



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CENTRO DE POSTGRADOS

MAESTRÍA EN SILVICULTURA

**MENCIÓN EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE RECURSOS
FORESTALES**

TÍTULO A OBTENER: MAGISTER EN SILVICULTURA

Proyecto de Innovación

Eficiencia en la producción de carbono y madera en un bosque Siempreverde
Piemontano de la Amazonía Ecuatoriana

Autor

Cristhian Bolívar Tipán Torres

Director

Dr. Bolier Torres Navarrete, Ph.D.

Puyo - Ecuador

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Cristhian Bolívar Tipán Torres con cédula de identidad 0929164440, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de innovación titulado: “Eficiencia en la producción de carbono y madera de *Piptocoma discolor* en un bosque Siempreverde Piemontano de la Amazonía Ecuatoriana”, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de innovación son de exclusiva responsabilidad del autor; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.



Cristhian Bolívar Tipán Torres

C.I. 0929164440

AUTOR



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZONICA

Centro de Postgrados

AVAL

Quien suscribe Dr. Bolier Torres Navarrete, PhD, Director del trabajo de titulación, modalidad Proyecto de Innovación titulado: **“EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONO Y MADERA EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”**, a cargo del Ing. **CRISTHIAN BOLÍVAR TIPÁN TORRES**, egresado de la segunda cohorte de la Maestría en Silvicultura mención Manejo y Conservación de los Recursos Forestales de la Universidad Estatal Amazónica

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el Proyecto de Innovación para que sea presentado ante la Dirección de Posgrado como forma de titulación como Magister en silvicultura mención Manejo y Conservación de los Recursos Forestales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que así conste, firmo la presente a los 14 días del mes de agosto del 2020.



Firmado electrónicamente por:
**SEGUNDO BOLIER
TORRES NAVARRETE**

Dr. Bolier Torres, Ph.D.
DIRECTOR DE TESIS
DOCENTE TITULAR DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
CENTRO DE POSTGRADOS
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

OFICIO N° 014-BT-2020

Tena, 14 de agosto del 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que, el trabajo de titulación “**EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONO Y MADERA EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA**”, correspondiente a la Ing. **CRISTHIAN BOLÍVAR TIPÁN TORRES**, con cédula 0929164440, de la Maestría en Silvicultura Mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales cuyo director del proyecto es el Dr. Bolier Torres, PhD, ha sido revisado mediante el sistema anti plagio, reportando una similitud del 5%, informe generado el día 14 de agosto del 2020 por parte del director de su proyecto.

Particular que comunico para los fines pertinentes



Firmado electrónicamente por:
SEGUNDO BOLIER
TORRES NAVARRETE

Bolier Torres, Ph.D.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

URKUND

Document Information

Analyzed document	Tesis Cristhian urkund.docx (D77790041)
Submitted	8/14/2020 9:41:00 PM
Submitted by	
Submitter email	btorres@uea.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	btorres.uea@analysis.orkund.com

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN CERTIFICA QUE:

El presente Trabajo de Titulación: **“EFICIENCIA EN LA PRODUCCIÓN DE CARBONO Y MADERA DE *PIPTOCOMA DISCOLOR* EN UN BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONIANO DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”**, bajo la responsabilidad de la egresado **CRISTHIAN BOLÍVAR TIPÁN TORRES**, ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación a la Defensa Pública:

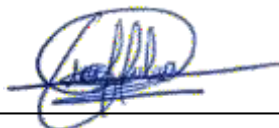
MIEMBROS DEL TRIBUNAL



**Dr. C. Yoel Rodríguez Guerra. PhD.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



**Dr. C. Yudel García Quintana. PhD.
MIEMBRO 1 DEL TRIBUNAL**



**Dr. C. Darwin Alexander Pucha Cofrep, PhD
MIEMBRO 2 DEL TRIBUNAL**

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de proyecto de Innovación me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA, al Centro de Posgrados y al Coordinador de la Maestría en Silvicultura, por darme la oportunidad de estudiar y obtener este grado académico.

Al Dr. Bolier Torres Navarrete PhD, Director del Proyecto de Innovación, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia y su motivación ha logrado que pueda terminar con éxito.

De igual manera agradecer a mis profesores integrantes del Tribunal Dr. C. Yoel Rodríguez Guerra, PhD. (Presidente), Dr. C. Yudel García Quintana, PhD. Y Dr. C. Darwin Pucha Cofrep, PhD. (Miembros de Tribunal), por sus valiosos aportes al Proyecto de Innovación.

A la Dra. Yenny Torres Navarrete, PhD. mi linda madre por ser la persona que siempre me ha levantado los ánimos tanto en los momentos difíciles de mi vida estudiantil como personal. Gracias por tu paciencia y esas palabras sabias que siempre tienes para mis enojos, mis tristezas y mis momentos felices, por ser mi amiga y ayudarme a cumplir mis sueños.

A mis tí@s. Bolívar, Emma, Bolier, y Alexandra Torres, ustedes han sido sin duda uno de los principales precursoras de este logro, nunca dudaron y siempre me apoyaron para que yo pudiera seguir con mis estudios, creyeron que podía, se preocuparon por lo que estaba haciendo, y me incentivaron a seguir adelante.

DEDICATORIA

A mi querida madre Yenny Torres Navarrete, ejemplo de vida, trabajo, sacrificio, lealtad; que no alcanzaría tiempo ni espacio para agradecer todo lo que ha hecho por mí. Pilar fundamental en mi formación como persona, estudiante y profesional. A ella a la que todo hijo desearía tener como madre, dedico este logro que lo he cumplido con esfuerzo y sacrificio para enorgullecerla.

A mis segundos padres, Mami Hilda y Papi Bolívar, por sus cuidados y constancia en cada etapa de mi vida, y por su amor infinito.

A mis queridas hermanas, Cristhina y Jennifer porque han sido mi inspiración para culminar este nuevo reto.

A todos mis ti@s, y prim@s por su amor, paciencia y todo su inmenso e incondicional apoyo durante toda mi vida.

A mis amig@s que han sido un gran apoyo en mi formación profesional, impulsándome a superar los límites y llegar con entusiasmo al comienzo de una nueva etapa de mi vida.

Cristhian Tipán Torres

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en un bosque Siempreverde Piemontano que se encuentra localizada en el extremo Noroccidental de la provincia de Pastaza en la Amazonía. Estos bosques se encuentran en las estribaciones de las Cordilleras Oriental y Amazónicas, desde 600–800 hasta 1300 m. El objetivo general: Evaluar la abundancia, biomasa aérea y la eficiencia en la producción de carbono y madera *Piptocoma discolor* en un bosque siempre verde piemontano de la Amazonía ecuatoriana. En el área de estudio, se registraron 729 individuos, distribuidos en 28 familias, y 77 especies, En cuanto a las especies más representativas encontradas fueron *Piptocoma discolor* con 386 individuos, *Miconia multispicata* con 48 individuos y *Heliocarpus americanus* con 44 individuos. La especie *P. discolor* es la de mayor peso ecológico en toda el área de estudio con valores de Gm², diversidad, densidad, dominancia e Índice de valor de importancia de 7,21, 52,95, 3,86, 46,18 y 102,99 respectivamente. Al analizar el stock de carbono del sitio de estudio en relación con cada componente, se reveló que del promedio total de 72,9 árboles ha⁻¹ se encuentra una biomasa total de 106,99 Mg ha⁻¹. En cuanto a la distribución del Área Basal y Volumen por clase diamétrica de un total de 729 individuos, se encontró que representan 15,47 m² de área basal lo cual representa 192,87 m³ de volumen en 10.000 m² de los cuales *Piptocoma discolor* abarca 7,24 m² de área basal para un 89,86 m³ de volumen, seguido por las especies *Miconia multispicata* y *Heliocarpus americanus* de la familia Melastomataceae y Chloranthaceae, respectivamente. La relación abundancia – biomasa sobre el suelo, mostrado por clase diamétrica tiene como principal especie al *Piptocoma discolor*, donde se observa una cantidad de biomasa sobre el suelo de 106 Mg ha⁻¹ representada por 729 individuos. Sin embargo, en la clase diamétrica de 10-19.9 cm se almacena la mayor cantidad de biomasa sobre el suelo con alrededor de 59 Mg ha⁻¹ con una población de 632 individuos. De estos resultados, solo la especie *Piptocoma discolor* representa 31 Mg ha⁻¹ en 344 individuos ha⁻¹.

Palabras claves: Bosque siempre verde, Composición florística, producción de Carbono, Amazonía ecuatoriana.

ABSTRACT

The present investigation is found in a Piemonte evergreen forest that is located in the extreme northwestern part of the Pastaza province in the Amazon. These forests are found in the foothills of the Eastern and Amazon Cordilleras, from 600–800 to 1,300 m. The general objective: To assess the abundance, above-ground biomass and the efficiency in the production of carbon and wood *Piptocoma discolor* in an evergreen Piemonte forest in the Ecuadorian Amazon. In the study area, 729 individuals were registered, distributed in 28 families, and 77 species. As for the most representative species found, it was *Piptocoma discolor* with 386 individuals, *Miconia multispicata* with 48 individuals and *Heliocarpus americanus* with 44 individuals. The *P. discolor* species is the one that weighs the most ecologically in the entire study area with values of Gm2, diversity, density, dominance and Index of importance value of 7.21, 52.95, 3.86, 46.18 and 102.99 respectively. When analyzing the carbon stock of the study site in relation to each component, it was revealed that a total biomass of 106.99 Mg ha⁻¹ is found from the total average of 72.9 trees ha⁻¹. Regarding the distribution of the Basal Area and Volume by diametric class of a total of 729 individuals, it was found that they represent 15.47 m² of basal area which represents 192.87 m³ of volume in 10,000 m² of which *Piptocoma discolor* covers 7, 24 m² of basal area for an 89.86 m³ of volume, followed by the species *Miconia multispicata* and *Heliocarpus americanus* of the family Melastomataceae and Chloranthaceae, respectively. Regarding the relation abundance - biomass on the ground, showing these results also by diameter class in a forest of natural succession whose main species is *Piptocoma discolor*. Where an amount of biomass on the ground of 106 Mg ha⁻¹ represented by 729 individuals is observed. However, in the 10-19.9 cm diameter class the greatest amount of biomass is stored above ground with around 59 Mg ha⁻¹ with a population of 632 individuals. Of these results, only the *Piptocoma discolor* species represents 31 Mg ha⁻¹ in 344 individuals ha⁻¹.

Key words: Evergreen forest, Floristic composition, Carbon production, Ecuadorian Amazon.

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL DE TESIS	
AGRADECIMIENTOS	
DEDICATORIA	
RESUMEN	
ABSTRACT	
TABLA DE CONTENIDO	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
CAPÍTULO I.....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Problema científico.....	3
1.2. Hipótesis de la Investigación.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO II	6
2. Revisión bibliográfica.....	6
2.1. Bosque nativo.....	6
2.2. Bosque Siempreverde Piemontano.....	6
2.3. <i>Piptocoma discolor</i> (Pigüe).....	6
2.4. Inventario forestal.....	8
2.5. Biomasa sobre el suelo.....	9
2.6. Índice de Valor de Importancia (IVI).....	10

2.7.	Frecuencia.....	11
2.8.	Abundancia.....	11
2.9.	Dominancia.....	12
2.10.	Los bosques y las reservas de Carbono.....	13
2.11.	Sucesiones ecológicas.....	14
2.12.	Tipos de sucesiones.....	15
2.12.1.	Sucesiones primarias y secundarias.....	15
	 CAPÍTULO III	 17
3.	Materiales y Métodos.....	17
3.1.	Localización.....	17
3.2.	Tipos de investigación.....	18
3.3.	Método de investigación.....	18
3.4.	Tratamientos de datos.....	19
3.5.	Recursos humanos y materiales.....	24
	 CAPÍTULO IV	 26
4.	Resultados y discusión.....	26
4.1.	Abundancia, estructura y diversidad florística en sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i>	26
4.1.1.	Composición florística.....	26
4.1.2.	Índice de diversidad de las especies.....	28
4.2.	Potencial de biomasa aérea y Carbono en bosques de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i>	30
4.2.1.	Biomasa sobre el suelo (BSS) y Carbono almacenado.....	30
4.2.2.	Índice de Valor de Importancia de la Biomasa (IVIB).....	33
4.2.3.	Relación de biomasa por clase diamétrica sobre el suelo del bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i>	34
4.3.	Parámetros del volumen de madera de la especie <i>Piptocoma discolor</i> en bosques de sucesión natural.....	36
4.3.1.	Área basal y volumen de las especies botánicas.....	36
4.3.2.	Distribución del área basal y volumen por clase diamétrica.....	37

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	40
BIBLIOGRAFÍA	42
ANEXOS	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Clases de frecuencia de acuerdo al porcentaje.....	11
Tabla 2.	Número de individuos por especie por parcela.....	21
Tabla 3.	Registro del diámetro de los individuos.....	21
Tabla 4.	Registro de la altura de los individuos	21
Tabla 5.	Fórmulas usadas para los cálculos de los parámetros estructurales del bosque de sucesión natural del <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	22
Tabla 6.	Fórmulas usadas para el cálculo de biomasa y Carbono del bosque de sucesión natural del <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	23
Tabla 7.	Índice de valor de importancia a nivel de familia en 10 parcelas temporales de muestreo, en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	27
Tabla 8.	Índice de valor de importancia a nivel de especies en 10 parcelas temporales de muestreo, en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	28
Tabla 9.	Cálculo de los índices de diversidad de Shannon y Simpson a nivel de género y especie en 10 parcelas temporales de muestreo, en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	29
Tabla 10.	Cálculo de los promedios de biomasa, carbono y número de individuos por hectárea, determinados con una muestra de 10 parcelas temporales de muestreo de 1000m ² , en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	31
Tabla 11.	Densidad, área basal, biomasa sobre el suelo (BSS) e índice de valor de importancia de la biomasa (IVIB) de las 10 especies más importantes en términos de IVIB en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020	33
Tabla 12.	Área basal (G ₂) y volumen (m ³) en (10000 m ²) de las especies botánicas más importantes del bosque de sucesión natural del <i>Piptocoma discolor</i> , Pastaza, 2020.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Plano de la localización geográfica del área de estudio.....	17
Figura 2.	Modelo de parcela (transepto o cuadrante).....	20
Figura 3a.	Número de especies por familia.....	26
Figura 3b.	Número de individuos por familia.....	26
Figura 4.	Distribución del stock de Carbono en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	32
Figura 5.	Relación de biomasa por clases diamétricas (A) densidad (número de árboles) (ha-1) y (B) Biomasa sobre el suelo (Mg ha-1) por grupos diamétricos (DAP cm) en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	35
Figura 6.	Distribución por intervalo de clase diamétrica de área basal de todas las especies vs. Los individuos de Pigüe calculados por hectárea en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	38
Figura 7.	Distribución por intervalo de clase diamétrica de volumen de todas las especies vs. Los individuos de Pigüe calculados por hectárea en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	38
Figura 8	Distribución por intervalo de clase diamétrica de individuos de todas las especies vs. Los individuos de Pigüe calculados por hectárea en un bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	39
Figura 9.	Potencial volumétrico de bosque de sucesión natural de <i>Piptocoma discolor</i> en la provincia de Pastaza, 2020.....	39

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Cálculo del índice de Valor de Importancia de la Biomasa (IVIB) de todas las especies inventariadas.....	53
Anexo 2.	Cálculo del Índice de Valor Importancia (IVI) de todas las especies inventariadas.....	55
Anexo 3.	Fotografía del trabajo de campo.....	57

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país megadiverso cuenta con una superficie territorial de 256 370 km², de los cuales 127 533,87 km² corresponde a cobertura forestal (MAE, 2015); pero, lamentablemente existe una deforestación de 77 647 ha/año, lo que dificulta la conservación de este patrimonio (MAE, 2012). Los bosques sufren fuertes cambios del uso de la tierra, incluso en suelos de aptitud forestal; las causas son: minería informal, minería a gran escala, políticas de colonización mal dirigidas acompañadas por leyes que han promovido la deforestación; por otra parte existen deficiencias en la planificación sectorial y débil presencia institucional de los entes encargados del sector forestal; esto ha contribuido a la pérdida de los recursos forestales y otros elementos de la biodiversidad (MAE, 2013).

Los estudios de composición florística y estructura de la vegetación son fundamentales para la planificación y desarrollo de planes de conservación y uso sostenible de los ecosistemas y sus componentes, su conocimiento es esencial para entender la dinámica de los bosques y los cambios inducidos por la actividad humana (Villareal *et al.*, 2004).

La concepción antropocéntrica del humano con respecto a la naturaleza ha provocado la alteración de los flujos de energía naturales que sostienen los ecosistemas, ocasionando una serie de impactos ambientales que ha hecho necesario tomar medidas para mitigar el daño sobre el medio ambiente (Barros 2010). Entre los principales impactos tenemos la pérdida de biodiversidad. La acelerada velocidad con la que ocurre ha permitido que científicos estimen estar en medio de un sexto evento de extinción masiva de especies (Barnosky *et al.*, 2011). Por ello salvaguardar la biodiversidad es fundamental, de manera especial en los trópicos, ya que son las regiones que concentran la mayor diversidad de especies (Balvanera, 2012). Por ejemplo, los bosques tropicales son responsables de más de un tercio de la fotosíntesis global de los ecosistemas terrestres (Melillo *et al.*, 1993) y almacenan aproximadamente el 40% del carbono que reside en la vegetación (Lewis *et al.*, 2004). Lo anterior convierte a los bosques tropicales en el más importante sumidero

de carbono en el mundo. En este contexto, entender cómo se regeneran los bosques tropicales después de haber sido perturbados es fundamental para evaluar su resiliencia en distintos contextos históricos y ecológicos.

La regeneración de los bosques constituye la base para la renovación y la continuidad de las especies, lo que la convierte en uno de los procesos más importantes en el ciclo de vida de las plantas (Nathan & Muller-Landau, 2000). En la Amazonía ecuatoriana el *Piptocoma discolor* (Pigüe), es una especie pionera que se regenera de forma natural en barbechos, bosques secundarios tempranos y tardíos (Merino, 2010; Jørgensen y León 1999) debido a la fácil dispersión de semillas realizada por las escamas florales típicas de la familia Compositae (Almeida *et al.*, 2004; CDC, 2011). La madera de esta especie ha venido siendo usado como material de embalaje para envíos (Romero *et al.*, 2011), especialmente para la transportación de frutas y vegetales de la región (Torres *et al.*, 2013), constituyéndose en una fuente alternativa de ingresos económicos que contribuyen al reducido portafolio de ingresos que experimentan los hogares rurales de la Amazonía Ecuatoriana.

Debido al potencial regenerativo, esta especie abunda de manera natural en varios sistemas endógenos de rotación de cultivos considerados localmente como barbechos agrícolas (Erazo *et al.*, 2014), así como también en superficies mono dominantes de bosques secundarios en el ecosistema andino-amazónico. Por estas características ecológicas podría ser considerado como una alternativa para fomentar la recuperación de suelos y como el inicio de un manejo sostenible con propósitos de restauración del paisaje forestal.

El pigüe se caracteriza por ser un árbol de madera blanda y de rápido crecimiento que puede crecer hasta alcanzar un diámetro de 60 cm y una altura máxima de 30 m. Además, presenta un tronco cilíndrico con ramificación por encima del tercio inferior (CDC 2011; Zamora, 2000).

En este contexto, el presente estudio busca determinar la abundancia y diversidad florística asociada a la sucesión natural de la especie *Piptocoma discolor*, así como también el potencial de almacenamiento de carbono a través de su biomasa aérea en el ecosistema andino-amazónico.

1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO

Se considera que Ecuador es uno de los países más biodiversos del mundo (FAO, 2009). Alberga entre 5 y 10% de la biodiversidad a nivel mundial, gran parte de esta se asocia a los bosques (SENPLADES, 2009). La deforestación y el cambio de uso del suelo, constituyen uno de los principales problemas en la destrucción de los bosques. Esto generalmente generado por factores tanto naturales como antropogénicos, lo que produce la pérdida de cobertura vegetal, la destrucción del hábitat de la vida silvestre, pérdida de la biodiversidad, acelera la erosión y altera el ciclo del agua (Lanly, 2003).

En la mayoría de países y especialmente en los subdesarrollados, la falta de educación o conocimientos sobre la conservación y valoración de los bosques como sumideros de carbono, ha hecho que las personas acaben con los recursos forestales de cada sector sin darse cuenta que esto genera la destrucción de los bosques y la pérdida de especies (Pardos, 2010). Por otra parte, la pobreza induce a la deforestación, como estrategia de supervivencia.

Ante esta situación, el manejo de ecosistemas a través de conservación y restauración ecológica toma fuerza cada día como solución para revertir procesos de degradación de ecosistemas y pérdida acelerada de biodiversidad. Ya no basta conservar y proteger áreas representativas, sino que se debe aprender a restaurar paisajes, ecosistemas, comunidades y poblaciones de plantas y animales, para garantizar sustentabilidad de sistemas naturales, seminaturales y sociales en grandes extensiones, y de esta forma garantizar la disponibilidad de servicios ambientales regionales, los cuales mantienen las economías funcionando. El aumento de desastres por inundaciones, derrumbes, deslizamientos de tierra se debe a la pérdida de servicio ecosistémico de coberturas vegetales en laderas. Ecosistemas como los de la Amazonía son vitales para el mantenimiento de economías regionales por la producción de agua para agricultura y bienestar humano de alta calidad. (Vargas, 2011)

El funcionamiento de los ecosistemas solo se puede mantener en tiempo y espacio con altos valores de biodiversidad y la restauración ecológica, si se conservan grandes extensiones. La conservación de ecosistemas y restauración de la biodiversidad van de la mano. En la Amazonía ecuatoriana al ser la zona con más diversidad en el país tiene gran responsabilidad en la conservación y restauración de su biodiversidad.

Una especie interesante para este tipo de restauración dada la importancia económica y de subsistencia es el *Piptocoma discolor* para los pequeños productores amazónicos, pero existe una limitante y es precisamente la escasa información sobre las funciones relacionadas a la restauración natural de esta especie como su abundancia y diversidad florística, así como también sobre el potencial como sumidero de carbono y potencial maderero que tiene la especie.

El área planteada como sitio de estudio es considerado como un sitio megadiverso por ser parte del *hotspot* denominado *Uplands of Western Amazonia* (Myers, 1988; Myers et al., 2000). Desafortunadamente, esta área se encuentra bajo severa amenaza (Mittermeier *et al.*, 1998) debido a la colonización que ha provocado altas tasas de deforestación y cambio de uso del suelo hacia la agricultura y sistemas ganaderos con consecuencias en la expansión de la frontera agrícola y pérdida de bosques (Torres *et al.* 2018 a, b).

En este contexto amazónico, el conocimiento de los parámetro de abundancia, diversidad arbórea asociada a la regeneración natural de esta especie, planteados en esta investigación, permitirá a los tomadores de decisiones y del sector académico por un lado realizar acciones tendientes al manejo de la especie, con fines de contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de las poblaciones rurales pobres de la Amazonía ecuatoriana que manejan y aprovechan los recursos madereros de esta especie para complementar sus ingresos económicos.

Así mismo, conocer el potencial como sumidero de carbono y eficiencia en la productividad de madera la especie, puede contribuir en los programas de incentivos nacionales o internacionales que buscan facilidades para la restauración de

ecosistemas forestales degradados con especies nativas de fácil regeneración y alto potencial ecológico.

1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La especie *Piptocoma discolor* en sucesión natural fomentará la diversidad florística y presentará un alto potencial de almacenamiento de carbono en la producción de madera.

1.3. OBJETIVO

1.3.1. GENERAL

Evaluar la eficiencia en la producción de biomasa y madera *Piptocoma discolor* en un bosque Siempreverde Piemontano de la Amazonía ecuatoriana.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar la diversidad florística en sucesión natural de *Piptocoma discolor*
2. Determinar el potencial de biomasa aérea y producción de carbono en bosques de sucesión natural de *Piptocoma discolor*
3. Establecer los parámetros del volumen de madera de la especie *Piptocoma discolor* en bosques de sucesión natural.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. BOSQUE NATIVO.

Es un ecosistema arbóreo, que puede ser de carácter primario o secundario, este último regenerado por sucesión natural, que se constituye de árboles de diferentes especies nativas, altura y edades, con uno o más estratos (Ecuador Forestal, 2012).

Lozano *et al.* (2013) manifiestan que el bosque nativo es un ecosistema que se caracteriza por poseer vegetaciones arbóreas a diferentes altitudes, se desarrollan generalmente en zonas bajas, de pie de monte, en estribaciones y montañas de altura con caracteres fisionómicos que difieren unos de otros acordes a su altitud y su composición florística.

2.2. BOSQUE SIEMPREVERDE PIEMONTANO

Cobertura vegetal que se encuentra en el rango de los 600 y 1.300 de altitud, converge con el traslape entre las especies amazónicas y andinas. A nivel de subdosel y sotobosque la densidad es muy densa y con frecuencia se observan manchas de *Bambusa* sp. (Poaceae) (Palacios, *et al.* 1.999).

En una clasificación más reciente por el MAE (2012), el bosque siempreverde piemontano se caracteriza por poseer un bioclima pluvial, ombrotipo húmedo e hiperhúmedo con una variación altitudinal de 400 a 1200 m.s.n.m., ubicado en la región noroccidental de la Amazonía. Su flora es caracterizada por la presencia de varias especies andinas termófilas o macrotérmicas, en asociación con el fondo florístico que domina la flora del occidente de la Amazonía. El sustrato de sus bosques es relativamente ácido y con buen drenaje. Sus bosques muestran un paisaje que está dominado por altas colinas con agudas y redondeadas crestas a nivel medio, relacionadas con rocas sedimentarias y volcánicas, de origen más reciente.

2.3. **Piptocoma discolor (Pigüe)**

Piptocoma discolor (pigüe) de la familia Compositae, es una especie nativa, comúnmente denominado como pigüe en Ecuador, se distribuye en la región Amazónica y parte de la Costa, en la provincia de Pastaza se puede apreciar en bosques secundarios.

La taxonomía de *Piptocoma discolor* (Pigüe) se detalla a continuación (Merino, 2010):

Reino: Plantae

Filo: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Compositae

Subfamilia: Cichorioideae

Tribu: Vernonieae

Género: *Piptocoma*

Especie: *Piptocoma discolor* (Kunth.) Pruski (Pigüe).

Esta especie es un árbol de hoja simple, elíptica a ovaladas de 16 cm de largo y 4 a 6 cm de ancho, con ápice acuminado y base decurrente al peciolo, filotaxia alterna, orientación helicoidal, estipulas ausentes, margen entero ligeramente dentado, glándulas foliares ausentes, tipo de nerviación broquidódroma, indumento en el envés estrellado color blanco, exudado ausente, corteza fisurada de color negro, base de tronco raíces tabulares con características reproductivas con inflorescencia en panículas de cabezuelas con cáliz de color verde, pétalos de color blanco, frutos en aquenios color crema, semillas elípticas color pardo rojizo (Erazo *et al.*, 2014).

Es un árbol de madera blanda y crecimiento rápido que puede alcanzar una altura máxima de 30 m.; el diámetro del tronco es de aproximadamente 60 cm., con forma cilíndrica y presenta ramificaciones por encima del tercio inferior, crece en suelos limosos y arcillosos de bosques secundarios tempranos y tardíos de la región amazónica. (Merino, 2010).

P. discolor (Pigüe), tiene una duración de fructificación de seis meses con una alta capacidad para producir flores y frutos; la floración inicia en el mes de abril y mayo, en el caso de los frutos se mantiene por cuatro a ocho meses (Aguirre *et al.* 2015). Dicha especie es utilizada especialmente como uso maderable, para realizar cajas para el transporte de frutas, por ende, los principales mercados son los comerciantes y exportadores de frutas como el mango, a la vez los nativos de la Amazonía ecuatoriana utilizan la corteza del árbol para la picadura de las serpientes (De la Torre *et al.*, 2008).

Por ser una especie pionera, es de fácil adaptación en suelos degradados con condiciones de baja fertilidad; Por tal razón, esta especie se desarrolla en combinación con pasto, sistemas agrícolas, no tiene problema en desarrollar en suelos de baja fertilidad y en orillas de ríos (Erazo *et al.*, 2014).

El uso de las maderas no convencionales permite a las personas con bajos recursos tener ingresos para mejorar sus estilos de vida y como biomasa forestal, se puede convertir en energía, u otros subproductos de valor agregado y mantener su sostenibilidad debido a su germinación rápida y producción natural (Lucas *et al.*, 2012).

2.4. INVENTARIO FORESTAL

El término “inventario forestal” ha sido utilizado en el pasado como sinónimo de “procedimiento para la estimación de recursos leñosos contenidos en el bosque, principalmente recursos maderables comerciales. No obstante, la demande de

compilar datos respecto de recursos no leñosos ha modificado progresivamente el concepto, para dar paso a inventarios especializados para la toma de información de recursos como flora, fauna, hídricos, y muchos otros recursos no maderables. (Orozco, 2002)

Uno de los principales objetivos al aplicar la mensura forestal es describir poblaciones de bosques en términos de la cifra total de alguna característica de todos los árboles, sean estas, por ejemplo: área basal o volumen. Debido a que por lo general las poblaciones forestales son muy extensas y en la mayoría de los casos de difícil accesibilidad, sumado a esto el alto costo que llevaría realizar un censo total, basaríamos su análisis en la toma de una pequeña muestra de árboles, seleccionados de manera que representen a toda la población, agrupando a los árboles en lo que llamaremos unidades muestrales o también denominadas parcelas (Prodan, *et al.* 1997).

2.5. BIOMASA SOBRE EL SUELO

La biomasa sobre el suelo (BSS) se define como la cantidad de materia orgánica en plantas vivas y muertas material sobre la superficie del suelo (Litton *et al.*, 2008), y sirve como indicador del carbono existencias por encima del suelo. El método más preciso de la medición de la biomasa arbórea es un muestreo destructivo (Basuki *et al.*, 2009), donde los árboles individuales son seleccionado, cortado, empacado, secado hasta obtener una masa constante (Brown, 1997).

Sin embargo, existen modelos alométricos de biomasa que son una herramienta esencial para estimar la biomasa arbórea individual sobre el suelo, que además puede contribuir a contabilizar de manera bastante precisa el stock y flujo de biomasa y carbono en ecosistemas terrestres (Brown 1997; Chave *et al.* 2005; IPCC 2007).

La biomasa es un parámetro que caracteriza la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo (Brown 1997, Eamus *et al.* 2000) y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema forestal (Schlegel *et al.* 2000). Según el IPCC (2006), es la masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dados; se suele considerar biomasa muerta el material vegetal muerto recientemente. La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación, permite comparar distintos tipos de especies o vegetación o comparar especies y tipo de vegetación similares en diferentes sitios. Además, la cuantificación de la biomasa y el crecimiento de la vegetación en los ecosistemas son críticos para las estimaciones de fijación de carbono, un tema actualmente relevante por sus implicaciones en relación al cambio climático (Dixon 1995, Malhi y Grace 2000, Snowdon *et al.* 2001).

2.6. ÍNDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI)

Las comunidades vegetales están compuestas por un grupo de especies, cada una con una abundancia diferente. Todas las especies compiten por acceder a recursos (agua, luz, CO₂, etc.), las especies que mejor aprovechen estos recursos serán las que dominen la comunidad, determinando su estructura. La forma como estas aprovechen la energía del sistema nos permitirá conocer el comportamiento ecológico de la comunidad, esto se puede realizar mediante el cálculo de los valores de importancia de cada especie. Santos, 2018.

El índice de valor de importancia (IVI) define como de las especies presentes en la comunidad contribuyen en el carácter y estructura de un ecosistema (Cottam y Curtis, 1956). Este valor se obtiene mediante la sumatoria de la frecuencia relativa, la densidad relativa y la dominancia relativa.

2.7. FRECUENCIA

La frecuencia se refiere a la existencia de una especie en una determinada parcela, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100% representa la existencia de una especie en todas las subparcelas), en la Tabla 1 se muestra las clases de frecuencia (Lampretch, 1990).

Diagramas con valores altos en las clases de frecuencia IV – V, indican la existencia de una composición homogénea o parecida. Valores altos en las clases I y II, significan heterogeneidad florística acentuada (Lampretch, 1990). La frecuencia relativa es la relación de los registros absolutos de una especie en las subparcelas en relación al número total de registros de todas las especies (Mostacedo y Fredericksen, 2000).

Tabla 1. Clases de frecuencia de acuerdo al porcentaje

Clase		Frecuencia Absoluta
A	I	1 – 20%
B	II	21 – 40 %
C	III	41 – 60 %
D	IV	61 – 80 %
E	V	81 – 100 %

Fuente: Lampretch (1990)

2.8. ABUNDANCIA

La abundancia es el número de individuos de cada especie presente en cada parcela. En términos relativos está relacionada al número total de especies presentes en la parcela; así se habla de especies raras, escasas, frecuentes, abundantes entre otros (Mateucci y Colma, 1982).

De particular interés resulta conocer el impacto sobre la composición de las especies presentes y la abundancia relativa de estas. La necesidad de medir no solo la diversidad entendida como riqueza de especies en un hábitat dado, sino los valores de importancia de las especies atendiendo a criterios de abundancia han sido fehacientemente justificadas por Moreno (2001). Para esta autora medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales.

El conocimiento de la relación de las especies vegetales con su hábitat sienta las bases para establecer programas de restauración y manejo de los bosques, proponiendo para cada sitio ecológico, las especies más adecuadas de árboles y arbustos, aprovechando su mayor facilidad de adaptación (Daget y Godron, 1982). Conocer la distribución de las especies forestales y la condición del arbolado es importante por muchas razones, por ejemplo la correcta elección de la especie y su patrón geográfico constituyen la base para los programas de reforestación (McKevlin, 1992; Gardiner *et al.*, 2004; Viveros-Viveros *et al.*, 2006) y restauración de ecosistemas degradados (Pérez-Salicrup, 2005).

2.9. DOMINANCIA

Como dominancia absoluta de una especie es definida la suma de las áreas basales individuales expresadas en m^2 , la dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada (Lampretch, 1990). El mismo autor señala que la dominancia o “grado de cobertura” de las especies es la expresión del espacio ocupado por ellos, se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo, la suma de las proyecciones de las copas de todos los individuos de una especie, determina su dominancia por ejemplo en m^2 .

A causa de la estructura vertical compleja de los bosques, la determinación de las proyecciones de las copas resulta en extremo complicada, trabajosa y en algunos casos difíciles de realizar, por ello generalmente estas no son evaluadas, sino que se emplean las áreas basales calculadas como sustitutos de los verdaderos valores de

dominancia. La indicación de la dominancia relativa de una especie, no ha sido definida de manera clara y precisa. En la práctica se considera dominante a aquella categoría vegetal que es la más notable en la comunidad, ya sea por su altura, cobertura o densidad, es decir, puede estimarse a partir de cualquiera de las variables de abundancia (Mateucci y Colma, 1982). Son dominantes las especies con mayor biomasa total. En comunidades complejas, los diferentes estratos tienen diferentes especies dominantes o codominantes. Muchas veces, se usa el área basimétrica (área basal), en especies leñosas. La medida de dominancia indica el espacio de terreno ocupado actualmente por una especie. (Aramburu, 2014).

2.10. LOS BOSQUES Y LAS RESERVAS DE CARBONO

Los bosques tropicales desempeñan un papel vital en el ciclo global del carbono. Los bosques tropicales, al cubrir un área extensa y ser ecosistemas extremadamente dinámicos, regulan la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera mediante la fijación del mismo y su reincorporación al ciclo normal (Dixon, 1995; Gralb *et al.*, 2001).

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad, condiciones de clima y suelo. Se asume que el 45% de la biomasa seca es carbono. Existe en los bosques una acumulación de carbono almacenado que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar de 150 y 382 t/ha, por lo tanto el carbono almacenado varía entre 67,5 a 171 t/ha (Alegre *et al.* 2001),

Los bosques tropicales almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (Yepes-Quintero *et al.*, 2011). Según lo expone (Mohd y Abd, 2017), la mayor cantidad de Carbono está contenido en la biomasa aérea de los árboles; por su parte (Brown, 1997) asegura que aproximadamente el 50% de la biomasa forestal es Carbono siendo un factor de conversión rápido para la estimación de la misma, esta teoría se ajusta con lo expresado por (Phillips *et al.*, 2011) donde expone que la

mayoría de estudios de estimación de Carbono para los bosques tropicales utilizan un factor de 0.5 ya que se asume que el carbono corresponde a un 50% de la biomasa.

2.11. SUCESIONES ECOLÓGICAS

El término sucesión frecuentemente es utilizado para describir cambios en diferentes tipos de vegetación en escalas temporales y espaciales. En los sitios con poblaciones forestales, la sucesión es definida como el cambio directo con el tiempo de la composición de especies y fisionomía vegetal de un sitio en el cual el clima permanece efectivamente constante (Finegan, 1984). Whittaker (1970) define una sucesión como el proceso de desarrollo de una comunidad, causado en diferentes grados, fuera y dentro de dicha comunidad. Muchas sucesiones implican ambas causas y sus recíprocas influencias. Varias tendencias o desarrollos progresivos implícitos se deben a procesos sucesionales.

Huston y Smith (1987) definen una sucesión como un cambio secuencial en las abundancias relativas de las especies dominantes en una comunidad (con base en la biomasa). El cambio secuencial implica que las especies, o un grupo de especies, una vez dominantes, no volverán a serlo a menos que una perturbación u otro cambio ambiental intervengan. (Pickett *et al* 1987) mantiene que una sucesión es un proceso de reemplazo individual, un cambio en función del individuo. Los cambios sucesionales son principalmente demográficos, y tienen relaciones complejas en el ambiente biótico y físico. Estos procesos tienen resultados significativos en la estructura y función a nivel de comunidad y ecosistema. Wiegleb y Felinks (2001) definen una sucesión como un cambio secuencial (o direccional) del número de especies, composición y estructura de la comunidad, incluyendo relaciones de dominancia, y tipos de comunidad en un sitio.

En el proceso de una sucesión ocurren cambios que no en todos los casos es lineal y pocas veces alcanza el equilibrio. La direccionalidad ocurre sólo en el sentido de que existe un cambio en las especies presentes, no en el sentido de exista una tendencia conocida a un final predecible. La sucesión puede incorporar diferentes tipos de trayectoria incluyendo la cíclica, convergente, divergente, paralela o reticulada. Las perturbaciones a menudo redireccionan o reinician las trayectorias sucesionales,

conduciendo a la observación de que los puntos finales estables se consiguen raras veces. La perturbación inicia, dirige y puede detener o redireccionar la sucesión, por lo que se dificulta conocer los patrones de las sucesiones. La amplitud del tema dificulta definirlo de manera precisa aún, a pesar de su relevancia para interpretar el cambio temporal (Walker y Del Moral 2003). Ambos términos interactúan; la perturbación es un evento relativamente discreto en tiempo y espacio, que altera la estructura de una población, comunidad o estructura de un ecosistema. Una perturbación puede alterar la densidad, biomasa o distribución espacial de la biota, afectando de esta manera la disponibilidad de recursos, hecho que puede producir cambios en el ambiente físico. Al igual que la sucesión, las escalas temporales y espaciales de los componentes de interés deben ser definidos. La perturbación es definida por su frecuencia, extensión y magnitud, (Walker y del Moral 2003).

Margalef (1982) indica que, la sucesión consiste en la llegada y entrada de especies que existían ya en otras comunidades. Menciona además que la sucesión consiste en la sustitución de un estado o sistema por lo que se puede considerar como otro estado u otro sistema. Para Palacios y Castillo (1983) “la sucesión es una serie de etapas de desarrollo del ecosistema, en un área dada que conduce progresivamente hacia una estructura y composición más compleja de la asociación vegetal”

2.12. TIPOS DE SUCESIONES

La sucesión es un proceso de cambio en la estructura y composición de la vegetación en un determinado sitio, de manera que a lo largo del tiempo, se encuentran en dicho sitio una serie de comunidades vegetales diferentes. A menudo, cada comunidad es de mayor estatura y biomasa, y contiene más especies que la anterior. Se reconocen dos tipos de sucesiones dependiendo del tipo de sustrato que la vegetación coloniza. (Louman, 2001)

2.12.1. Sucesiones primarias y sucesiones secundarias

Louman (2001) define dos tipos de sucesiones:

- **Sucesiones primarias:** Son aquellas que se desarrollan sobre sustratos que nunca antes tuvieron vegetación, como materiales de origen volcánico, sedimentos depositados por ríos, materiales expuestos por derrumbes. El sustrato generalmente muestra condiciones adversas para el desarrollo de plantas. La sucesión es lenta; a menudo incluye una fase de mejoramiento del sitio en el cual las especies fijadoras de nitrógeno pueden tener un papel importante y casi siempre depende completamente de semillas del exterior.
- **Sucesión secundaria:** Es el proceso de recuperación del bosque después de que se ha abierto un claro. En el caso de un claro grande en donde toda la vegetación haya sido destruida, como en el abandono de terrenos agrícolas, la sucesión empieza con el desarrollo de una vegetación dominada por hierbas, para dar paso a una vegetación arbórea que, con el tiempo, va a asumir una estructura y composición florística similar al bosque original. (Louman 2001).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN

La presente investigación se desarrolló en un bosque Siempreverde Piemontano que se encuentra localizada en el extremo Noroccidental de la provincia de Pastaza en la Amazonía, Figura 1. Estos bosques se encuentran en las estribaciones de las Cordilleras Oriental y Amazónicas, desde 600–800 hasta 1300 m. En esta formación se traslapan especies amazónicas y andinas, el dosel alcanza los 30 m de altura y el subdosel y el sotobosque son muy densos. Algunas de las especies de estos bosques son de utilidad para el hombre. (De la Torre *et al*, 2008).

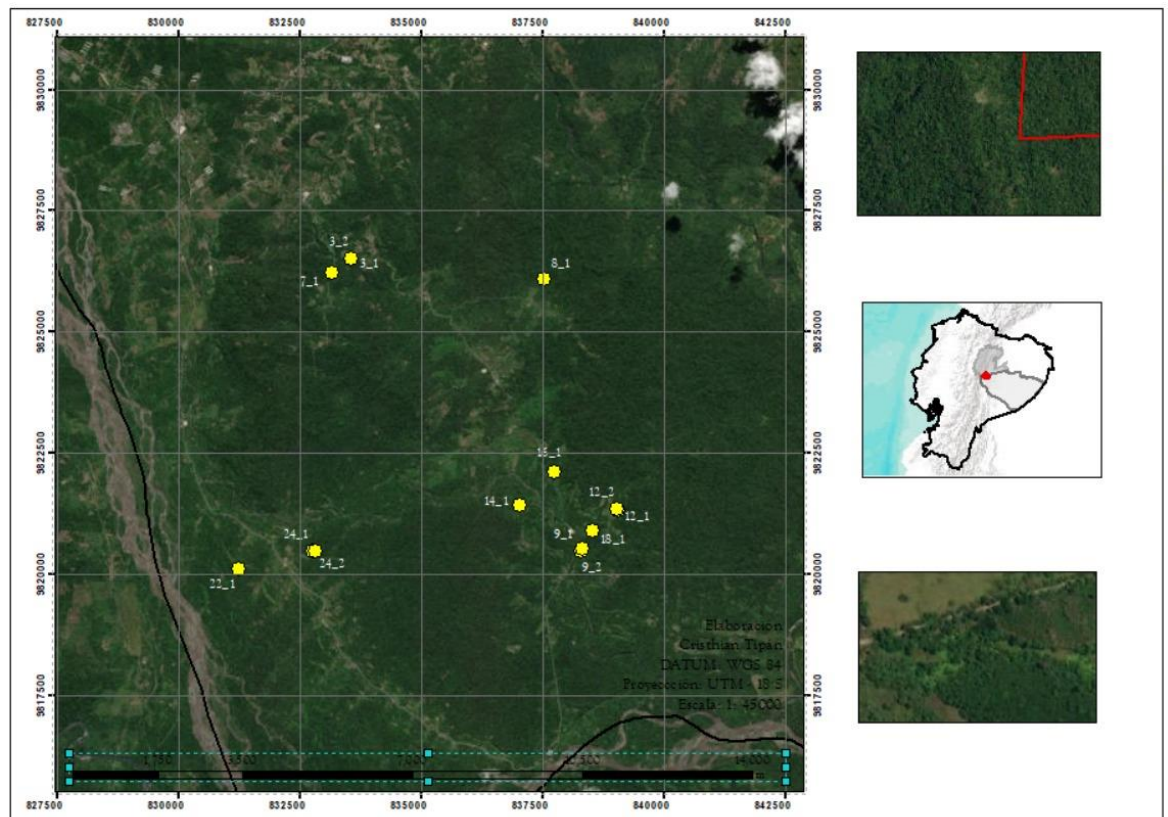


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio

El bosque Siempreverde Piemontano de la Amazonía cubre un total de 180.679 hectáreas de la provincia de Napo y corresponde al 14,45% del área total de la provincia. El dosel alcanza los 30 m de altura con especies como *Iriartea deltoidea*

y *Oenocarpus bataua* (Arecaceae), *Otoba glycyarpa* (Myristicaceae), *Leonia glycyarpa* (Violaceae), *Clarisia racemosa* (Moraceae) y *Ceiba pentandra* y *Gyranthera* sp. (Bombaceae). La relativa abundancia, comparada con los bosques más al norte, de *Caryodendron orinocense* (Euphorbiaceae) es un carácter destacable. (Calles, 2008).

El área de estudio posee un clima subtropical, caracterizado por temperaturas medias anuales de 21°C la cual varía muy poco durante todo el año. La región amazónica del Ecuador es la más lluviosa y húmeda del país. (Naranjo, 1981). Se caracteriza por presentar lluvias todo el tiempo; la presencia de nubes de tormenta es una constante, ocasionando fuertes aguaceros locales, a los que siguen intervalos de resplandeciente sol (Dodson & Escobar, s/a). Las precipitaciones medias anuales corresponden a 5425 milímetros cúbicos, de acuerdo a datos registrados por la Estación del Aeropuerto Río Amazonas.

3.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación está enmarcada en dos tipos de investigación: Descriptiva, porque consistió en observar y estimar la diversidad. A partir de estos datos se determina la composición florística en base al Índice de Valor de Importancia IVI, en donde se determina la especie forestal con mayor importancia ecológica; y No Experimental “expost facto”, donde el bosque fue analizado en su ambiente natural y dependiendo de las características a evaluar se aplicó el Transeccional recolección de datos en un solo momento, en un tiempo único, el propósito fue describir las variables y analizar su influencia interrelación en un momento dado, (Fernández, 2014)

3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Obtenida la información se procedió a ordenar las variables, y a través de Excel se determinaron los valores correspondientes, que permitieron realizar los análisis así como las tablas y figuras correspondientes, seguidamente permitió sacar conclusiones y recomendaciones.

Además se utilizó el método comparativo, el mismo que sirvió para encontrar similitudes u homogeneidad entre nuestros datos con datos de investigaciones similares en otras localidades o de trabajos realizados en Latinoamérica.

3.4. TRATAMIENTOS DE DATOS

Una buena gestión de datos implica desarrollar procesos eficaces para la recolección y registro sistemático de datos, el almacenamiento seguro, la transparencia, la presentación eficaz y la accesibilidad de datos para su verificación y utilización por terceros, Peersman, 2014.

Para analizar la información, ésta se la hizo de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, quedando estructurada de la siguiente manera:

a) Determinar la abundancia, estructura y diversidad florística en sucesión natural de *Piptocoma discolor*

1. Selección del lugar y tamaño de la muestra

Se seleccionó tres sitios con vegetación característicos de la zona en estudio a lo largo del gradiente altitudinal considerando los siguientes criterios: 1) vegetación similar en los tres sitios, 2) clima similar entre los cuadrantes establecidos en cada sitio, 3) que no exista uso actual del suelo.

Para la determinación del tamaño de la muestra se utilizó la técnica de muestreo al azar designándose 10 parcelas de 1000 m² como unidades de muestreo dentro del bosque siempreverde piemontano en la provincia de Pastaza.

2. Instalación de cuadrantes y levantamiento de la información.

Se empleó una unidad de muestreo de forma simétrica rectangular denominados transeptos, que son usados generalmente en muestreos rápidos de tipo exploratorio, llamado muestreo tipo Gentry (Gentry, 1988, Phillips & Miller, 2002), modificando las originales de 500 × 2 m a parcelas de 100 × 10 m siendo cada parcela de 0,1 ha, para ello se estableció inicialmente el eje central y se tomó

cinco metros de cada lado, donde se ubicaron las especies que poseen los diámetros mínimos para su levantamiento forestal. Dentro de estas parcelas se procedió a tomar los datos de todos los individuos mayor o igual a 10 cm de DAP, Figura 2.

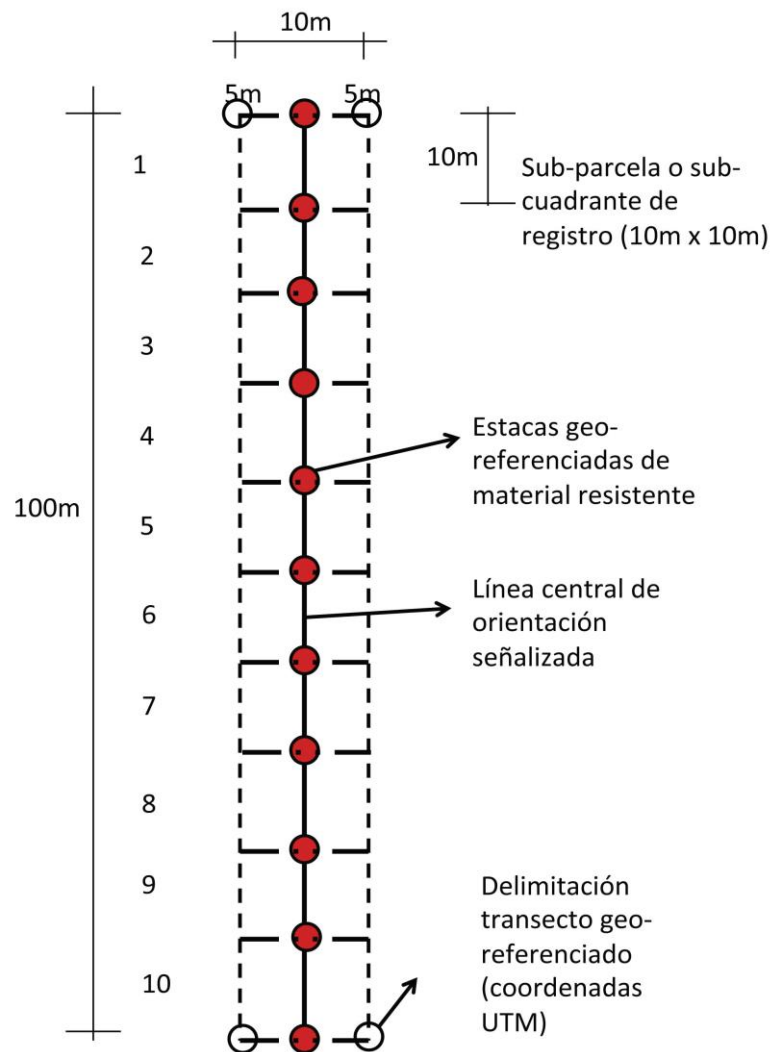


Figura 2. Modelo de parcela, (transecto o cuadrante)

Fuente: Torres *et al.*, 2013b

3. Registro de datos

Los especímenes colectados fueron identificados a nivel de especie usando el material de referencia del herbario de la UEA, en el cual se encuentran colecciones de flora de la zona de estudio y colecciones del tipo de bosque muestreado, todo ello se registró en las tablas siguientes 2, 3 y 4.

Tabla 2. Número de individuos por especie por parcela

Especie	No. de Individuos en la Parcela 1	No. de Individuos en la Parcela 2	No. de Individuos en la Parcela n
Sp1			
Sp2			
Sp n			

Tabla 3. Registro del diámetro de los individuos

Especie	Diámetro		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela n..
Sp1			
Sp2			
Spn			

Tabla 4. Registro de la altura de los individuos

Especie	Altura		
	Parcela 1	Parcela 2	Parcela n
Sp1			
Sp2			
Spn			

4. Variables estudiadas

Con los datos colectados se calculó los parámetros estructurales del bosque de cada estrato, utilizando las formulas propuestas por (Aguirre y Yaguana, 2012). (Tabla 5).

Tabla 5. Fórmulas usadas para los cálculos de los parámetros estructurales del bosque de sucesión natural de *P. discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

Parámetro	Fórmula
Densidad absoluta	$D \text{ (indiv/m}^2\text{)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de individuos por especie}}{\text{Total área muestreada}}$
Densidad relativa	$\text{Den. \%} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de individuos de una especie}}{\text{Total área muestreada}}$
Dominancia relativa	$\text{Dom} = \frac{[G \text{ (m}^2\text{)} n]}{\sum G \text{ (m}^2\text{)}} \times 100$
Frecuencia absoluta y relativa	$FA = \frac{N^\circ \text{ total } P S p_i}{N^\circ \text{ total } P}$
Índice de Valor de Importancia (IVI)	$IVI = \text{DeR} + \text{DomR}$
Índice de Shannon	$H = \sum P_i \ln P_i$
Índice de Simpsons	$\lambda = \sum (P_i)^2$
Índice de Sorensen	$IS = 2c/(a+b)$

- b) Determinar el potencial de biomasa aérea y carbono en bosques de sucesión natural de *P. discolor*

La elección del modelo para estimar la biomasa es crucial, para evitar errores en la estimación. Varios autores sugieren utilizar ecuaciones generadas localmente, sin embargo cuando no se dispone de estas, se pueden emplear ecuaciones ya existentes, generadas en condiciones climáticas y edáficas similares a la de la zona de estudio, especialmente cuando se han validado con datos de cosecha, (Vásquez y Arellano s/f). En la presente investigación se utilizó la ecuación propuesta por Chave *et al.* (2005) específicas para bosques húmedos, condiciones que son similares al área de estudio.

Tabla 6. Fórmula usada para los cálculos de biomasa y carbono de la biomasa del bosque de sucesión natural de *P.discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

Parámetro	Fórmula
Cálculo biomasa	$BSS = (p * \exp(-1.499 + (2.148 * \ln(D))) + (0.207 * \ln(D)^2) - (0.0281 * \ln(D)^3)) * 0.001$ (R ² ajuste de la regresión 0.99)
Cálculo de Carbono de la biomasa	$BSS * 0.5$

c) Establecer los parámetros de volumen de madera de la especie *P. discolor* en bosques de sucesión natural

- Área basal

Con la medición del DAP se logra determinar la variable área basal, la cual es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho, expresada generalmente en metros o centímetros cuadrados. Esta medición se obtiene con la fórmula correspondiente al círculo, Detlefsen y Somarriba, 2012

$$G = \frac{3}{4} \pi \times D^2$$

- **Volumen**

Las mediciones utilizadas para determinar el volumen por medio del método directo son el área basal (G), la altura (H) y el coeficiente o factor de forma (f). La fórmula típicamente utilizada en la estimación del volumen de árboles conocida como fórmula general, Detlefsen y Somarriba, 2012

$$V = G \times H \times f$$

- **Estructura diamétrica**

Para la estructura diamétrica del bosque, se definió tres clases diamétricas, se contabilizó el número de árboles en cada clase diamétrica y se graficó en un histograma de frecuencias el número de individuos por hectárea dentro de cada clase diamétrica. (Aguirre *et al*, 2018)

3.5. RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES

a) Recursos humanos

El proyecto contó con un equipo multidisciplinario conformado por el investigador autor de este proyecto y profesionales con mucha experiencia en temas similares.

b) Recursos materiales

Los equipos y materiales utilizados en la investigación fueron:

- GPS
- Laptop
- Cámara fotográfica
- Pie de rey
- Cinta diamétrica

- Brújula
- Receptor GPS
- Cintas de medición con rebobinado automático de 10-30 m. (métrica)
- Cintas diamétricas (métrica)
- Clinómetros
- Cinta de medición de 50 m
- Cinta de señalización en colores
- Barras de acero galvanizado de 50 cm. de longitud para la marcación de las parcelas
- Bolsas impermeables
- Radio/teléfono móvil
- Cámara fotográfica y películas
- Botas y trajes impermeables
- Machetes
- Botiquín de emergencia
- Mapas topográficos
- Tableros de apoyo
- Formularios para la recogida de datos
- Manual de campo
- Marcadores y plumas permanentes
- Lista de flora y especies (nombres comunes y científicos)
- Rotafolio
- Linterna

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ABUNDANCIA ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD FLORÍSTICA EN SUCESIÓN NATURAL DE *P. discolor*

4.1.1. Composición Florística

Se registraron 729 individuos representados por 29 familias y 78 especies, la familia.

La familia con mayor número de especies es Fabaceae con 12 (15,38%), seguida de Melastomataceae con 6 especies (7,69%), Urticaceae, Malvaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae con 5 especies cada una (6,41%), Figura 3a. Así mismo podemos observar en la Tabla 7 que la familia que registra un mayor número de individuos es la Compositae con 386 que representa el 52,95% del total de individuos identificados, seguida de la familia Urticaceae con 61 individuos (8,37%), Melastomataceae con 58 individuos (7,96%), Malvaceae con 52 individuos (7,12%), Figura 3b

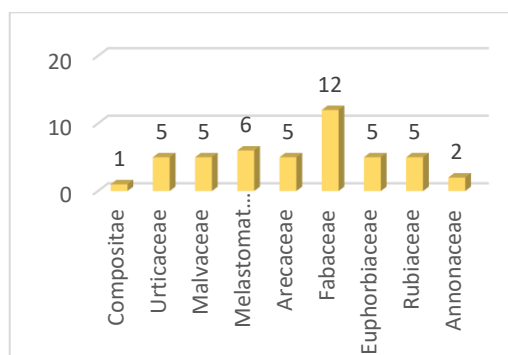


Figura 3a. Número de especies por familia

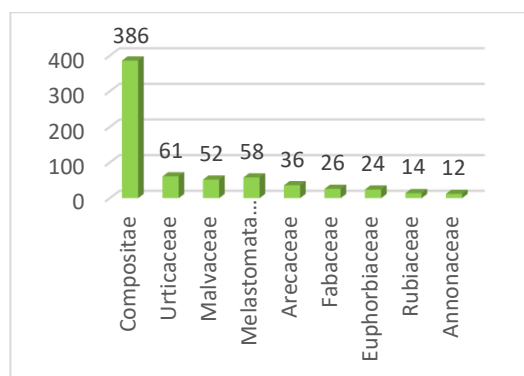


Figura 3b. Número de individuos por familia

En la tabla 7 se muestra el Índice de Valor de Importancia por familia IVIF, resultado de los 10 transeptos de muestreo determinados en un bosque de sucesión natural de *P. discolor* en la provincia de Pastaza, año 2020, se observa que la familia

Compositae es la que tiene mayores valores de 103.09, superando con un amplio rango a las demás familias registradas.

Tabla 7. **Índice de Valor de Importancia a nivel de familia en 10 parcelas temporales de muestreo, en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.**

Nº	Familia	Especies	Nº individuos	G2	Diversidad	Densidad relativa	Dominancia	IVIF
1	Compositae	1	386	7,24	52,95	3,86	46,28	103,09
2	Urticaceae	5	61	1,43	8,37	0,61	9,15	18,13
3	Malvaceae	5	52	1,09	7,13	0,52	6,96	14,61
4	Melastomataceae	6	58	0,90	7,96	0,58	5,74	14,28
5	Arecaceae	5	36	0,64	4,94	0,36	4,07	9,37
6	Fabaceae	12	26	0,70	3,57	0,26	4,45	8,28
7	Euphorbiaceae	5	24	0,55	3,29	0,24	3,54	7,07
8	Rubiaceae	5	14	0,53	1,92	0,14	3,39	5,45
9	Annonaceae	2	12	0,40	1,65	0,12	2,54	4,31
...29		46,00	669,00	13,47	91,77	6,69	86,13	184,59

En cuanto al Índice de Valor de Importancia por especie (IVI), se presenta en la Tabla 8, la mayor jerarquía la obtiene la especie *P. discolor* con valores de Gm^2 , diversidad, densidad, dominancia e Índice de Valor de Importancia de 7,24%, 52,95%, 3,86%, 46,28% y 103,09% respectivamente, esta especie influye en la composición florística y va a tener una representación a futuro por su distribución en casi todos los sitios, ya que la dispersión de semillas es realizada por el viento, gracias a las escamas florales típicas de la familia Compositae, existe naturalmente en los sistemas de rotación de cultivos. Erazo *et al*, (2014). Cuenta con alto contenido de semillas por kilogramo, de 3571428 a 3731343. Vallejo, (1982). Esta especie presenta un promedio del 95 % de germinación. Aguirre, (2009). Estos resultados son superiores a los reportados por Jaramillo, 2014 quien indica que en su investigación sobre restauración ecológica de la cubierta forestal de la Cuenca del Río Jamboé en la provincia de Zamora Chinchipe reportó que las especies *Alchornea glandulosa* y *Piptocoma discolor* mostraron valores de 11,50 y 11,61 respectivamente, considerablemente bajos, denotándose su poca abundancia en las diferentes parcelas evaluadas.

Tabla 8. Índice de Valor de Importancia a nivel de especie en 10 parcelas temporales de muestreo, en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

Especie	Familia	Nº	G m2	Diversidad	Densidad	Dominancia	IVI
Piptocoma discolor	Compositae	386	7,21	52,95	3,86	46,18	102,99
Miconia multispicata	Melastomataceae	48	0,71	6,58	0,48	4,55	11,62
Heliocarpus americanus	Chloranthaceae	44	0,74	6,04	0,44	4,75	11,22
Cecropia ficifolia	Urticaceae	27	0,65	3,70	0,27	4,16	8,14
Iriartea deltoidea	Arecacea	16	0,34	2,19	0,16	2,15	4,50
Croton lechleri	Euphorbiaceae	13	0,32	1,78	0,13	2,03	3,95
Cecropia membranacea	Urticaceae	13	0,31	1,78	0,13	1,96	3,87
Annona papilionella	Annonaceae	10	0,35	1,37	0,10	2,21	3,68
Cecropia marginalis	Urticaceae	13	0,27	1,78	0,13	1,75	3,66
Chimarrhis glabriflora	Rubiaceae	8	0,37	1,10	0,08	2,34	3,52067

4.1.2. Índice de Diversidad de las especies

En la Tabla 9 se presenta el índice de Shannon y el de Simpson. La comunidad forestal en el bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza es medianamente diverso ($H = 2.36$). Es menester destacar que el índice Shannon puede variar significativamente entre bosques ya que, por su parte, Pacheco *et al.* (2017) reportan que la diversidad para un bosque de zona de sedimentación en Perú, alcanzó un valor de $H' = 5,773734$, refieren que es aparentemente muy alto comparado con la afirmación de Magurran (1988), Revilla y Calderón (2006), que

manifiestan que el rango que varía este índice es de 1 a 4. Comparando nuestro índice encontrado con los valores reportados por Oyata (2008) quien encontró un Índice de Shannon de $H' = 3.967$, por lo que independiente de ser bosque urbano, es altamente diverso.

El Índice de dominancia de Simpson (S): se deriva de la teoría de la probabilidad y mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar puedan corresponder a la misma especie (Franco, 1985), En la Tabla 9, se representa de las 10 parcelas temporales de 1000 m² (10.000 m²) en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* del Índice de Simpson, entre más aumente el valor a uno será cuando sólo se halla muy pocas especies; y el mínimo es 0 (cero) cuando existe una alta diversidad. En el presente trabajo se observa que la diversidad con $D' = 0.70$.

Tabla 9. Cálculo de los índices de diversidad de Shannon y Simpson a nivel de género y especie en 10 parcelas temporales de muestreo, en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

No	Familia	Especies	No Indiv	p(i)	ni(ni-1)	p(i)Ln p(i)
1	Compositae	<i>Piptocoma discolor</i>	386	0,5295	0,2800	-0,3367
2	Melastomataceae	<i>Miconia multispicata</i>	48	0,0658	0,0043	-0,1791
3	Chloranthaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	44	0,0604	0,0036	-0,1695
4	Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i>	27	0,0370	0,0013	-0,1221
5	Arecacea	<i>Iriartea deltoidea</i>	16	0,0219	0,0005	-0,0838
6	Urticaceae	<i>Cecropia marginalis</i>	13	0,0178	0,0003	-0,0718
7	Urticaceae	<i>Cecropia membranacea</i>	13	0,0178	0,0003	-0,0718
8	Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i>	13	0,0178	0,0003	-0,0718
9	Annonaceae	<i>Annona papilionella</i>	10	0,0137	0,0002	-0,0588
....79						
Total			729	1,0000	0,2915	-2,3663
Índice de Simpson					0.7085	2.3663

4.2. POTENCIAL DE BIOMASA AÉREA Y CARBONO EN BOSQUES DE SUCESIÓN NATURAL DE *PIPTOCOMA DISCOLOR*

4.2.1. Biomasa sobre el suelo (BSS) y Carbono almacenado

En la Tabla 10 se muestra el promedio de biomasa, carbono y número de individuos por hectárea, en las 10 parcelas temporales, en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. Al analizar el stock de carbono del sitio de estudio en relación con cada componente, se reveló que del promedio total de 72,9 árboles ha⁻¹ se encuentra una biomasa total de 106,99 t/ha, lo cual se comportó superior al comparar con el promedio registrado (91,56 t/ha) por Ulate (2011) para bosques primarios en Costa Rica. De igual manera los resultados obtenidos en la presente investigación son superiores a los reportados por Aguilar, 2011, quien presenta un valor promedio de biomasa de mantillo en bosques de la Península de Osa de 7,31 t/ha.

Se conoce que el suelo concentra los mayores depósitos de carbono terrestre, aproximadamente el 75% del carbono en los bosques (Schlegel *et al.*, 2000) y la otra parte la representa prácticamente la biomasa aérea, estos representaron en el presente estudio el 49,19 t/ha de carbono total.

La descripción de acumulación de biomasa aérea a lo largo de los años en los bosques y su uso como reservas de biomasa puede ser empleada como una medida de resiliencia (Gunderson, 2000; Gehring, Denich, & Vlek, 2005) para estos ecosistemas, considerando que los bosques de sucesión natural reflejan la regeneración natural en la región. En ese contexto los bosques de sucesión natural pueden desempeñar un rol importante, como reservorios de carbono, corredores biológicos y refugio para la biodiversidad (Faria *et al.*, 2007; Caudill *et al.*, 2015; Zomer *et al.*, 2016). Estos resultados agregan un nuevo valor en el entendimiento de

los efectos de la riqueza sobre la biomasa aérea. En ese contexto los bosques de sucesión natural tienen una participación importante en el potencial de almacenamiento de carbono, como también en la conservación de la biodiversidad y mayor capacidad de resiliencia.

Tabla 10. Cálculo de los promedios de biomasa, carbono y número de individuos por hectárea, determinados con una muestra de 10 parcelas temporales de muestreo de 1000 m², en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

Parcelas	Árboles/	Árboles	Biomasa	Carbono	Biomasa	Carbono	%
	ha	/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	Carbono
	Total	Pigüe	Total	Total	Pigüe	Pigüe	del Pigüe
1	67	17	103,70	48,74	20,20	9,49	19,48
2	98	33	139,81	65,71	38,20	17,95	27,32
3	67	20	114,81	53,60	27,40	12,88	23,87
4	86	55	100,80	47,38	74,70	35,11	74,11
5	83	63	131,67	61,88	67,08	31,53	50,95
6	102	51	115,77	54,41	40,10	18,85	34,64
7	52	27	60,03	28,21	34,40	16,17	57,30
			74,72	35,12	34,30	16,12	45,90
8	50	28	142,85	67,14	70,00	32,90	49,00
9	59	28	77,73	36,53	42,50	19,98	54,68
10	65	24					
Promedio	72,9	34,6	106,19	49,91	44,89	21,10	43,72

En la Figura 4. Se muestra la distribución del stock de carbono del sitio de estudio en relación con cada componente, se reveló que la biomasa de Pigüe (42.13 t/ha) concentra el 46,2% del carbono total, correspondiente a un promedio de 44,89 t/ha (Tabla 8), la presente investigación mostró un valor como máximo y mínimo de 35,11 y 9,49 t/ha lo cual representa un 74,11% y 19,48% de carbono de Pigüe respectivamente (Tabla 10), lo que denotó variabilidad entre los transectos establecidos..

Con respecto a las demás especies de importancia analizadas se encuentran *Heliocarpus americanus* con un stock de carbono de 4,7% *Miconia multispicata* con 4,6%, por lo que se puede apreciar la variación de estos con respecto a Pigüe. En cuanto al contenido de biomasa y carbono acumulado en los distintos componentes de la planta, los resultados sugieren que las tasas de crecimiento y fijación de carbono aéreo registradas en los Pigüe, pudiera deberse a una buena combinación entre la producción de madera y celulosa, en comparación con otras especies, lo anterior es útil para la implementación de reforestación y secuestro de CO₂ (Gamara, 2001). Sin embargo, existen otros factores como el sitio y la masa arbolada que determinan la acumulación de biomasa y la captura del carbono como lo demostraron Pacheco *et al.* (2007). Ugalde (1997), también refiere que tanto la biomasa acumulada, como el carbono secuestrado se relacionan directamente con el crecimiento, en diámetro (DN) y en altura total de la planta.

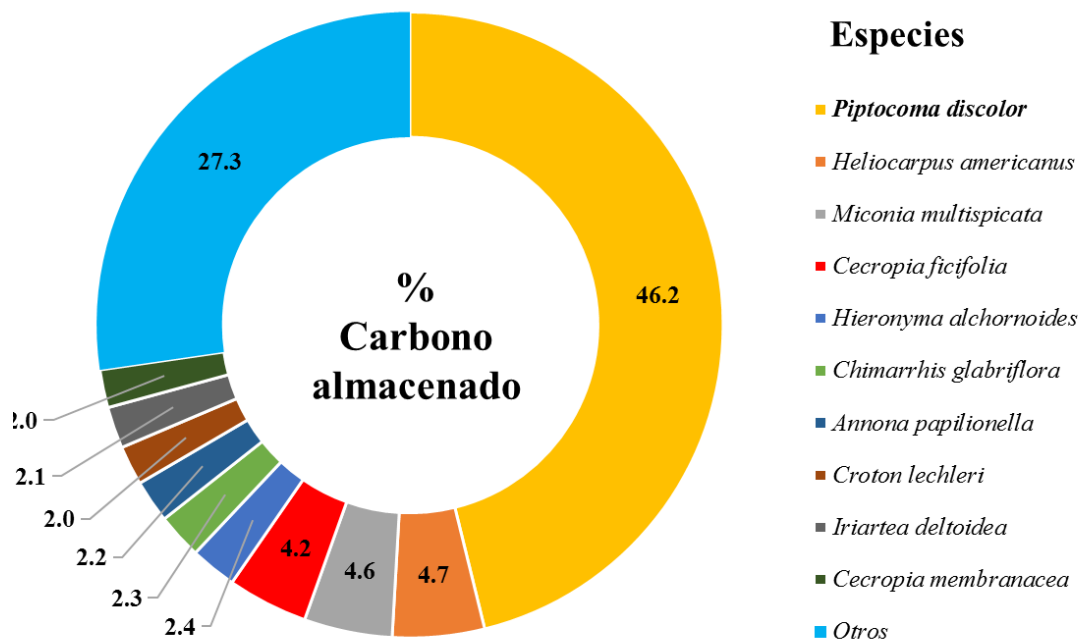


Figura 4. Distribución del stock de carbono en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

4.2.2. Índice de Valor de Importancia de la Biomasa (IVIB)

En la Tabla 11 se muestran el número de individuos, área basal y biomasa de las 10 especies más importante en términos del IVIB en un bosque de sucesión natural, en el mismo se puede

apreciar que *Piptocoma discolor* representa el 52.95, 46.18, 42.36 y 47.16 % de la densidad, área basal, biomasa sobre el suelo e Índice de Valor de Importancia de la biomasa respectivamente con respecto a las nueve especies restantes y estuvo seguido por *Heliocarpus americanus* y *Miconia multispicata* de la familia Chloranthaceae y Melastomataceae respectivamente, los resultados más bajos se encontraron *Hieronyma alchornoides* de la familia Phyllantaceae. Este resultado obtenido coincide con la investigación realizada en la Cuenca Baja del Río Pambay, Puyo, Provincia de Pastaza ejecutada por Herrera, E, 2008., quien indica que la especie con mayor valor de importancia (IVI) en el estrato alto es *Piptocoma discolor* (45,80) especie de vegetación secundaria, seguida por pambiles (*Iriarte deltoidea* / *Socratea exorrhiza* / *Chamaedorea sp*) especies nativas y *Miconia sp* (payas) de vegetación secundaria.

Tabla 11. Densidad, área basal, biomasa sobre el suelo (BSS) e índice de valor de importancia de la biomasa (IVIB) de las 10 especies más importante en términos del IVIB en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza.2020.

Familia	Especies	N (%)	AB (%)	BSS (%)	IVIB* (%)
Compositae	<i>Piptocoma discolor</i>	52,95	46,18	42,36	47,16
Chloranthaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	6,04	4,75	4,93	5,24
Melastomataceae	<i>Miconia multispicata</i>	6,58	4,55	4,54	5,22
Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i>	3,70	4,16	2,80	3,56
Phyllantaceae	<i>Hieronyma alchornoides</i>	0,55	2,40	4,35	2,43
Rubiaceae	<i>Chimarrhis glabriflora</i>	1,10	2,34	3,48	2,31
Annonaceae	<i>Annona papilionella</i>	1,37	2,21	3,01	2,20
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i>	1,78	2,03	1,84	1,88
Arecacea	<i>Iriarte deltoidea</i>	2,19	2,15	1,16	1,84
Urticaceae	<i>Cecropia membranacea</i>	1,78	1,96	1,38	1,71
Total		78,05	72,73	69,84	73,54

N = Densidad. AB = Área basal. BSS = Biomasa sobre el suelo

*Índice de valor de importancia de la Biomasa (IVIB) = promedio relativo de $(N+AB+BSS)/3$

4.2.3. Relación de biomasa por clase diamétrica sobre el suelo del bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor*

En la Figura 5 se muestra la relación abundancia – biomasa sobre el suelo, mostrando estos resultados también por clase diamétrica en un bosque de sucesión natural que tiene como principal especie al *Piptocoma discolor*. Donde se observa una cantidad de biomasa sobre el suelo de 106 t/ha representada por 729 individuos.

Sin embargo, en la clase diamétrica de 10-19.9 cm se almacena la mayor cantidad de biomasa sobre el suelo con alrededor de 59 t/ha con una población de 632 individuos. De estos resultados, solo la especie *Piptocoma discolor* representa 31 t/ha en 344 individuos ha^{-1}).

Lo novedoso de estos resultados se presentan en las clases diamétricas de 20-29,9 cm y ≥ 30 cm, en la primera clase diamétrica mencionada con 81 individuos considerando todas las especies y 40 individuos en considerando solo la especie *Piptocoma discolor*, se almacenan alrededor de 28 t/ha y 14 t/ha respectivamente (Figura 5). Mientras que en la clase diamétrica de ≥ 30 cm esta relación aumenta, con solo 16 árboles considerando todas las especies y 2 individuos considerando solo la especie *Piptocoma discolor*, se calcularon alrededor de 29 t/ha y 8 t/ha respectivamente (Figura 5). Esta relación de que en clases diamétricas mayores se encuentran un menor número de individuos, pero con la mayor cantidad de biomasa también fue reportado por Torres *et al.* (2018) en un bosque siempre verde piemontano en la Provincia de Napo. Estos mismos autores mencionaron también que estas evidencias deben ser consideradas por los tomadores de decisiones si se quiere que este tipo de bosques de regeneración sirva para la restauración de ecosistemas, dado que para el caso de la especie *Piptocoma discolor* es una especie de rápido crecimiento, pero al mismo tiempo es apetecida por el mercado local para elaboración de cajas para transporte de frutas como por ejemplo la naranjilla (*Solanum quitoense*) (Erazo *et al.*, 2015)

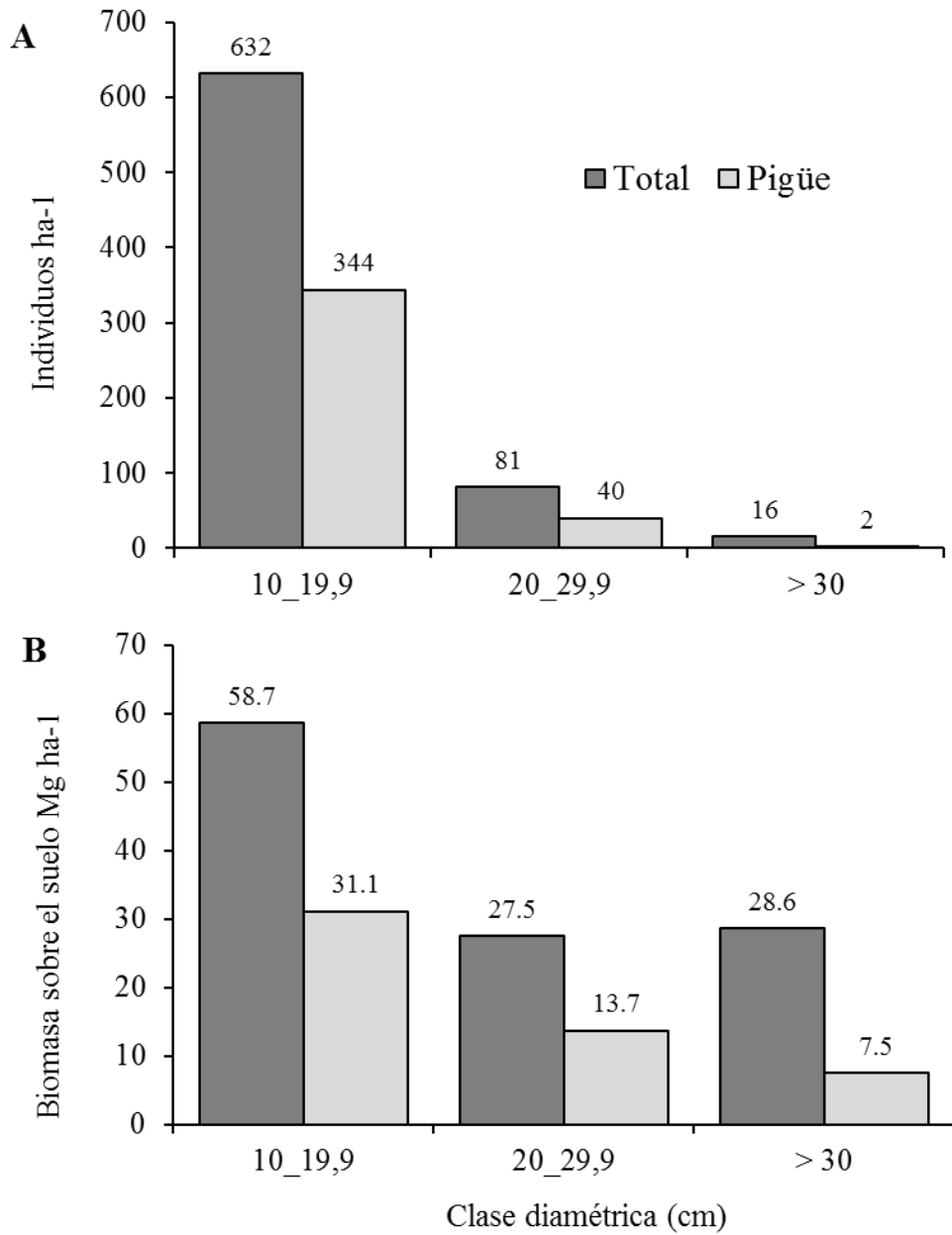


Figure 5. Relación de biomasa por clases diamétricas: (A) densidad (numero de arboles) (ha⁻¹) y (B) Biomassa sobre el suelo (t/ha) por grupos diamétricos (DAP cm) en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

4.3. PARÁMETROS DEL VOLUMEN DE MADERA DE LA ESPECIE *PIPTOCOMA DISCOLOR* EN BOSQUES DE SUCESIÓN NATURAL

4.3.1. Área Basal y Volumen de las especies botánicas

Se presentan los resultados de los datos obtenidos de la investigación respecto a las variables área basal y volumen por especies. En la Tabla 12 se presentan los resultados conseguidos evidenciando que la especie *Piptocoma discolor* registra un área basal de 7.21 m². Al analizar los valores de volumen según las especies se determinó de igual manera que *P. discolor* presentar el mayor volumen 89,49m³.

Tabla 12. Área basal (G²) y volumen (m³) en (10.000 m²) de las especies botánicas más importantes del bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor*, Pastaza, 2020.

Familia	Especie	Nº Individuo	Área Basal (G ²)	Volumen (m ³)
Compositae	<i>Piptocoma discolor</i>	386	7,21	89,49
Melastomataceae	<i>Miconia multispicata</i>	48	0,71	8,41
Chloranthaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	44	0,74	8,25
Urticaceae	<i>Cecropia ficifolia</i>	27	0,65	7,98
Phyllantaceae	<i>Hieronyma alchornooides</i>	4	0,37	5,88
Rubiaceae	<i>Chimarrhis glabriflora</i>	8	0,37	4,64
Annonaceae	<i>Annona papilionella</i>	10	0,35	4,34
Urticaceae	<i>Cecropia marginalis</i>	13	0,27	3,84
Urticaceae	<i>Cecropia membranácea</i>	13	0,31	3,83
Arecacea	<i>Iriartea deltoidea</i>	16	0,34	3,72
Euphorbiaceae	<i>Croton lechleri</i>	13	0,32	3,70
Apocynaceae	<i>Aspidoperma rigidum</i>	2	0,19	3,12

Lauraceae	<i>Nectandra membranacea</i>	3	0,21	2,88
Moraceae	<i>Ficus obtusifolia</i>	1	0,17	2,84
Malvaceae	<i>Theobroma bicolor</i>	2	0,18	2,52
	Subtotal 15 especies	590	12,373	155,460
	Subtotal otras especies	139	3,235	36,917
	Total	729	15,608	192,377

4.3.2. Distribución del Área Basal y Volumen por clase diamétrica

El área basal (Figura 6) es una variable para evaluar el volumen por unidad en m^3 de superficie debido a su facilidad de medición y el alto grado de relación con el volumen, en un total de 729 individuos, se encontró que representan $15,47 m^2$ de área basal lo cual representa $192,87 m^3$ de volumen en $10.000 m^2$ de los cuales *Piptocoma discolor* abarca $7,24 m^2$ de área basal para un $89,86 m^3$ de volumen (Figura 7), seguido por las especies *Miconia multispicata* y *Heliocarpus americanus* de la familia Melastomataceae y Chloranthaceae, respectivamente, entre las 15 especies de mayor importancia *Ficus obtusifolia* y *Theobroma bicolor* de la familia Moraceae y Malvaceae con 1 y 2 individuos respectivamente arrojaron los valores más bajos.

De igual modo se encontró que en la clase diamétrica 10-19,9 cm (Figura 6) presenta mayor Área basal para un total de $10,21 m^2 ha^{-1}$ de los cuales $5,44 m^2 ha^{-1}$ (53,2%) corresponden a *Pigüe* el cual representa un volumen de $64,76 m^3 ha^{-1}$ para un 55,0 %. Ecológicamente se determinó que el bosque estudiado se destaca por la presencia de árboles jóvenes, por lo tanto, sin embargo puede ser considerado multietáneo, ya que lo forma más de una cohorte y la madurez se alcanza en diferentes periodos de tiempo (Figuroa y Olvera, 2000). El comportamiento de cada una de las variables dendrométricas del árbol no siempre sigue con rigor la tendencia de la curva Sigmoidea, las proporciones relativas de esas variables dependen de la especie, calidad del sitio y factores ambientales, que no siempre pueden ser controlados o monitoreados, como los factores genéticos de la especie y sus interacciones con el medio ambiente (Imaña y Encinas, 2008).

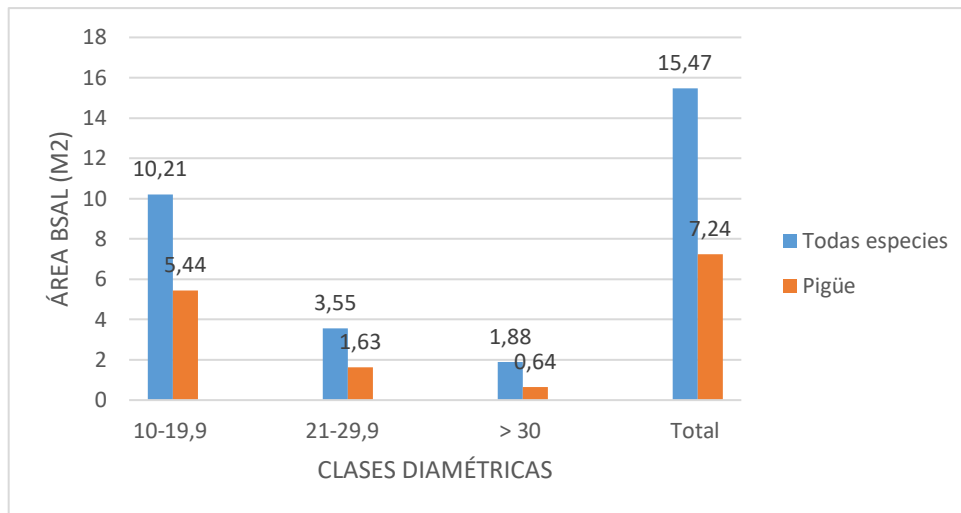


Figura 6. Distribución por intervalo de clase diamétrica de área basal de todas las especies vs los individuos de *Pigüe* calculados por hectárea en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

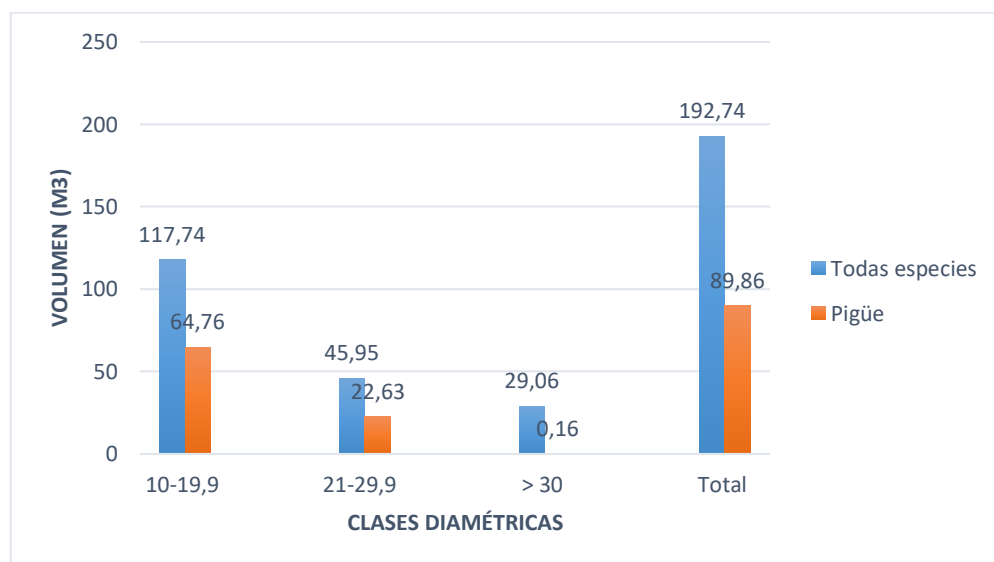


Figura 7. Distribución por intervalo de clase diamétrica de volumen de todas las especies vs los individuos de *Pigüe* calculados por hectárea en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

Para conocer el potencial volumétrico del bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor*, y su capacidad de restitución se calculó la estructura diamétrica, donde se obtuvo una distribución de tres categorías Figura 8. El mayor número de individuos entre todas las especies se presentó en la clase diamétrica de 10-19,9 cm., con un total de 632 individuos en esta clase, lo que representa el 86,69 % del total de árboles por hectárea, de los cuales 344

individuos en esta clase corresponde a *Pigüe*, representando así 89.12% de los 632 individuos en esta clase, la menor cantidad de individuos se encontró en la clase diamétrica > 30.

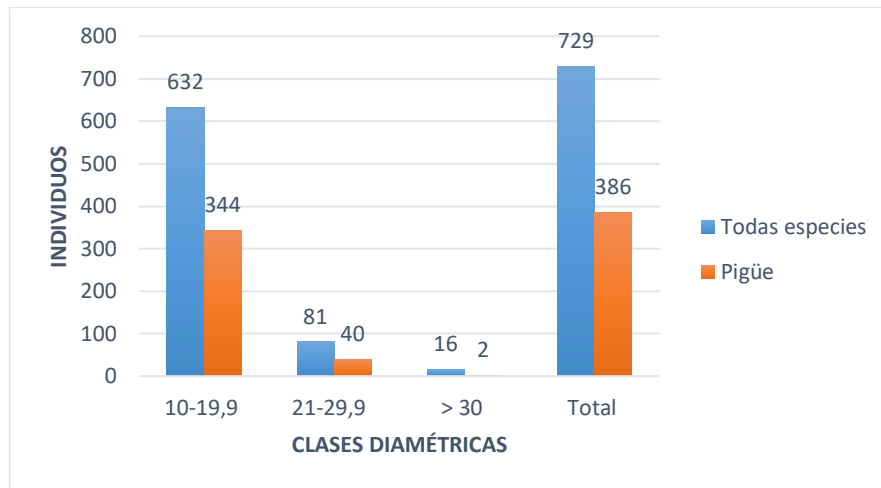


Figura 8. Distribución por intervalo de clase diamétrica de individuos de todas las especies vs los individuos de *Pigüe* calculados por hectárea en un bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* en la Provincia de Pastaza. 2020.

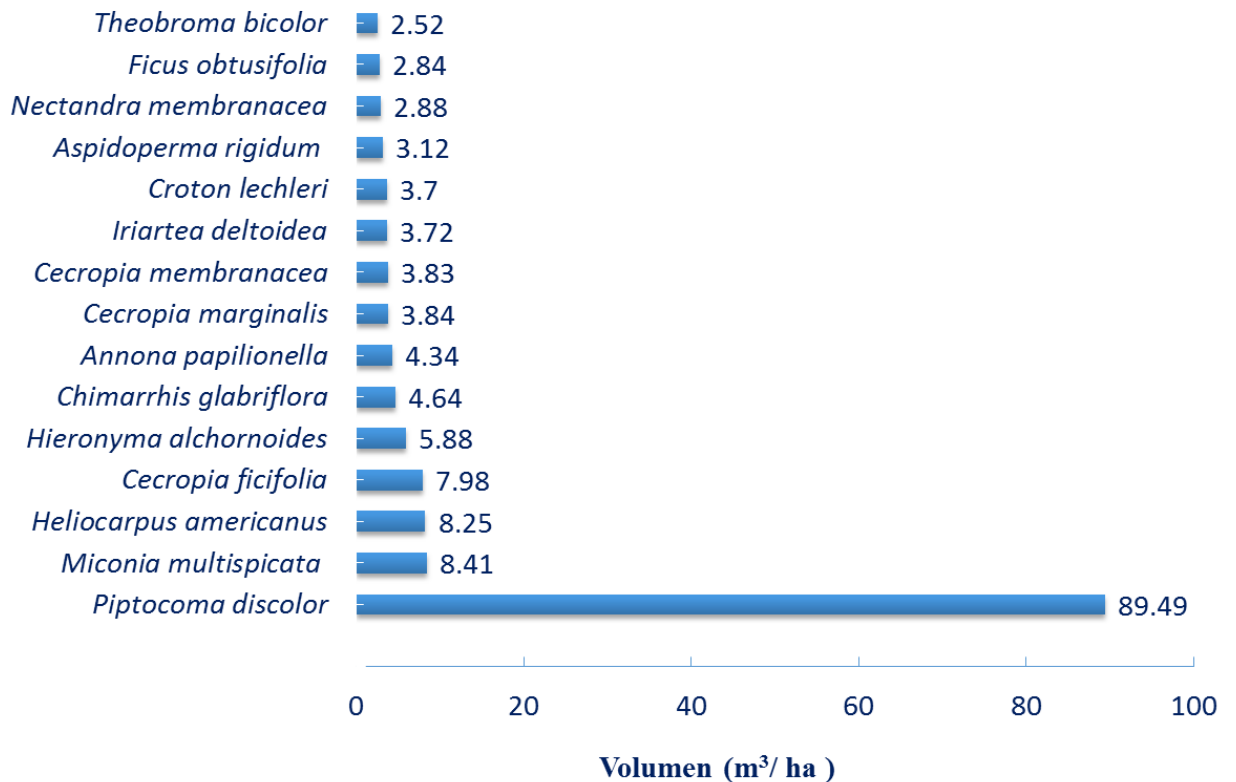


Figura 9. Potencial volumétrico de bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor*

CONCLUSIONES Y REMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En la zona de estudio, en un bosque Siempreverde Piemontano de sucesión natural de *Piptocoma discolor*, se registraron 729 individuos, distribuidos en 28 familias, y 77 especies, La familia más representativa fue Fabaceae con 13 especies, seguida por Melastomataceae con 6 especies. En cuanto a las especies más representativas encontradas fueron *Piptocoma discolor* con 386 individuos, *Miconia multispicata* con 48 individuos y *Heliocarpus americanus* con 44 individuos.
- La especie *Piptocoma discolor* es la que más importante ecológicamente con valores de Gm², diversidad, densidad, dominancia e IVI de 7,21; 52,95; 3,86; 46,18 y 102,99 respectivamente.
- El bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* presenta un índice de Shannon de 2,36 lo que representa una diversidad media.
- Este tipo de bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* presenta en promedio 106,19 t/ha de biomasa y 49,91 t/ha de carbono por hectárea, lo cual son valores altos considerando que estos bosques de sucesión tienen solo alrededor de siete años.
- 46,2 % del total de la biomasa y del carbono secuestrado en este tipo de bosque de regeneración se encuentra en la especie *Piptocoma discolor*. Entre la especie *Piptocoma discolor* y las otras 9 especies contribuyen con el 72% del carbono almacenado, por lo cual estas diez especies pueden ser consideradas como especies de importancia para el secuestro de carbono en esta zona.
- En una hectárea de bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* se encuentra en promedio 192,74 m³ de madera considerando todas las especies de este tipo de bosque, sin embargo, solo de la especie *P. discolor* se calculan 89,86 m³, lo que representa el 46,6%, revelando la importancia de esta especie para la sucesión de este tipo de bosques.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda promover el manejo silvicultural de este tipo de bosque de sucesión natural de *Piptocoma discolor* como medida para restaurar ecosistemas degradados en este tipo de bosque.
- Considerar las especies determinadas como de importancia para la concentración de biomasa y carbono para el manejo de estos bosques de sucesión natural asociados a la especie de *Piptocoma discolor*.
- Incluir a la especie *Piptocoma discolor* en el portafolio de especies forestales para el manejo tanto de plantaciones forestales con fines comerciales como con fines ecológicos, en zonas similares a la zona de estudio.
- Fomentar investigaciones multidisciplinarias con la especie *Piptocoma discolor* para mejorar su mercado, buscar nuevas alternativas de mercado, potencial para exportación, potencial de su manejo para restauración de áreas degradadas, así como también su potencial de crecimiento en asocio con otras especies forestales y agrícolas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, H. 2011. Biomasa sobre el suelo y Carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Aguirre Z. y León, N., (2009). Conocimiento inicial de la fenología y germinación de diez especies forestales nativas en El Padmi, Zamora Chinchipe. revista CEDAMAZ (Centro de Estudios y desarrollo de la amazonia y docente Investigador de la Universidad Nacional de Loja
- Aguirre, Z., Díaz, L., Palacios, B. (2015). Fenología de especies forestales nativas en el Jardín Botánico El Padmi, Zamora Chinchipe, Ecuador, CEDAMAZ. Vol 5 No. 1. Pp 60-80.
- Aguirre, Z., Celi, H., Herrera C. (2018). Estructura y composición florística del bosque siempreverde montano bajo de la parroquia San Andrés, cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador
- Aguirre, Z. & C. Yaguana. (2012). Documento guía de métodos para la medición de la biodiversidad. Universidad Nacional de Loja, Loja-Ecuador
- Alegre, J., Arévalo, L. y Palma, C. (2001) Manual - Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios en la Amazonía peruana. Gráfica San miguel. Lima – Perú
- Almeida K., Arguero, A. Clavijo X., Matt, X. y Zamora J. (2004). Dispersión de semillas por aves, murciélagos y viento en áreas disturbadas de un bosque montano en el suroriente ecuatoriano. Simposio Anual del DFG Reserach Group, Loja, Ecuador.
- Aranburu, M.; Escribano, R. (2014). Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Unidad Docente de Planificación y Proyectos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Departamento de Proyectos y Planificación Rural de la Universidad Politécnica de Madrid. 4ta. Ed.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., ... Ferrer, E. A. (2011). Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature*, 471(7336), 51–57. <https://doi.org/10.1038/nature09678>

- Barros, A. (2010). Ética Medioambiental, de la ética centrada en lo humano a una ética centrada en la vida, del antropocentrismo al biocentrismo. *Revista Amauta*.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Revista Ecosistemas*, 21(Mea 2005), 136–147. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.06.003>
- Basuki TM, Van Laake PE, Skidmore AK, Hussin YA (2009) Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forests. *For Ecol Manage* 257:1684–1694
- Brown S (1997) Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. Food & Agriculture Organization, Rome Italia. FAO. 55 p. (Informe Montes N°134).
- Calles, J. (2008). Caracterización ecológica de la provincia de Napo. Fundación ecuatoriana de estudios ecológicos ecociencia. 50 pag.
- Caudill, S. A., De Clerck, F. J. A., & Husband, T. P. (2015). Connecting sustainable agriculture and wildlife conservation: Does shade coffee provide habitat for mammals? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 199, 85-93. DOI:10.1016/j.agee.2014.08.023
- Centro de datos para la conservación (CDC), (2011). Árboles útiles de la Amazonía. Disponible en línea en: <http://cdc.lamolina.edu.pe/treediversity/ARBOLES%20UTILES%20de%20la%20amazonia.htm>.
- Chave J, Andale C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Fo'lster H, Fromard F, Higuchi N, Kira T, Lescure JP, Nelson BW, Ogawa H, Puig H, Rie'ra B, Yamakura T (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stock and balance in tropical forests. *Oecologia* 145:87–99.
- Cottam, G.; Curtis, J. (1956). The use of distance measures in phytosociological sampling. *Ecology*, 37, 451- 460.
- Daget, Ph. y M. Godron, (1982). Analyse de l'ecologie des espèces dans les communautés. Masson, Paris. 163 pp.

- De la Torre, L., Navarrete, H., Muriel, P., Macía, M. (2008). Enciclopedia de plantas útiles del Ecuador. Herbario QCA & Herbario A.A.V. Quito & Aarhus 2008: 1-3
- Denich, G., Vleek, M. (2005). Resilience of secondary forest regrowth after slash and burn agricultura in central Amazonia.
- Detlefsen, G. y Somarriba, E. (2012). Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIETurrialba, Costa Rica. Serie Técnica. Manual Técnico No. 109
- Dixon K. (1995). Sistemas agroforestales y gases de invernadero. *Agroforestería en las Américas* 2(7): 22-26.
- Dodson, C. H. & Escobar, R. (s/a). Orquídeas Nativas del Ecuador. Vol. I. Editorial Colina y Compañía Litográfica Nacional S.A. Medellín-Colombia.
- Eamus, K McGuinness, W Burrows. (2000). Review of allometric relationships for estimating woody biomasa for Queensland, the northern territory and western Australia. National Carbon accounting system. 56 p. (Technical report N° 5).
- Ecuador Forestal. <https://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/bosque-forestal/bosque-nativo/>. Consultado marzo 2020
- Erazo, G., Izurieta, J.C., Cronkleton P., Larson A. y Putzel, L. (2014). El uso de pigüe (Piptocoma discolor) por los pequeños productores de Napo, Ecuador. *CIFOR, Brief* No. 26. 6 pp.
- FAO (2009). Estado de los bosques en el mundo. Roma, Italia.
- Faria, D., Barradas, M., Dixo, M., Ricardo, R., Baumgarten, J. (2007). Ferns, frogs, lizards, birds and bats in forest fragments and shade cacao plantations in two contrasting landscapes in the Atlantic forest, Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 16(8), 23352357. DOI:10.1007/s10531-007-9189
- Fernández, C.; Lucio P. 2014. Metodología de la Investigación. Sexta edición. Editorial McGrawHill

- Figueroa R.; Olvera V. (2000). Regeneration patterns in relation to canopy species distribution and site variables in mixed oak forests in the Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, México. *Ecological Research* 15: 249-261.
- Finegan, B. 2004. Manejo para metas de conservación: principios y aplicaciones. Apuntes del curso Ecología y Biología de la conservación. Escuela de Posgraduados, CATIE. Turrialba, CR.
- Franco, J. (1985). Manual de Ecología. México D.F. Editorial Trillas. 266 p.
- Gamara, J. (2001). Estimación de carbono en plantaciones de *Eucalyptus globulus* LABILL, en Junin, Perú. In: Galloso, J. y R. Jandl. (eds.). Simposio Internacional "Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales". 18-20 de octubre de 2001. Valdivia, Chile. 21 p.
- Gardiner, E.S., J.A. Stanturf y C.J. Schweitzer. (2004). "An afforestation system for restoring bottomland hardwood forests: biomass accumulation of nuttall oak seedlings interplanted beneath eastern cottonwood". *Restoration ecology*, 12: 525-532.
- Gehring, C.; Denich, M. & Vlek, P. (2005). Resilience of secondary forest regrowth after slash-and-burn agriculture in central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology*, 21 (5), 519-527. DOI 10.101/S0266467405002543
- Gentry, A. H. (1988). Changes in Plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75 (1): 1-34.
- Gralb H. G., Hupfer P. & Lozán J.L. (2001). El efecto Invernadero Antropógeno En: El Clima en el siglo XXI: Introducción al Problema Global del Clima más protección climática-menos riesgos para el futuro.
- Gunderson, L. (2000). Ecological Resilience-In Theory and application. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 31(1), 425-439. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.31.1.425
- Herrera, E. 2008. Estructura de la vegetación, diversidad y regeneración natural de árboles en la Cuenca Baja del Río Pambay, Puyo, Provincia de Pastaza. Tesis de Grado. Escuela Superior politécnica del Litoral.

- Huston, M; T Smith. 1987. Plant succession: life history and competition. *The American Naturalist* 130 (2): 168-198.
- Imaña, E.; Encinas, B. (2008). *Epidometría Forestal Brasilia*: Universidade de Brasilia, Departamento de Engenharia Forestal Mérida, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, 72 p;
- IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). (2006). *Glosario del IPCC para el Cambio Climático*. Consultado octubre. 2019. Disponible en <http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm>.
- Jørgensen, P. y León, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Monographs in Systematic Botany N. ° 36. Jardín Botánico de Misuri: St. Louis, Misuri.
- Lanly, J.P. (2003). *Los factores de la deforestación y la degradación de los bosques*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/MS12A-S.HTM>
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Trad. A. Carrillo, Eschborn, AD. GTZ. 335 p.
- Lewis, S.L., Malhi, Y., & Phillips, O.L. (2004). Fingerprinting the impacts of global change on tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 359, 437-462.
- Litton CM, Boone Kauffman J (2008) Allometric models for predicting aboveground biomass in two widespread woody plants in Hawaii. *Biotropica* 40:313–320
- Louman, B. (2001) *Silvicultura de bosque latifoliados con énfasis en América Central*, Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
- Lozano, P., Torres, B. & Rodríguez, X. (2013). *Investigación de Ecología Vegetal en Ecuador. Muestreo y Herramientas Geográficas*. Universidad Estatal Amazónica. Puyo – Ecuador. 158p.

- Lucas, A., Del Peso, C., Rodríguez, E., Prieto P. (2012). *Biomasa, combustibles y sostenibilidad* [en línea]. Centro Tecnológico Agrario y Agroalimentario.
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press.
- Malhi Y, J Grace. (2000). Tropical forests and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution* 15(8): 332-336.
- Matteucci, S; Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Washington, – US. O.E.A. Edit. UNNE. 168 p.
- Margalef. R. (1974). *Ecología*. Barcelona. Editorial Omega. 907 p.
- McKevlin, M.R., (1992). *Guide to regeneration of bottomland hardwoods*. Gen. Tech. Rep. SE-76. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. 35 pp.
- Melillo, J.M., McGuire, A.D., Kicklighter, D.W., Moore Iii, B., Vorosmarty, C.J., & Schloss AL. (1993). Global climate change and terrestrial net primary production. *Nature*, 363, 234-240
- Merino, J. (2010). Tesis Estudio económico de dos formas de aprovechamiento de págüe en el cantón Mera provincia de Pastaza. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba Ecuador.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE). (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Subsecretaría de Patrimonio Natural. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2013. *La deforestación en el Ecuador* [en línea]. Recuperado de: <http://www.ambiente.gob.ec/ministradel-ambiente-lorena-tapia-lidera-decision-historica-para-combatir-la-deforestacion/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). 2015. *Estadísticas de patrimonio natural*. Datos de bosques, ecosistemas, especies, carbono y deforestación del Ecuador continental. Quito-Ecuador.
- Mittermeier RA, Myers N, Thomsen JB, da Fonseca GAB, Olivieri S (1998) Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. *Conserv Biol* 12:516–520.

- Mostacedo y Fredericksen, 2000. Manual de métodos básicos de muestreo y Análisis de Ecología Vegetal BOLFOP. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Santa Cruz de la Sierra. p. 8.
- Mohd Zaki, N. A., & Abd Latif, Z. 2017. Carbon sinks and tropical forest, biomass estimation: a review on role of remote sensing in aboveground-boimass modelling. *Geocarto International*, 32(7), 701-716. <https://doi.org/10.1080/10106049.2016.1178814>
- Myers N (1988) Threatened biotas: "hot spots" in tropical forests. *Environmentalist* 8:187–208. <https://doi.org/10.1007/bf02240252>
- Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GA, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA. España. Zaragoza. CITED. Vol 1. 84 p
- Naranjo, Plutarco. (1981). Índice de la Flora del Ecuador. Editorial Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito- Ecuador.
- Nathan, R., & Muller-Landau, H.C. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in Ecology & Evolution*, 15, 278-285.
- Orozco, L.; Brumér, C. (2002). Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Turrialba-Costa Rica. 264 p.
- Otaya, L. A. (2008). La Silvicultura urbana. CABIUM. Centro de Investigación en ecosistemas y cambio global. Boletín Informativo del Centro de Investigación en Ecosistemas y Cambio Global – C&B. ISSN 1794-287X Vol. 6, No.2. Diciembre de 2008.
- Pacheco E., F. C., A. Alderete, A. Gómez G., A. Fierros G., V. M. Cetina A. y H. Vaquera H. (2007). Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea de una plantación joven de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (3): 251–254.

- Pacheco, T., Tello, R., Valderrama, H., Pacheco, M., Urquiza, D. Nuñez, I. (2017). Caracterización de la diversidad estructural de un bosque de la zona de sedimentación de un meandro del río Nanay, Iquitos, Perú. Bubok Editorial. 64 p.
- Palacios W., Cerón C., Valencia R., y Sierra R. (1999) Las formaciones naturales de la Amazonia del Ecuador. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental, ed. Sierra R. Proyecto INEFAN/GERFBIRF y Ecociencia, Quito, pp 109-118.
- Palacios, W. & Castillo T. (1983). Análisis comparativo de tres etapas de sucesión en un Bosque Seco Premontano en el Tundo, Cantón Sozoranga. Universidad Nacional de Loja. (Tesis de pregrado) Universidad Nacional de Loja. Loja –Ecuador. 78p
- Pardos, J. A. (2010). Los ecosistemas forestales y el secuestro de carbono ante el calentamiento global. Madrid: INIA
- Pérez-Salicrup, D.R., 2005. “La restauración en relación con el uso extractivo de recursos bióticos”. En: Temas sobre restauración ecológica, O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez, y D. Azuara (eds.). Instituto Nacional de Ecología – SEMARNAT, U. S. Fish & Wildlife Service, Unidos para la conservación, A.C. México, DF 79-86 pp.
- Phillips, J. F., Duque, A. J., Cabrera, K. R., Yepes, A. P., Navarrete, D. A., Cabrera, F....Vargas, D. M. (2011). Estimación de las Reservas potenciales de Carbono almacenado en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia, Bogotá D.C. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios ambientales IDAM
- Phillips, O.; Miller J. (2002). Global patterns of plant diversity: Alwyn H. Gentry's forest transect data set. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 89: 1-317.
- Pickett, ST; SL Collins; JJ Armesto. 1987. Models, mechanisms and pathways of succession. The Botanical Review 53 (3): 334-371.

- Prodan, M. Peters R. Cox, F. Real, P. 1997. Mensura Forestal. IICA, BMZ/GTZ, San José-Costa Rica 561p.
- Revilla, C., Calderón, C. (2006). Estructura y diversidad de lianas y hemiepífitas de la selva baja de la provincia de Oxapampa, Pasco, Perú.
- Romero, M., Velasteguí, D. y Robles, M. (2011). Informe técnico descripción de las cadenas productivas de madera en el Ecuador. Ministerio del Ambiente: Quito, Ecuador.
- Santos, P. (2018). Índice de Valor de Importancia. <https://paulefrensa.rbind.io/post/2018/10/05/%C3%ADndice-valor-importancia/>
- Schlegel, B., Gayoso, J. y Guerra, J., (2000). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. 2001. S.l.: Universidad Austral de Chile. Valdivia, Ch.
- SENPLDES, (2009). República del Ecuador, Plan Nacional de Desarrollo. Plan Nacional del Buen Vivir 2009 -2013: Construyendo un Estado Plurinacional e Intercultural. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. 519
- Snowdon P, J Raison, H Keith, K Montagu, H Bi, P Ritson, P Grieson, M Adams, W Burrows, D Eamus. (2001). Protocol for sampling tree and stand biomass, National Carbon Accounting System technical report, nº 31, primer borrador. Australian Greenhouse Office, Au. 114 p.
- Torres, B. Richard E. Bilsborrow, Alisson Barbieri y Alexandra Torres, (2013a). Cambios en las estrategias de ingresos económicos a nivel de hogares rurales en el norte de la Amazonía ecuatoriana. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología Volumen 3 N°3- (Pag 221-257)
- Torres, B.; Lozano, P.; Patiño, J.; Torres, A.; Gutiérrez, D.; (2013b). Estudio de la Composición Florística y Estructural del Bosque Primario del (CIPCA) de la Universidad Estatal Amazónica y, propuesta de manejo de germoplasma de árboles semilleros de valor comercial en la Amazonía ecuatoriana” en:

- Torres, A. (Ed) Libro de Memorias de las primeras jornadas científicas UEA. Puyo Ecuador. Pp 37-47.
- Torres B, Günter S, Acevedo-cabra R, Knoke T (2018a) Livelihood strategies, ethnicity and rural income: the case of migrant settlers and indigenous populations in the Ecuadorian Amazon. *For Policy Econ* 86:22–34
- Torres B, Vasco C, Günter S, Knoke T (2018b) Determinants of agricultural diversification in a hotspots area: evidence from colonist and indigenous communities in the Sumaco Biosphere Reserve, Ecuadorian Amazon. *Sustainability* 10:1432
- Ugalde A., L. A. (1997). Resultados de 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Serie Técnica, Informe Técnico Núm. 287. 162 p.
- Ulate, C.A. (2011). Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según la zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/3005>
- Vallejo, (1982). Estudio de la factibilidad económica especie forestal del Pigüe. Ecuador: Hacienda en Pastaza.
- Vásquez Adela y Arellano Henry. s/f. Estructura, biomasa aérea y Carbono almacenado en los bosques del Sur y Noroccidente de Córdoba - Colombia
- Vargas, O. (2011). Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación, Grupo de Restauración Ecológica, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. *Acta biol. Colomb.*, Volumen 16, Número 2, p. 221-246, 2011. ISSN electrónico 1900-1649. ISSN impreso 0120-548X.
- Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña, (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J.J. Vargas-Hernández y J. López-Upton, (2006). “Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus*

- establecidas en dos sitios en Michoacán, México”. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29: 121-126.
- Walker, LR; R. del Moral. 2003. *Primary succession and ecosystem rehabilitation*. Cambridge University Press, UK. 456 p.
- Whittaker, RH. 1970. *Communities and ecosystems*. The Macmillan Company. New York, USA. 158 p.
- Wiegand, G; B Felkins. 2001. Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia: change or necessity. *Ecological Engineering* 17: 199-217.
- Yepes-quintero, A., Duque-montoya, A., Navarrete-encinales, D., Phillips-bernal, J., Cabrera-montenegro, E., Corrales-osorio, A...Vargas-galvis, D. 2011. Estimación de las Reservas y pérdida de Carbono por deforestación en los bosques del Departamento de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas* 33 (95), 193-208
- Zamora, M. 2010. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Caracterización de la flora y estructura de un Bosque Transicional Húmedo a Seco, Miramar, Puntarenas, Costa Rica. 129, p.
- Zomer, R. J., Neufeldt, H., Xu, J., Ahrends, A., Bossio, D., Trabucco, A., ... Wang, M. (2016). Global Tree Cover and Biomass Carbon on Agricultural Land: The contribution of agroforestry to global and national carbon budgets. *Scientific Reports*, 6, 1-12. DOI:10.1038/srep29987

ANEXOS

Anexo 1. Cálculo del Índice de Valor de Importancia de la Biomasa (IVIB) de todas las especies inventariadas

Especie	Nº	AB m2	BSS Mg/ha	AB%	Densidad %	TB (Mg/ha)%	BIV%
<i>Piptocoma discolor</i>	386	7.21	449.83	46.18	52.95	42.36	47.16
<i>Heliocarpus americanus</i>	44	0.74	52.37	4.75	6.04	4.93	5.24
<i>Miconia multispicata</i>	48	0.71	48.16	4.55	6.58	4.54	5.22
<i>Cecropia ficifolia</i>	27	0.65	29.76	4.16	3.70	2.80	3.56
<i>Hieronyma alchornooides</i>	4	0.37	46.18	2.40	0.55	4.35	2.43
<i>Chimarrhis glabriflora</i>	8	0.37	36.94	2.34	1.10	3.48	2.31
<i>Annona papilionella</i>	10	0.35	31.94	2.21	1.37	3.01	2.20
<i>Croton lechleri</i>	13	0.32	19.52	2.03	1.78	1.84	1.88
<i>Iriartea deltoidea</i>	16	0.34	12.37	2.15	2.19	1.16	1.84
<i>Cecropia membranacea</i>	13	0.31	14.62	1.96	1.78	1.38	1.71
<i>Cecropia marginalis</i>	13	0.27	13.22	1.75	1.78	1.24	1.59
<i>Nectandra membranacea</i>	3	0.21	21.02	1.38	0.41	1.98	1.26
<i>Aspidoperma rigidum</i>	2	0.19	23.92	1.20	0.27	2.25	1.24
<i>Theobroma biclor</i>	2	0.18	20.14	1.15	0.27	1.90	1.11
<i>Wettinia maynensis</i>	10	0.16	5.38	1.03	1.37	0.51	0.97
<i>Cecropia litoralis</i>	6	0.18	9.12	1.18	0.82	0.86	0.95
<i>Ficus obtusifolia</i>	1	0.17	14.87	1.06	0.14	1.40	0.87
<i>Grias neuberthii</i>	6	0.13	9.44	0.82	0.82	0.89	0.84
<i>Miconia bubalina</i>	6	0.11	8.21	0.72	0.82	0.77	0.77
<i>Calliandra trinervia</i>	2	0.13	12.86	0.81	0.27	1.21	0.77
<i>Vochysia Bracilinea</i>	2	0.15	9.97	0.94	0.27	0.94	0.72
<i>Inga marginata</i>	6	0.10	6.49	0.65	0.82	0.61	0.70
<i>Cordia alliodora</i>	1	0.12	12.49	0.77	0.14	1.18	0.69
<i>Schefflera morototonii</i>	2	0.12	8.82	0.76	0.27	0.83	0.62
<i>Trema micrantha</i>	6	0.07	4.32	0.46	0.82	0.41	0.56
<i>Inga edulis</i>	5	0.08	4.73	0.51	0.69	0.45	0.55
<i>Alchornea triplenervia</i>	4	0.09	4.50	0.61	0.55	0.42	0.53
<i>Bactris gasipaes</i>	4	0.08	5.33	0.49	0.55	0.50	0.51
<i>Inga spectabilis</i>	2	0.08	7.13	0.54	0.27	0.67	0.49
<i>Coussarea klugii</i>	2	0.08	6.69	0.49	0.27	0.63	0.47
<i>Sloanea grandifolia</i>	2	0.07	5.99	0.45	0.27	0.56	0.43
<i>Poulsenia armata</i>	2	0.07	5.80	0.44	0.27	0.55	0.42
<i>Sapium glandulosum</i>	4	0.05	3.40	0.33	0.55	0.32	0.40
<i>Tapirira guianensis</i>	1	0.07	6.79	0.42	0.14	0.64	0.40
<i>Tachigali ferruginea</i>	1	0.06	6.43	0.41	0.14	0.61	0.38
<i>Oenocarpus mapora</i>	5	0.05	1.43	0.32	0.69	0.14	0.38
<i>Isertia laevis</i>	2	0.06	4.56	0.37	0.27	0.43	0.36
<i>Pachira insigni</i>	1	0.06	5.75	0.37	0.14	0.54	0.35

<i>Solanum altissimun</i>	3	0.05	3.32	0.32	0.41	0.31	0.35
<i>Apeiba membracea</i>	2	0.08	2.84	0.48	0.27	0.27	0.34
<i>Rollina mucosa</i>	2	0.05	4.01	0.33	0.27	0.38	0.33
<i>Alchornea latifolia</i>	1	0.05	4.86	0.33	0.14	0.46	0.31
<i>Inga multivenia</i>	1	0.05	4.68	0.33	0.14	0.44	0.30
<i>Inga acreana</i>	2	0.04	3.11	0.29	0.27	0.29	0.28
<i>Cestrum racemosum</i>	2	0.04	3.00	0.27	0.27	0.28	0.27
<i>Ochroma pyramidale</i>	3	0.03	2.04	0.22	0.41	0.19	0.27
<i>Inga belutina</i>	1	0.05	3.87	0.29	0.14	0.36	0.26
<i>Aegiphilla integrifolia</i>	3	0.03	1.87	0.20	0.41	0.18	0.26
<i>Chrysochlamys membranacea</i>	2	0.04	2.82	0.25	0.27	0.27	0.26
<i>Tetrochydium macrophyllum</i>	2	0.04	2.79	0.25	0.27	0.26	0.26
<i>Cabralea canjerana</i>	2	0.03	1.96	0.19	0.27	0.18	0.22
<i>Otoba glycyarpa</i>	2	0.04	1.27	0.23	0.27	0.12	0.21
<i>Ocotea quixos</i>	1	0.03	2.43	0.21	0.14	0.23	0.19
<i>Psidium guajaba</i>	1	0.03	2.25	0.18	0.14	0.21	0.18
<i>Miconia spiticata</i>	1	0.03	2.22	0.18	0.14	0.21	0.17
<i>Inga espectabilis</i>	1	0.03	2.13	0.18	0.14	0.20	0.17
<i>Senna ruiziana</i>	2	0.02	1.19	0.13	0.27	0.11	0.17
<i>Cordia hebeclada</i>	1	0.03	1.75	0.17	0.14	0.17	0.16
<i>Cecropia sciadophylla</i>	2	0.02	0.52	0.12	0.27	0.05	0.15
<i>Simira cordifolia</i>	1	0.02	1.68	0.15	0.14	0.16	0.15
<i>Trophis racemosa</i>	1	0.02	1.55	0.14	0.14	0.15	0.14
<i>Miconia elata</i>	1	0.02	1.54	0.13	0.14	0.15	0.14
<i>Piptedemia pteroclada</i>	1	0.02	1.45	0.13	0.14	0.14	0.13
<i>Miconia gradifolia</i>	1	0.02	1.40	0.12	0.14	0.13	0.13
<i>Inga cayennensis</i>	1	0.02	1.12	0.11	0.14	0.11	0.12
<i>Garcinia madruno</i>	1	0.02	1.08	0.10	0.14	0.10	0.11
<i>Trichilla glabra</i>	1	0.02	1.00	0.10	0.14	0.09	0.11
<i>Socratea exorrhiza</i>	1	0.02	0.51	0.10	0.14	0.05	0.09
<i>Pleurothyrium cuneifolium</i>	1	0.01	0.70	0.07	0.14	0.07	0.09
<i>inga chartaceae</i>	1	0.01	0.58	0.07	0.14	0.05	0.09
<i>Marila pluricoscata</i>	1	0.01	0.49	0.06	0.14	0.05	0.08
<i>Citrus limessa</i>	1	0.01	0.48	0.06	0.14	0.05	0.08
<i>Hedyosmum sprucei</i>	1	0.01	0.44	0.05	0.14	0.04	0.08
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	1	0.01	0.44	0.05	0.14	0.04	0.08
<i>Persea americana</i>	1	0.01	0.42	0.05	0.14	0.04	0.08
<i>Sorocea sp.</i>	1	0.01	0.42	0.05	0.14	0.04	0.08
<i>Miconia sp</i>	1	0.01	0.42	0.05	0.14	0.04	0.08
<i>Psychotria acrena</i>	1	0.01	0.41	0.05	0.14	0.04	0.08
<i>Nectandra gracilis</i>	1	0.01	0.35	0.05	0.14	0.03	0.07
Total	729	15.61	1061.91	100.00	100	100	100

Anexo 2. Cálculo del Índice de Valor de Importancia (IVI) de todas las especies inventariadas

Espece	Nº	G m2	Diversidad	Densidad	Dominancia	IVI
<i>Aegiphilla integrifolia</i>	3	0,03	0,41	0,03	0,20	0,65
<i>Alchornea latifolia</i>	1	0,05	0,14	0,01	0,33	0,47
<i>Alchornea triplenervia</i>	4	0,09	0,55	0,04	0,61	1,20
<i>Annona papilionella</i>	10	0,35	1,37	0,10	2,21	3,68
<i>Apeiba membracea</i>	2	0,08	0,27	0,02	0,48	0,78
<i>Aspidoperma rigidum</i>	2	0,19	0,27	0,02	1,20	1,50
<i>Bactris gasipaes</i>	4	0,08	0,55	0,04	0,49	1,07
<i>Cabralea canjerana</i>	2	0,03	0,27	0,02	0,19	0,49
<i>Calliandra trinervia</i>	2	0,13	0,27	0,02	0,81	1,11
<i>Cecropia ficifolia</i>	27	0,65	3,70	0,27	4,16	8,14
<i>Cecropia litoralis</i>	6	0,18	0,82	0,06	1,18	2,06
<i>Cecropia marginalis</i>	13	0,27	1,78	0,13	1,75	3,66
<i>Cecropia membranacea</i>	13	0,31	1,78	0,13	1,96	3,87
<i>Cecropia sciadophylla</i>	2	0,02	0,27	0,02	0,12	0,41
<i>Cestrum racemosum</i>	2	0,04	0,27	0,02	0,27	0,56
<i>Chimarrhis glabriflora</i>	8	0,37	1,10	0,08	2,34	3,52
<i>Chrysochlamys membranacea</i>	2	0,04	0,27	0,02	0,25	0,54
<i>Citrus limessa</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,06	0,20
<i>Cordia alliodora</i>	1	0,12	0,14	0,01	0,77	0,91
<i>Cordia hebeclada</i>	1	0,03	0,14	0,01	0,17	0,32
<i>Coussarea klugii</i>	2	0,08	0,27	0,02	0,49	0,79
<i>Croton lechleri</i>	13	0,32	1,78	0,13	2,03	3,95
<i>Ficus obtusifolia</i>	1	0,17	0,14	0,01	1,06	1,21
<i>Garcinia madruno</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,10	0,25
<i>Grias neuberthii</i>	6	0,13	0,82	0,06	0,82	1,70
<i>Hedyosmum sprucei</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
<i>Heliocarpus americanus</i>	44	0,74	6,04	0,44	4,75	11,22
<i>Hieronyma alchornoides</i>	4	0,37	0,55	0,04	2,40	2,98
<i>Inga acreana</i>	2	0,04	0,27	0,02	0,29	0,58
<i>Inga belutina</i>	1	0,05	0,14	0,01	0,29	0,44
<i>Inga cayennensis</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,11	0,26
<i>inga chartaceae</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,07	0,22
<i>Inga edulis</i>	5	0,08	0,69	0,05	0,51	1,25
<i>Inga espectabilis</i>	1	0,03	0,14	0,01	0,18	0,33
<i>inga marginata</i>	6	0,10	0,82	0,06	0,65	1,54
<i>Inga multivenia</i>	1	0,05	0,14	0,01	0,33	0,48
<i>Inga spectabilis</i>	2	0,08	0,27	0,02	0,54	0,83
<i>Iriartea deltoidea</i>	16	0,34	2,19	0,16	2,15	4,50

<i>Isertia laevis</i>	2	0,06	0,27	0,02	0,37	0,66
<i>Marila pluricoscata</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,06	0,20
<i>Miconia bubalina</i>	6	0,11	0,82	0,06	0,72	1,60
<i>Miconia elata</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,13	0,28
<i>Miconia gradifolia</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,12	0,27
<i>Miconia multispicata</i>	48	0,71	6,58	0,48	4,55	11,62
<i>Miconia sp</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
<i>Miconia spiticata</i>	1	0,03	0,14	0,01	0,18	0,32
<i>Nectandra gracilis</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
<i>Nectandra membranacea</i>	3	0,21	0,41	0,03	1,38	1,82
<i>Ochroma pyramidale</i>	3	0,03	0,41	0,03	0,22	0,66
<i>Ocotea quixos</i>	1	0,03	0,14	0,01	0,21	0,36
<i>Oenocarpus mapora</i>	5	0,05	0,69	0,05	0,32	1,06
<i>Otoba glycyarpa</i>	2	0,04	0,27	0,02	0,23	0,52
<i>Pachira insigni</i>	1	0,06	0,14	0,01	0,37	0,52
<i>Persea americana</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
<i>Piptedemia pteroclada</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,13	0,28
<i>Piptocoma discolor</i>	386	7,21	52,95	3,86	46,18	102,99
<i>Pleurothyrium cuneifolium</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,07	0,22
<i>Poulsenia armata</i>	2	0,07	0,27	0,02	0,44	0,73
<i>Psidium guajaba</i>	1	0,03	0,14	0,01	0,18	0,33
<i>Psychotria acrena</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
<i>Rollinia mucosa</i>	2	0,05	0,27	0,02	0,33	0,63
<i>Sapium glandulosum</i>	4	0,05	0,55	0,04	0,33	0,92
<i>Schefflera morototonii</i>	2	0,12	0,27	0,02	0,76	1,06
<i>Senna ruiziana</i>	2	0,02	0,27	0,02	0,13	0,43
<i>Simira cordifolia</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,15	0,29
<i>Sloanea grandifolia</i>	2	0,07	0,27	0,02	0,45	0,74
<i>Socratea exorrhiza</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,10	0,25
<i>Solanum altissimum</i>	3	0,05	0,41	0,03	0,32	0,76
<i>Sorocea sp.</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
<i>Tachigali ferruginea</i>	1	0,06	0,14	0,01	0,41	0,55
<i>Tapirira guianensis</i>	1	0,07	0,14	0,01	0,42	0,57
<i>Tetrochydium macrophyllum</i>	2	0,04	0,27	0,02	0,25	0,54
<i>Theobroma biclor</i>	2	0,18	0,27	0,02	1,15	1,44
<i>Trema micrantha</i>	6	0,07	0,82	0,06	0,46	1,34
<i>Trichilla glabra</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,10	0,25
<i>Trophis racemosa</i>	1	0,02	0,14	0,01	0,14	0,28
<i>Vochysia Bracilinea</i>	2	0,15	0,27	0,02	0,94	1,24
<i>Wettinia maynensis</i>	10	0,16	1,37	0,10	1,03	2,50
<i>Zanthoxylum riedelianum</i>	1	0,01	0,14	0,01	0,05	0,20
TOTAL	729	15,61	100,00	7,29	100,00	207,29

Anexo 3. Fotos del trabajo de campo



Paisaje de la zona de estudio



Toma de datos



Trabajo de campo



Trabajo de campo



Toma de datos



Especies de la zona de estudio