bosques tropicales en América Latina. UNISEFOR, 2.

Hernández, I. (2004). Cracteristicas del substrato de plantas del dosel de un bosque humedo tropical de tierras bajas(Alto Orinoco, Venezuela). Universidad Central de Venezuela, 1-2.

Ibañez, J. J. 2010. El Secreto de la Biodiversidad de los Bosques Tropicales: La Ecología del Suelo. Un universo invisible bajos nuestros pies. Los suelos y la vida. Fundación para el conocimiento de Madrid. España.

Lam, F. (2016). Establecimiento y uso de sistemas y silvopastoriles en Republica Dominicana. República Dominicana. Obtenido de file:///C:/Users/dell/Downloads/BVE17068935e.pdf

Luna, A. (2005). Los bosques tropicales ayudan a moderar el clima global. Venezuela: GALE.

MAE. (2020). Los bosques tropicales, un ecosistema que salva al planeta. MAE.

Manzano. (2020). RESPUESTA DE ESPECIES ARBÓREAS A LAS PERTURBACIONES EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO COMO HERRAMIENTA PARA ALCANZAR LA RESILIENCIA ECOLÓGICA. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Manzano. (2020). RESPUESTA DE ESPECIES ARBÓREAS A LAS PERTURBACIONES EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO COMO HERRAMIENTA PARA ALCANZAR LA RESILIENCIA ECOLÓGICA. Universidad Estatal Amazónica, 23.

Manzano. (2020). RESPUESTA DE ESPECIES ARBÓREAS A LAS PERTURBACIONES EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO COMO HERRAMIENTA PARA ALCANZAR LA RESILIENCIA ECOLÓGICA. Universidad Estatal Amazonica, 27.

Manzano. (2020). RESPUESTA DE ESPECIES ARBÓREAS A LAS PERTURBACIONES EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO COMO HERRAMIENTA PARA ALCANZAR LA RESILIENCIA ECOLÓGICA. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Manzano, D. (2020). RESPUESTA DE ESPECIES ARBÓREAS A LAS PERTURBACIONES EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO COMO HERRAMIENTA PARA ALCANZAR LA RESILIENCIA ECOLÓGICA. Universidad Estatal Amazónica, 14.

Melo, V., y Vargas, R. (2003). Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué: Universidad del Tolima. Crq-Carder-Corpocaldas-Cortolima.

Morales y Arellano. (2020). Los bosques tropicales secos y su contribución al bienestar humano. México: INECOL.

Murillo y Uvijindia. (2019). PROPUESTA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA DE TRES ÁREAS DE BOSQUE EN LA ZONA BAJA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUYO. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno. (2014). Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno. Reserva de Producción de Fauna Cuyabeno.

Rice, R.E., Gullison, R.E. y Reid, J.W. 1997. Can natural forest management save tropical forests? Scientific American 276: 44-49.

Rice, R.E., Sugal, C., Frumhoff , P.C., Losos, E. y Gullison, R.E. 2001. Options for conserving biodiversity in the context of logging tropical forests. En Footprints in the Jungle: Natural Resource Industries, Infrastructure and Biodiversity Conservation (eds. Bowles, I. y Pickett, G.T.), pp. 168-179, Oxford University Press, Oxford, UK.

Ríos, J. (2008). Evaluacion integral y estrategia para el manejo sostenible de bosques secundarios de la región de Selva Central del Perú. INRENA - ITTO, 9.

Roux, F. (2013). Turismo comunitario ecuatoriano, conservacion ambiental y defensa de los territorios. Federació Plurinacional de Turismo Comunitario del Ecuador, 14-15.

Salazar, R. (2017). VALORACIÓN ECOLÓGICA AMBIENTAL DEL PARQUE PROVINCIAL LA FAMILIA DE LA PARROQUIA AMBATILLO DEL CANTÓN AMBATO. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25604/1/tesis-064%20Maestr%c3%ada%20en%20Agroecolog%c3%ada%20y%20Ambiente%20-%20CD%20484.pdf

Sampieri. (2010). Metodologia de la Investigacion. Mexico: Interamericana Editores S.A.

Santibañez-Andrade, G., Castillo-Argüero, S., & Martínez-Orea, Y. (2015). Evaluación del estado de conservación de la vegetación de los bosques de una cuenca heterogénea del Valle de México. Bosque (Valdivia), 36(2), 299-313.

Silva, & Návar. (2010). Factores de expansión de biomasa en comunidades forestales templadas del norte de Durango, México. Scielo.

Sobrevila, C. (1992). Evaluación ecológica rápida : un manual para usuarios de América Latina y el Caribe.

Soler. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Scielo.

Tarqui, G. P. (2019). http://www.gadprtarqui.gob.ec/. Obtenido de http://www.gadprtarqui.gob.ec/: http://www.gadprtarqui.gob.ec/wp-content/uploads/2019/05/pdot_completo_tarqui-1.pdf

Terborgh, J. 1999. Requiem for Nature. Island Press, Washington, DC, USA.

Urbina y Londoño. (2003). Distribucion de la comunidad de herpetofauna asociada a cuatro areas con diferente grado de perturbacion en la Isla Gorgona, Pacifico colombiano. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales.

Valdez, A. (2020). FORESTERÍA ANÁLOGA COMO HERRAMIENTA SILVICOLÓGICA PARA RESTAURAR LA BIODIVERSIDAD Y CARBONO EN ÁREAS DEGRADADAS DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PUYO. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.

Vázquez & Rodriguez . (2003). Escalas y diversidad de especies. 109.

Velázquez, & Rangel. (1997). METODOS DE ESTUDIO DE LA VEGETACION. Universidad Nacional de Colombia, 59. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jesus_Rangel3/publication/339510090_METODOS_DE_ESTUDIO_DE_LA_VEGETACION/links/5e56a12b92851cefa1c7c517/METODOS-DE-ESTUDIO-DE-LA-VEGETACION.pdf

Anexos:

Anexo 1: Tabla fitosociológica de bosque primario

Nombre científico	Familia	T1	T2	T3	T4	T5	DAP (cm)	Abundancia absoluta Aa
Alchornea triplinervia	Euphorbiaceae					49	18,14	49
Allophylus pilosus	Sapindaceae		11				13,37	11
Aniba guianensis	Lauraceae	42					34,22	42
Apeiba membranacea	Malvaceae		27	46		58	29,52	131
Aspidosperma rigidum	Apocynaceae	113				23	31,12	136
Batocarpus orinocensis	Moraceae				65		25,46	65
Brosimum utile	Moraceae	5		3			27,22	8
Calliandra trinervia	Fabaceae					27	10,50	27
Casearia arborea	Salicaceae		4				24,51	4
Castilla ulei	Moraceae					5	11,14	5
Cecropia ficifolia	Urticaceae				68	17	16,55	85
Cecropia membranacea	Urticaceae	31					17,83	31
Cecropia sciadophylla	Urticaceae		94		448	3	25,62	545
Chrysophyllum cuneifolium	Sapotaceae		1				20,37	1
Chrysophyllum venezuelanense	Sapotaceae		5				27,69	5
Coccoloba densifrons	Polygonaceae	17					14,64	17
Compsoneura capitellata	Myristicaceae	773	45	299	51	43	17,11	1211
Cordia hebeclada	Boraginaceae			2			18,14	2
Cordia panamensis	Boraginaceae		22				15,60	22
Duguetia hadrantha	Annonaceae	1	51	52		37	14,96	141
Duguetia spixiana	Annonaceae				12		14,48	12
Enterolobium sp	Fabaceae					1	24,83	1
Eschweilera coriacea	Lecythidaceae		16	86	49	38	21,59	189
Euterpe precatoria	Arecaceae					32	14,96	32
Faramea capillipes	Rubiaceae				37		10,50	37
Faramea quinqueflora	Rubiaceae	16					18,14	16
Ficus dugandii	Moraceae			9			13,69	9
Garcinia macrophylla	Clusiaceae					2	16,55	2
Garcinia madruno	Clusiaceae					4	13,05	4
Genipa americana	Rubiaceae			3			26,74	3
Grias neuberthii	Lecythidaceae	42					18,78	42
Guarea glabra	Meliaceae			7			44,56	7
Guarea grandifolia	Meliaceae	56	1				23,55	57
Guarea kunthiana	Meliaceae		72	54			32,68	126
Hasseltia grandiflora	Salicaceae	6					11,14	6
Heisteria acuminata	Olacaceae				8		13,05	8
Inga acreana	Fabaceae		46				23,87	46
Inga auristellae	Fabaceae	2			18		20,69	20
Inga edulis	Fabaceae		4				16,23	4
Inga marginata	Fabaceae				56		11,46	56
Inga ruiziana	Fabaceae				46		14,32	46
Inga thibaudiana	Fabaceae	135	76	66	94		24,44	371
Inga velutina	Fabaceae		141				15,07	141
Iriartea deltoidea	Arecaceae	773	243	335	233	257	17,74	1841
Iryanthera grandis	Myristicaceae					4	12,84	4
Leonia glycycarpa	Violaceae				4		15,28	4
Lozania klugii	Lacistemataceae			19			19,42	19

Margaritaria nobilis	Phyllanthaceae	75		5	56		18,46	136
Matisia cordata	Malvaceae	35				2	28,18	37
Matisia obliquifolia	Malvaceae		91				16,55	91
Miconia decurrens	Melastomataceae					15	10,82	15
Miconia elata	Melastomataceae					19	11,14	19
Miconia grandifolia	Melastomataceae					21	21,33	21
Miconia multispicata	Melastomataceae	77	42				13,05	119
Mouriri grandiflora	Melastomataceae	11		7			15,28	18
Myrcia splendens	Myrtaceae			24			12,41	24
Naucleopsis ulei	Moraceae					34	14,32	34
Nectandra lineata	Lauraceae				11		22,28	11
Nectandra lineatifolia	Lauraceae					45	20,16	45
Nectandra membranacea	Lauraceae		33	17	22		16,39	72
Nectandra oppositifolia	Lauraceae		26				15,28	26
Nectandra reticulata	Lauraceae			76	18		34,06	94
Neea parvifolia	Nyctaginaceae		5	42			15,44	47
Ocotea floribunda	Lauraceae			56			11,78	56
Ocotea javitensis	Lauraceae				9		20,37	9
Otoba glycycarpa	Myristicaceae		7	44			14,64	51
Parkia nítida	Fabaceae			28			76,39	28
Pentagonia spathicalyx	Rubiaceae	117	156				16,15	273
Perebea guianensis	Moraceae	53					14,32	53
Perebea xanthochyma	Moraceae			4			16,23	4
Piptocoma discolor	Asteraceae		34				49,02	34
Poulsenia armata	Moraceae	33					38,83	33
Pourouma guianensis	Urticaceae	18	16	18	44	35	20,53	131
Pourouma minor	Urticaceae	45			26		28,01	71
Pourouma tomentosa	Urticaceae		177		43	32	23,33	252
Pouteria glomerata	Sapotaceae	9	12			44	24,31	65
Pouteria reticulata	Sapotaceae	48	3				14,33	51
Pouteria rostrata	Sapotaceae		13	51			12,58	64
Protium aracouchini	Burseraceae				1		13,05	1
Protium nodulosum	Burseraceae				5	24	16,39	29
Protium sagotianum	Burseraceae	55		76	96		22,52	227
Pseudolmedia laevis	Moraceae				14		12,10	14
Psychotria acuminata	Rubiaceae	7			123		24,72	130
Pterocarpus rohrii	Fabaceae			8			35,01	8
Sloanea guianensis	Elaeocarpaceae		24				20,37	24
Socratea exorrhiza	Arecaceae				58		16,87	58
Sorocea muriculata	Moraceae	33			99		13,85	132
Sorocea pubivena	Moraceae				69	1	17,67	70
Sterculia frondosa	Malvaceae		71				41,06	71
Tapirira guianensis	Anacardiaceae		15		63		23,24	78
Terminalia amazonia	Combretaceae			95	48		17,19	143
Tovomita membranifolia	Clusiaceae		2	124			13,48	126
Tovomita weddelliana	Clusiaceae			26			16,87	26
Trichilia solitudinis	Meliaceae				13		18,46	13
Turpinia occidentalis	Staphyleaceae	13					19,42	13
Virola obovata	Myristicaceae		73				19,58	73
Virola sebifera	Myristicaceae			1			30,56	1
Vismia baccifera	Hypericaceae			67	5	33	14,90	105
Vismia gracilis	Hypericaceae			25			16,23	25
Vochysia braceliniae	Vochysiaceae	23	23				19,90	46
Vochysia ferruginea	Vochysiaceae	292	359	444	24	19	31,30	1138

Wettinia maynensis	Arecaceae	26	8		15	8	12,96	57
								10233

Anexo 2: Tabla fitosociológica de bosque secundario

Nombre científico	Familia	T1	T2	T3	T4	T5	DAP (cm)	Abundancia
Aegiphila integrifolia	Lamiaceae				23		17,51	23
Alchornea glandulosa	Euphorbiaceae		16				19,74	16
Alchornea multinervia	Euphorbiaceae			12			19,10	12
Alchornea trinervia	Euphorbiaceae	53					13,05	53
Alchornea triplinervia	Euphorbiaceae			147	40		15,49	187
Allophylus punctatus	Sapindaceae	50				48	11,78	98
Apeiba membranacea	Malvaceae	130			22		23,75	152
Aspidosperma rigidum	Apocynaceae			14	20		17,99	34
Cabralea canjerana	Meliaceae	37					17,83	37
Calliandra trinervia	Fabaceae			29			13,69	29
Casearia arborea	Salicaceae	8			28	78	17,83	114
Casearia javitensis	Salicaceae	223					15,79	223
Cecropia ficifolia	Urticaceae	20		28	45	62	14,90	155
Cecropia membranacea	Urticaceae			15			15,92	15
Cecropia sciadophylla	Urticaceae	48	70	17	47		23,62	182
Cedrela odorata	Meliaceae		13				17,83	13
Chomelia tenuiflora	Rubiaceae		9				21,65	9
Chrysophyllum cuneifolium	Sapotaceae	59					18,46	59
Compsoneura capitellata	Myristicaceae				34	133	14,85	167
Cordia alliodora	Boraginaceae	61		6		31	12,49	98
Duguetia veneficiorum	Annonaceae	28					16,23	28
Eschweilera coriacea	Lecythidaceae					3	10,82	3
Esenbeckia amazonica	Rutaceae	74	30	11			18,36	115
Ficus glomerata	Moraceae		46				21,65	46
Ficus obtusifolia	Moraceae				9		22,92	9
Ficus paraensis	Moraceae				12		22,60	12
Guarea grandifolia	Meliaceae					55	18,14	55
Guarea kunthiana	Meliaceae	15		3			20,69	18
Hasseltia floribunda	Salicaceae		48				14,64	48
Heisteria acuminata	Olacaceae				58	590	13,89	648
Hieronyma macrocarpa	Phyllanthaceae				55		32,47	55
Hyeronima alchorneoides	Phyllanthaceae	133	26	65			28,07	224
Inga auristellae	Fabaceae	12		21			23,40	33
Inga capitata	Fabaceae				13		20,69	13
Inga ruiziana	Fabaceae	58	81	13		9	14,96	161
Inga thibaudiana	Fabaceae	57		7		52	20,82	116
Iriartea deltoidea	Arecaceae		247		4	101	19,21	352
Jacaranda copaia	Bignoniaceae	57	45		89		20,95	191
Miconia acuminata	Melastomataceae			183			13,24	183
Miconia bubalina	Melastomataceae		125		52	118	13,41	295
Miconia elata	Melastomataceae	101				26	11,52	127
Miconia grandiflora	Melastomataceae	129	168	81		14	15,73	392
Miconia multispicata	Melastomataceae		283		79	274	14,82	636
Miconia pilgeriana	Melastomataceae		38		218	26	17,00	282
Miconia sp	Melastomataceae			9			11,14	9
Miconia spicata	Melastomataceae		12	8			13,37	20

Miconia splendens	Melastomataceae	64					15,60	64
Miconia stipitata	Melastomataceae		121	25	102	165	16,87	413
Myrcia fallax	Myrtaceae		2				12,10	2
Nectandra lineata	Lauraceae				15		28,65	15
Nectandra membranacea	Lauraceae					5	18,78	5
Nectandra sp.	Lauraceae	23					23,87	23
Neosprucea grandiflora	Salicaceae				14		17,19	14
Piptocoma discolor	Asteraceae		45	40	2	37	34,95	124
Posoqueria latifolia	Rubiaceae	49					14,01	49
Poulsenia armata	Moraceae				29		23,87	29
Pourouma guianensis	Urticaceae		62			42	15,44	104
Pourouma tomentosa	Urticaceae					57	35,97	57
Pouteria rostrata	Sapotaceae		35			64	18,14	99
Protium nodulosum	Burseraceae	6		2			16,23	8
Protium sagotianum	Burseraceae	7					10,50	7
Psychotria acuminata	Rubiaceae	107	48	80			16,16	235
Psychotria capitata	Rubiaceae		80				16,81	80
Pterocarpus rohrii	Fabaceae					8	10,82	8
Rollinia crysocarpa	Annonaceae	5					12,73	5
Rollinia pittieri	Annonaceae			36			58,25	36
Ryania speciosa	Salicaceae	27	140				14,23	167
Sapium glandulosa	Euphorbiaceae		92				23,71	92
Sapium glandulosum	Euphorbiaceae				26		17,83	26
Schefflera morototoni	Araliaceae		61		19	46	24,99	126
Senna sp	Fabaceae				12	33	11,94	45
Simarouba sp	Simaroubaceae				35		11,46	35
Socratea exorrhiza	Arecaceae	19					18,46	19
Socratea rostrata	Arecaceae		41				20,05	41
Tetrathylacium macrophyllum	Salicaceae	25					10,82	25
Trichillia septentrionalis	Meliaceae	43					48,70	43
Turpinia occidentalis	Staphyleaceae				10		10,82	10
Vismia baccifera	Hypericaceae	42	101	18	109		18,46	270
Vochysia braceliniae	Vochysiaceae			1	54	99	13,00	154
Wettinia maynensis	Arecaceae		70			47	13,69	117
Xylopia cuspidata	Annonaceae					55	10,50	55
Zanthoxylum riedelianum	Rutaceae		56	32			18,46	88
								8437

Anexo 3: Tabla fitosociológica de silvopastura

Nombre científico	Familia	T1	T2	T3	T4	T5	DAP (cm)	Abundancia
Annona papilionella	Annonaceae		9				14,01	9
Artocarpus altilis	Moraceae					17	14,64	17
Bactris gasipaes	Arecaceae	31					14,64	31
Bixa orellana	Bixaceae					22	11,46	22
Caryodendron orinocense	Euphorbiaceae				18		18,46	18
Chimarrhis glabriflora	Rubiaceae	150	14	12	19		19,53	195
Croton lechleri	Euphorbiaceae					30	14,80	30
Dussia tessmannii	Fabaceae					4	11,14	4
Ficus glomerata	Moraceae		13	5			16,55	18
Grias neuberthii	Lecythidaceae			18			37,56	18

Guarea fistulosa	Meliaceae				11		19,74	11
Guarea kunthiana	Meliaceae					20	13,37	20
Gustavia macarenensis	Lecythidaceae				33		14,64	33
Heliocarpus americanus	Malvaceae	32		10	12	11	14,85	65
Hieronyma duquei Cuatrec	Phyllanthaceae					10	27,69	10
Inga edulis	Fabaceae		1		21	73	15,81	95
Inga multinervis	Fabaceae				7		25,47	7
Inga spectabilis	Fabaceae			13	1	20	22,92	34
Jacaranda copaia	Bignoniaceae					29	24,35	29
Maclura tinctoria	Moraceae	2		4			17,19	6
Mauritia flexuosa	Arecaceae				22		56,02	22
Ocotea javitensis	Lauraceae				10		12,31	10
Otoba glycycarpa	Myristicaceae	21					37,88	21
Piptadenia pteroclada	Fabaceae				8		17,19	8
Piptocoma discolor	Asteraceae	6	18	12		17	18,99	53
Pleurothyrium cuneifolium	Lauraceae			8			19,74	8
Pourouma cecropiifolia	Urticaceae				13		35,02	13
Pouteria caimito	Sapotaceae				53		16,02	53
Pterocarpus rohrii	Fabaceae					3	17,83	3
Rollinia mucosa	Annonaceae				15	25	22,28	40
Schefflera morototoni	Araliaceae	27				47	18,38	74
Senna macrophylla	Fabaceae	1					10,19	1
Senna pallida	Fabaceae			3			17,51	3
Simira cordifolia	Rubiaceae					18	25,47	18
Theobroma cacao	Malvaceae	69					13,74	69
Vismia baccifera	Hypericaceae					5	19,10	5
Vitex cymosa	Verbenaceae				6		44,25	6
Wettinia maynensis	Arecaceae	39		6			16,45	45
Zanthoxylum riedelianum	Rutaceae				4		19,74	4
								1128