

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA



CENTRO DE POSTGRADOS

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

TÍTULO A OBTENER: MAGISTER EN SILVICULTURA

Proyecto de Innovación

Estructura y potencial de regeneración natural de *Piptocoma discolor* en cultivos
abandonados de la Parroquia 10 de Agosto, provincia de Pastaza

AUTORA: Alexandra Maribel Humanante

DIRECTOR: PhD. Yudel García Quintana

Puyo – Ecuador.

2019.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Alexandra Maribel Humanante Herrera con cédula de identidad 0603267550, declaro ante las autoridades educativas de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de innovación titulado: “ESTRUCTURA Y POTENCIAL DE REGENERACIÓN NATURAL DE *PIPTOCOMA DISCOLOR* EN CULTIVOS ABANDONADOS DE LA PARROQUIA 10 DE AGOSTO, PROVINCIA DE PASTAZA”, 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 de la autora; y que los resultados expuestos pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.

ALEXANDRA MARIBEL HUMANANTE HERRERA

0603267550

AUTORA

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo titulado: “**Estructura y potencial de regeneración natural de *Piptocoma discolor* en cultivos abandonados de la parroquia 10 de Agosto, provincia de Pastaza**”, fue realizado por la Ing. Alexandra Maribel Humanante Herrera, egresada de la primera cohorte de la maestría de Silvicultura, mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales de la Universidad Estatal Amazónica, bajo mi supervisión en calidad de director de proyecto de innovación.

PhD. Yudel García Quintana

Director del Proyecto

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN CERTIFICA QUE:

El presente trabajo: “ESTRUCTURA Y POTENCIAL DE REGENERACIÓN NATURAL DE *PIPTOCOMA DISCOLOR* EN CULTIVOS ABANDONADOS DE LA PARROQUIA 10 DE AGOSTO, PROVINCIA DE PASTAZA”, bajo la responsabilidad de la egresada Ing. Alexandra Maribel Humanante Herrera, ha sido meticulosamente revisada, autorizando su presentación:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Dra. Rumania Alexandra Torres Navarrete, PhD

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dra Dunia Chávez Esponda , PhD

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr Yasiel Arteaga Crespo, PhD

AGRADECIMIENTO

La autora deja en constancia sus más sinceros agradecimientos a:

- Universidad Estatal Amazónica Alma Máter formadora de grandes profesionales para el país, a la Unidad de Posgrados, especialmente al:
- PhD. Yudel García Quintana, Director de la Unidad de Posgrado de la Universidad Estatal Amazónica
- Ph D. Dunia Chavez Espondia Coordinador del Programa de la Maestría en Silvicultura mención en Manejo y conservación de Recursos Forestales
- PhD. Yaciel Arteaga, Docente de Posgrado de la Universidad Estatal Amazónica.
- A mi compañero de vida Elvis Díaz, quien con su paciencia y amor incondicional, protege nuestro hogar, así como también con sus conocimientos y experiencia ha sido parte de esta gratificante experiencia de ser nuevamente estudiante.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza y fuerza para cumplir con nuevas metas y propósitos tan anhelados.

A mis Padres Julio Humanante y Piedad Herrera, quienes con su amor incondicional, confiaron en mí y siempre me han brindado su apoyo.

A mi esposo Elvis Díaz, mis hijas amadas, Daniela y Juliana, quienes se sacrificaron durante esta faceta de mi vida, y me permitieron continuar con mi propósito.

A todos los profesores, personas que me brindaron sus experiencias, vivencias y conocimientos, que han hecho posible que este trabajo se realice con éxito.

Alexandra

RESUMEN EJECUTIVO

El propósito de la investigación fue evaluar la estructura ecológica y potencial de regeneración natural de la especie *Piptocoma discolor* en un área de cultivos abandonados de la parroquia 10 de agosto como contribución al manejo silvícola de esta importante especie nativa de la Amazonía. Para ello se levantaron cuatro parcelas de 20x20 m² y se realizó un inventario total de la especie *P. discolor* y los grupos de especies asociadas, lo que permitió caracterizar la estructura vertical mediante las clases de altura, patrones de estratificación valor fitosociológico, así como la estructura horizontal a través del cálculo del IVI, clases diamétricas, cociente de mezcla, riqueza, diversidad y potencial de biomasa, además se determinó la distribución espacial a partir del método del vecino más cercano y el ordenamiento de la vegetación en función de la abundancia. Los resultados reportaron un patrón de estructura vertical discontinuo determinado por la ausencia de la especie en el sustrato superior característico de la regeneración natural, aunque fue nula la presencia de plántulas juveniles en las clases de desarrollo. La estructura diamétrica resultó irregular con escasa representación de individuos en algunas clases de *P. discolor* resultó la de mayor valor ecológico con alta proporción en la abundancia, frecuencia y dominancia indicador de su presencia en las áreas de estudio. El potencial de biomasa fue similar en las parcelas. Se comprobó ligeras variaciones en las subparcelas en relación a los parámetros de estructura. La población de *P. discolor* reportó un índice de Eberhardt de 2,72 que indicó un patrón de distribución agregado.

Palabras claves: Especies pioneras, regeneración natural, cultivos abandonados

ABSTRACT

The purpose of the research was to evaluate the ecological structure and potential of natural regeneration of the *P. discolor* in an area of abandoned crops of the parish August 10 as a contribution to the silvicultural management of this important native species of the Amazon. To do this, four plots of 20x20 m² were built and a total inventory of the species *P. discolor* was made and groups of people identified the vertical structure by means of the height classes, phytosociological value stratification patterns, as well as the horizontal structure through of the calculation of the IVI, diametric classes, mix ratio, richness, diversity and biomass potential and also the spatial distribution was determined from the nearest neighbor method and the ordering of the vegetation in the function of abundance. The results report a discontinuous vertical structure pattern determined by the absence of the species in the upper sub-characteristic of natural regeneration, although it was the presence of young people in the development classes. The diametric structure is irregular with the representation of them in some classes of *P. discolor*. Decadence occurs in the study areas. The biomass potential was similar in the plots. There were slight variations in the subplots in relation to the parameters of the structure. The population of color and the report of an index of 2.72 that has said an aggregate distribution pattern.

Keys words: Pioneer species, natural regeneration, abandoned crops.

TABLA DE CONTENIDO

<i>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN</i>	1
1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
<i>CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</i>	3
2.1. La región amazónica y sus recursos forestales	3
2.2. Estructura ecológica de los bosques.....	4
2.3. Estructura Vertical	4
2.4. Estructura horizontal	5
2.5. Factores de cambio en la estructura de los bosques.....	5
2.6. La Regeneración Natural	6
2.6.1. Importancia de la regeneración natural	6
2.6.2. Regeneración natural en cultivos abandonados.....	7
2.6.3. Potencial de regeneración natural de especies pioneras	7
2.6.4. Dinámica de los bosques secundarios – Regeneración Natural	8
2.7. Características generales del <i>P.discolor</i>	9
2.8. Distribución geográfica dentro de Ecuador y otros lugares.	9
<i>CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS</i>	11
3.1. Localización.....	11
3.2. Tipo de investigación.....	12
3.3. Métodos de Investigación.....	13
3.4 Tratamiento de los datos.....	15
3.5 Recursos Humanos y Materiales	20

<i>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	21
4.1 Estructura vertical de la regeneración natural de <i>P. discolor</i>	21
4.1.1 Clases de altura y estratificación de los árboles.....	21
4.1.2 Valor fitosociológico de la especie <i>P. discolor</i>	24
4.1.3 Clases de desarrollo de la población natural de <i>P. discolor</i>	25
4.2 Estructura diamétrica de la regeneración natural de <i>P. discolor</i>	27
4.3 Valor de importancia ecológica relativo de <i>P. discolor</i> y especies asociadas a la regeneración natural.....	33
4.4 Potencial de biomasa de <i>P. discolor</i>	35
4.5 Riqueza y diversidad de especies a escala alfa y beta.....	35
4.6 Relación de las subparcelas de muestreo con la estructura de la regeneración natural de <i>P. discolor</i>	38
4.7. Patrón de distribución espacial de la regeneración natural de <i>P. discolor</i>	40
<i>CONCLUSIONES</i>	43
<i>RECOMENDACIONES</i>	44
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de <i>P. discolor</i>	10
Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.	11
Figura 3. Mapa del diseño de muestreo de regeneración natural en cultivos abandonados.	14
Figura 4. Método de distancias de árboles para el índice de eberhardt.	19
Figura 5. Clases de altura de la población.	21
Figura 6. Diagrama de dispersión que muestra la relación de la altura total con la altura comercial de los árboles de <i>P. discolor</i> presentes en las parcelas de cultivos abandonados...	22
Figura 7. a,b. Diagrama de cajas que representa los valores medios y la significación de la variable altura total y comercial en las parcelas de estudio.....	24
Figura 8. Distribución de clases diamétricas de <i>P. discolor</i> por parcelas y total (a) parcela 1, (b) parcela 2, (c) parcela 3, (d) parcela 4 y (e) área total.....	30
Figura 9. Diagrama de cajas que representa los valores medios y la significación de la variable diámetro en las parcelas de estudio.	32
Figura 10. Dendrograma jerárquico según las medidas de Bray-curtis para el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a la abundancia de especies.....	37
Figura 11. Curva de witakker que representa la abundancia proporcional de <i>P. discolor</i> en las subparcelas de muestreo.	38
Figura 12. Distribución espacial en dos dimensiones del análisis de correspondencia.....	39
Figura 13. Imagen que muestra el método de campo empleado para obtener los puntos del vecino más cercano y el ángulo de 90 ⁰	41
Figura 14. Ordenación de la distribución espacial de las especies y las parcelas.	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Escala de la estructura poblacional para <i>P. discolor</i>	16
Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la altura total de los árboles de <i>P. discolor</i>	23
Tabla 3. ANOVA de clasificación simple para las variables altura total y comercial	23
Tabla 4. Valor fitosociológico de la especie <i>P. discolor</i>	25
Tabla 5. Clases de desarrollo de la regeneración natural de <i>P. discolor</i>	26
Tabla 6. Parámetros dasométricos y densidad de <i>P. discolor</i>	27
Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los diámetros de los árboles de <i>P. discolor</i>	30
Tabla 8. ANOVA de clasificación simple para la variable diámetro	31
Tabla 9. Cociente de mezcla por clases diamétricas	33
TABLA 10. Valor de importancia ecológica relativa de las especies asociadas al bosque de <i>P. discolor</i>	34
Tabla 11. Biomasa aérea acumulada en poblaciones naturales de <i>P. discolor</i>	35
Tabla 12. Índice de riqueza y diversidad de especies a escala alfa	36
Tabla 13. Coeficiente de similitud de Jaccard entre las subparcelas de muestreo	36
Tabla 14. Valores del análisis de correspondencia entre los sitios y la categoría de regeneración natural	39
Tabla 15. Índice de eberhardt (ie) para la población de regeneración natural de <i>P. discolor</i>	40
Tabla 16. Análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA)	42

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país mega diverso, parte de esa riqueza se concentra en los árboles, los individuos más conspicuos de los bosques y las selvas. Los árboles guardan la mayor biomasa del bosque, y por tanto almacenan la mayor cantidad de carbono, y en conjunto con el resto de las plantas ayudan a mantener el régimen hídrico, la belleza escénica, protegen al suelo de la erosión, entre otros servicios Palacios (2011), se puede estimar la superficie del Ecuador en 1 362 810,25 km² Senplades (2017) y según el mapa de cobertura y uso de suelo MAE (2018) cuenta con 12'631.198 hectáreas aproximadamente de bosques naturales.

La región Amazónica conocida comúnmente como “El Oriente” se encuentra ubicado al este del ramal oriental de la Cordillera de los Andes. La región amazónica se extiende sobre un área de 120.000 km². A pesar de la tala indiscriminada de árboles posee una gran selva tropical, siendo los bosques amazónicos la cobertura más representativa a nivel de todo el país, en el caso de la provincia de Pastaza cuenta con una extensión de 29067 km² y posee 2791289.07 hectáreas de bosque nativo que representa el 22%, constituyéndose la provincia con mayor cantidad de bosque nativo a nivel nacional, seguido de Orellana con el 14% y Morona Santiago con el 13% (MAE, 2018).

El bosque húmedo tropical es reconocido como un mosaico de parches de diferentes tamaños y edades de crecimiento, causados por acción de la naturaleza y las actividades antrópicas relacionadas con la explotación de especies forestales, cambio de uso de suelo para actividades agrícolas y pecuarias que dan lugar a los claros, en donde emergen las especies pioneras de rápido crecimiento que tienen vida relativamente corta (10 - 15 años), iniciándose el proceso de la regeneración natural (Alegría, 2016).

P. discolor es una especie forestal pionera de rápido crecimiento, que muestra alta demanda a nivel local y nacional, requiere de bajos costos de inversión para su manejo, por lo que es necesario considerar su potencial para pequeños productores en la Costa y Amazonía (MAE, 2013).

De lo revisado en la literatura existen estudios basados en la importancia de *P. discolor* con énfasis en la comercialización, encontrándose pocos estudios específicos sobre *P.*

discolor que permitan caracterizar los patrones de estratificación, categorías de desarrollo, estructura ecológica natural con sus especies asociadas y la distribución espacial, de lo cual nace la interrogante de evaluar la estructura y el potencial de regeneración de *P. discolor* en áreas de cultivo que fueron abandonadas, con el fin de obtener mayor información que permita inferir la permanencia de *P. discolor* dentro del ecosistema boscoso y que contribuya para facilitar la toma de decisiones orientadas al manejo responsable de la regeneración natural.

1.1. PROBLEMA

¿Cuál es la estructura y potencial de regeneración natural de *P. discolor* en áreas de cultivos abandonados en la parroquia 10 de Agosto?

1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

Las áreas de cultivos abandonados en la parroquia 10 de Agosto manifiestan un patrón de comportamiento que determina la estructura ecológica, potencial de regeneración natural y distribución espacial de la población natural de *P. discolor*.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la estructura y potencial de regeneración natural de *P. discolor* en cultivos abandonados de la parroquia 10 de Agosto, provincia de Pastaza como contribución al manejo silvícola de las poblaciones naturales.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Caracterizar la estructura vertical de la regeneración natural de la especie, valor fitosociológico y clases de desarrollo.
- b. Determinar parámetros de la estructura horizontal y potencial de biomasa de la población de *P. discolor* y especies asociadas.
- c. Analizar el patrón de distribución espacial de la regeneración natural de *P. discolor*.

CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. La región amazónica y sus recursos forestales

El bosque tropical amazónico es el más vasto de los bosques tropicales, cubriendo más de nueve países: Brasil (con 63% de este bosque), Perú (13%), Ecuador, Colombia, Venezuela, Francia (con el departamento de la Guyana Francesa), Surinam, Guyana y Bolivia., así la define la Red Amazónica de Información Socio ambiental Georreferenciada (RAISG).

Los bosques tropicales de la región amazónica especialmente del Ecuador son muy extensos. Estos “bosques nativos permanentes cubren aproximadamente 9,5 millones de hectáreas, que proporcionan servicios ambientales y de ecosistemas constantemente” (Granda, 2017).

La Amazonía ecuatoriana alberga exuberantes bosques húmedos tropicales, con una gran diversidad biológica y especies exclusivas de esta región. Debido a las condiciones especiales de clima, topografía y geología en esta zona se encuentran especies amazónicas, andinas y otras. Se considera que la Amazonía contiene la mayor riqueza florística que cualquier área de tamaño similar en el Neotrópico y casi con certeza, una de las concentraciones más altas de especies de plantas vasculares aún por descubrir (Neill, 2004).

Ecuador ha sido autosuficiente en productos madereros, gracias a una base forestal que originalmente cubría el 80% del territorio nacional. Esta situación actualmente se está revirtiendo debido a conocidos problemas de sobreexplotación y tala irracional de bosques nativos, frente a una incipiente forestación. El uso y comercio de la madera y sus derivados son actividades que han estado presentes en la economía del país (Zuñiga, 2000).

Según el MAE (2018), en las estadísticas del Patrimonio Natural hasta el 2016 el 50,73% del área continental ecuatoriana existe alrededor de 12.631.198 has de bosque nativo a nivel nacional, Pastaza posee aun 2.791.289.07, siendo la provincia con mayor cantidad de bosque nativo.

P. discolor está siendo comercializado a nivel nacional bajo las siguientes modalidades: Programa de Aprovechamiento Forestal para Bosques Cultivados y Arboles de Regeneración Natural (PAFBCRN), y formularios especiales de recolección.

2.2. Estructura ecológica de los bosques

La estructura del bosque es la organización natural de los individuos en la masa boscosa total, teniendo como referencia la abundancia, distribución y la dominancia de las especies que forman parte del bosque y su relación en función del tamaño y edad. En concordancia con el desarrollo vertical y horizontal a través de la sucesión arbórea (Melo y Vargas, 2003; Quispe, 2010).

El aprovechamiento racional de un bosque puede realizarse en base al conocimiento de la organización social y geométrica del conjunto de sus poblaciones (estructura) y de las leyes que lo gobiernan (procesos). Esta organización se estudia y describe bajo dos conceptos: la composición florística y la estructura de la masa Linares (1997). La estructura define el grado de uniformidad del bosque y la intensidad de las cortas en el futuro, por lo que tiene importancia ecológica y silvicultural. De acuerdo con el criterio clasificatorio que se utilice, la estructura es la distribución de los individuos en términos de edad, tamaño, u otras características (Wadsworth, 2000).

2.3. Estructura Vertical

Meave *et al.*, (1992) y Chan (2010), citados por Jayakumar *et al.*, (2011) definieron la estructura vertical como la distribución de los individuos que conforman la comunidad en relación a sus alturas, cuya descripción implica el reconocimiento de estratos en los que se agrupan árboles de tamaños similares, debido en gran parte a los efectos producidos por la luz y aumento de la humedad.

Al llevar a cabo un análisis minucioso en cualquier tipo de ecosistema, se puede identificar claramente una estructura vertical, determinado por estratos claramente delimitados donde su tamaño y número estará determinado por el tipo o formas de vida desarrollados en su interior.

2.4. Estructura horizontal

La estructura horizontal se caracteriza por evaluar la conducta individual de los árboles y especies que se encuentran en la superficie del bosque, la distribución arbórea se puede describir por medio de clases diamétricas, esta estructura nos permite conocer las amenazas y limitaciones que presentan las plantas al medio ambiente. Para realizar el cálculo de la estructura horizontal, se utilizan parámetros que indiquen la importancia ecológica de las especies, estos son: frecuencia, abundancia y dominancia (Alvis, 2009).

2.5. Factores de cambio en la estructura de los bosques

Los bosques tropicales son los ecosistemas más antiguos, diversos y ecológicamente complejos, más de la mitad de todas las formas de vida del planeta habitan en ellos, brindan múltiples servicios ambientales. Su degradación se ha debido principalmente a las implicaciones de la deforestación y diversas acciones antrópicas que se han venido ejecutando en los últimos años Lanly (2006). Estas actividades generan a nivel regional la pérdida del uso forestal, deterioro físico y químico del suelo, alteración del balance hídrico y desestabilización de las cuencas hídricas. La degradación suele comenzar con la sobreexplotación, insertando en ellos sistemas como agroforestales o silvopastoriles, que deterioran y degradan progresivamente el estado del uso del suelo, esto se sobreentiende como la pérdida permanente de la capacidad que tienen los suelos (Meli, 2003).

En las últimas décadas, la conversión de los bosques a pastos o campos agrícolas, seguida del abandono de la tierra, ha llevado a grandes extensiones de bosques de segundo crecimiento en el Amazonas, Centroamérica y muchos otros países tropicales. Estos bosques crecen rápidamente y secuestran grandes cantidades de carbono en su biomasa, pero tienden a ser ignorados, ya que la mayor parte del debate sobre el balance de carbono de la cuenca del Amazonas tiende a girar alrededor de bosques maduros.

La deforestación para el cambio de uso de la tierra y el proceso insostenible de explotación forestal fue el principal motor de la destrucción de los bosques primarios en todo el mundo. Hoy en día, los bosques secundarios constituyen un componente importante y creciente del uso de la tierra y la cobertura forestal, y han sido una fuente importante para el suministro de una amplia gama de bienes y servicios de los ecosistemas. De hecho, en el Informe de Evaluación de Recursos Forestales 2015, el área de bosques naturalmente regenerados (bosques secundarios) asciende a 2337 millones de hectáreas a nivel mundial y constituye el 58% del área forestal global (FAO, 2015).

2.6. La Regeneración Natural

2.6.1. Importancia de la regeneración natural

Una de las bases fundamentales del manejo sostenible de los bosques tropicales es el mantenimiento de la regeneración natural. Esta forma de manejo, requiere que las especies maderables aprovechadas, regeneren de forma natural para mantener sus poblaciones y asegurar la futura productividad del bosque (Leigue, 2011).

Según MAE (2004), en el Acuerdo Ministerial 040 manifiesta que: “Los árboles de la regeneración natural en cultivos: son aquellos árboles provenientes del manejo y fomento de la regeneración natural, incluidos árboles de *P. discolor* (pigüe) y *Ochroma pyramidale* (balsa), que se desarrollan en huertos, potreros, plantaciones forestales y sistemas agroforestales, que no constituyen parte integrante de un bosque nativo y árboles relictos; y que por su tamaño, apariencia, especie y madurez fisiológica son clasificados como tales, para el caso de árboles de pigüe y balsa que están en rastrojos y que se desarrollaron a partir de suelos abandonados de actividades agropecuarias, estos deberán ser considerados como árboles de regeneración natural en cultivos.

2.6.2. Regeneración natural en cultivos abandonados.

La sucesión secundaria es el término utilizado para describir el recubrimiento de un sitio previamente ocupado por vegetación (Lamprecht, 1990; Corlett, 1994).

La persistencia de la vegetación secundaria depende de la ocurrencia de disturbios que originan claros en los cuales se desarrollan las especies pioneras. En el curso de la sucesión ocurre un rápido incremento en la biomasa, la cual desciende hacia los 15 o 20 años de edad (de Salas, 2002).

De estudios realizados sobre sucesiones en bosques tropicales la mayoría de estas investigaciones han concluido que el tiempo de recuperación de la vegetación una vez destruida, generalmente por procesos de potrerización, es muy largo dependiendo de las especies (heliófitas efímeras, heliófitas durables y esciófitas). Cada categoría abarca una diversidad de estrategias para su establecimiento y crecimiento, así como en sus relaciones asociativas con otras especies, se ha reconocido gradualmente que el manejo apropiado del bosque secundario representa un inmenso potencial para desarrollar bienes y servicios; de aquí que los esfuerzos que contribuyan a disminuir la presión poblacional sobre los bosques primarios, deban considerar el aprovechamiento sostenido de los bosques secundarios, a la vez que se mantiene la biodiversidad (de las Salas, 2002).

2.6.3. Potencial de regeneración natural de especies pioneras

Los bosques sobreexplotados o degradados son un tipo muy importante de sistema intervenido en donde se ha eliminado la mayor parte o la totalidad de la madera comercial (Soil Conserv. Soc. Amer (1970)). La extracción en general se realiza a través de “tala convencional”, sin aplicar los principios de extracción de impacto reducido y la cosecha supera la capacidad de crecimiento natural del sistema. Dichos bosques pueden ser restaurados de manera similar a los bosques secundarios, tratando de mantener y recuperar la productividad en el tiempo.

Los bosques sobre-explotados pueden estar en una amplia gama de condiciones según el grado de perturbación directa o indirecta. Algunas de las causas comunes de los bosques que han sido sobre-explotados son la extracción de especies valiosas, seguida de la explotación de algunas de las especies restantes algunos años después, las malas prácticas de explotación

forestal con maquinaria pesada no apropiada y la mala selección del tiempo de cosecha y métodos, frecuencia de extracción de madera y calidad de la supervisión y control.

2.6.4. Dinámica de los bosques secundarios – Regeneración Natural

El estudio de la dinámica de regeneración del bosque tropical, está condicionada por un conjunto de procesos naturales, que suceden en forma continua: regeneración y mortalidad que opera en forma cíclica dentro del bosque, determinando sucesivos estados de equilibrio dinámico en las que están involucradas mezclas de especies en diferente condición estructural.

Poseen un gran potencial pues en los procesos de sucesión ecológica su estructura y composición varían de acuerdo a las condiciones climáticas. Su regeneración natural no es instantánea ya que se demora un tiempo en regresar a su estado natural. Existen áreas como potencial de producción de madera y áreas que se recuperan tanto en vegetación natural como en sus funciones y servicios (Forero, 2018). La persistencia de la vegetación secundaria depende de la ocurrencia de disturbios que originan claros en los cuales se desarrollan las especies pioneras.

Whitmore (1975), identifica un mosaico de tres fases en la dinámica de la regeneración de un bosque en equilibrio, estas fases son:

Fase de claro: Se produce por la apertura de dosel, contiene brinzales, latizales y árboles jóvenes.

Fase de construcción: Formado por un bosque de árboles jóvenes los que crecen rápidamente, el incremento de altura y diámetro está relacionado en forma lineal.

Fase madura: Contiene árboles de diámetro grueso. La tasa de crecimiento del rodal es casi cero.

Brokaw (1990) define un claro como un “hueco” vertical en el bosque, que desciende del dosel hasta 2 m sobre el suelo o menos. La apertura del dosel, genera un fuerte impulso de la regeneración (Wagner, 1997), pero para que ello ocurra tienen que haber elementos desencadenantes endógenos o exógenos.

2.7. Características generales del *P. discolor*

Según de la Torre (2008) indica que *P. discolor* (Kunth) Pruski, también es citada como: *Pollalesta discolor*, *Pollalesta karstenii*, *Pollalesta klugii* (p.231), conocido comúnmente como pigüe, **Piwe, chico, quinde**, entre otros.

Es árbol hasta 25 m de altura y 55 cm de DAP; corteza fuertemente fisurada, morena, cambiando a negra hacia el interior, y hacia la albura crema, aunque este color se oxida violentamente a verde-negruzco. Hojas helicoidales membranáceas, verdes por arriba y homogéneamente pardas por el envés, este aspecto del color da fe de su nombre botánico: discolor. Inflorescencia una cima ancha compuesta de numerosos capítulos (Palacios, 2011).

P. discolor es una especie pionera heliófita, que crece en toda la región amazónica, se regenera en forma natural en claros, bosques perturbados y barbechos, resulta ideal para el manejo sostenible, considerada como pionera temprana de rápido crecimiento Alegría (2016), se regenera gracias a la dispersión de semillas realizada por las escamas florales, favoreciendo a que la especie abunde naturalmente en sistemas de rotación de cultivos, en bosques secundarios puede presentarse como especie monodominante.

Los árboles semilleros son conservados cerca de los terrenos para mantener el ciclo de propagación. Dezzeo (2014): así también lo manifiesta Palacios (2011) que son parte de “Bosques secundarios, a menudo formando rodales puros, sobre todo entre 700 y 1200 msnm en potreros o chacras abandonados”.

P. discolor es ampliamente usada por su trabajabilidad, de madera blanda, lo que ha permitido el desarrollo la industria de la cajonería para el transporte de frutas, puntales y palets como los principales usos, para el transporte de fruta desde las zonas rurales a los mercados locales y regionales, siendo frecuente ver en las vías, pilas de tocones para la venta (Dezzeo, 2014).

2.8. Distribución geográfica dentro de Ecuador y otros lugares.

Según Jardín Botánico de Misuri y del herbario virtual del Jardín Botánico de Nueva York., citado en el boletín CIFOR (2014) se encuentra distribuido en los países Perú, Colombia, Ecuador, Panamá hasta Costa Rica., observándose que en el Ecuador existe mayor presencia, especialmente en la región Amazónica (Tropicos, 1999) (Figura 1).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El estudio se realizó en un área de regeneración natural de cultivos abandonados perteneciente a la parroquia 10 de Agosto, ubicada en la vía Puyo-Arajuno, al Este de la parroquia Puyo, a ocho kilómetros de distancia de la capital provincial (Figura 2). La misma se encuentra dentro de la clasificación de los ecosistemas como Bosque siempre verde montano bajo del norte y centro de la cordillera oriental de los Andes Sierra (1999) Josse (2003) con una variación altitudinal de entre 1200-2000 msnm, de relieve montañoso. En estos bosques es característico que en los claros del bosque se encuentre comúnmente especies como *P.discolor*, *Alchornea pearcei* y *Acalypha diversifolia*, también predomina la deforestación en los sitios relativamente planos y en los declives de las colinas, talados para extraer madera y establecer pastizales y zonas de cultivo (Vargas *et al.* 2000).

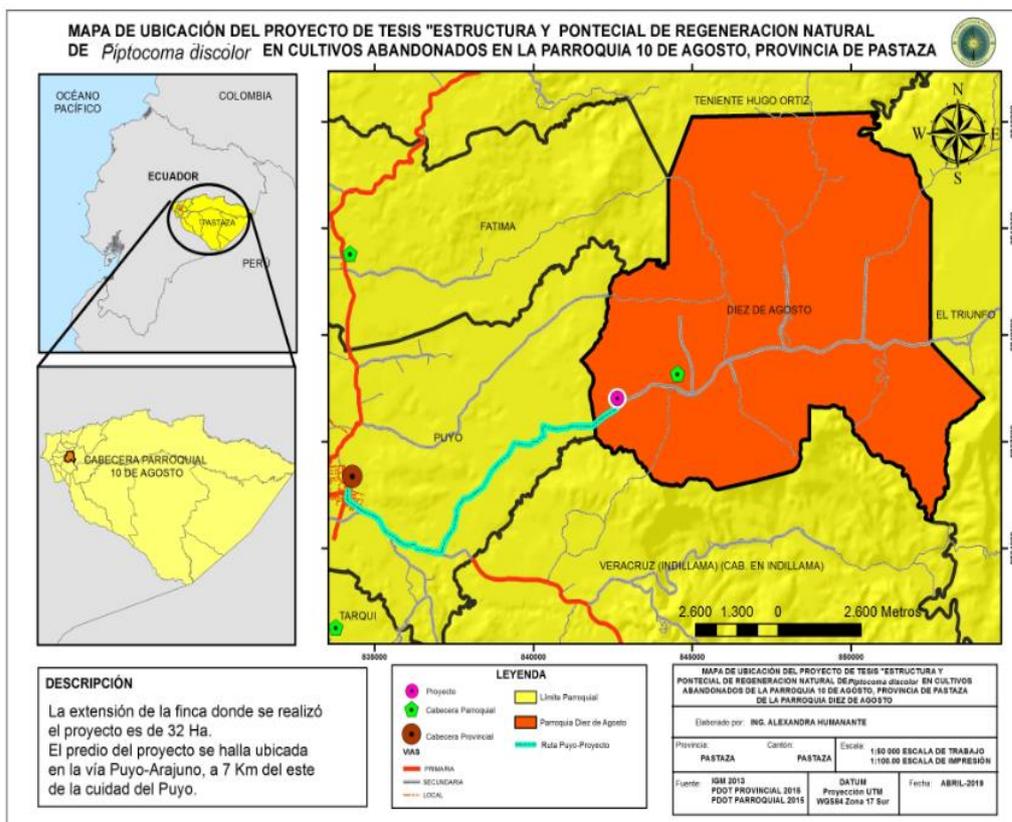


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación que se utilizó fue de carácter descriptivo, debido a que se recopiló información sobre parámetros que describen la estructura ecológica del bosque de regeneración natural de *P. discolor* en cultivos abandonados de la Parroquia 10 de Agosto, Provincia de Pastaza.

Las variables empleadas para describir el objeto de estudio en este tipo de investigación fueron:

Estructura vertical:

- Altura total de los árboles
- Altura de inserción de la copa de los árboles.
- Posición fitosociológica
- Categorías de desarrollo

Estructura horizontal:

- Clases diamétricas
- Abundancia
- Dominancia
- Frecuencia
- Índice de valor de importancia ecológica (IVI)
- Área basal
- Volumen comercial
- Riqueza de especies
- Diversidad de especies

Distribución espacial de las especies:

- Distancia del árbol considerado vecino más cercano
- Distancia del árbol que forme un ángulo de 90^0 con el punto central
- Índice de Eberhatd

3.3. Métodos de Investigación

Los métodos de investigación empleados para el desarrollo de este proyecto de innovación fueron la observación y la medición.

Observación: Se observó el objeto de estudio mediante aspectos de su forma y estado de desarrollo. Se registraron las especies presentes en el inventario florístico, así como la forma en que se distribuyen las especies y sus clases de desarrollo desde la etapa de plántula hasta adultos.

Medición: Se realizó la medición de las variables numéricas que permitieron definir los patrones de comportamiento de la estructura vertical y horizontal del bosque, a partir de las variables dasométricas relacionadas con la altura total, altura comercial, diámetro y distancias del árbol considerado vecino más cercano y el árbol que forme un ángulo de 90^0 .

Para el proceso de medición se procedió inicialmente al establecimiento de parcelas cuadradas de $(20 \times 20\text{m}^2)$, o sea 400 m^2 de forma tal que permitiera tomar los datos necesarios. Se establecieron un total de cuatro parcelas, distribuidas dentro del área de influencia del bosque de regeneración natural de *P. discolor* a una distancia de separación 57 de 150 m lineales. En estas se logró recopilar información que permitió evaluar el potencial de regeneración natural de *P. discolor* en cultivos abandonados en la parroquia 10 de Agosto como criterio para fundamentar el comportamiento de las variables asociadas a la estructura vertical, horizontal, así como los patrones de distribución espacial de las especies inventariadas.

El inventario de la regeneración natural se realizó mediante la técnica del muestreo sistemático. El establecimiento de parcelas fue a partir de la metodología planteada por MAE (2014), partiendo del análisis de orto fotos existentes del sector por medio del cual se delimitó las áreas de las parcelas inventariadas, en condiciones de campo con el apoyo del GPS Garmin 460 se ubicaron las coordenadas geográficas y se realizó la demarcación de las parcelas para lo cual se colocó estacas en los vértices de cada parcela (Figura 3). En cada parcela se registraron todas las especies con $d_{1.30} \geq 10 \text{ cm}$, los mismos que fueron enumerados en secuencia y marcados con pintura y se registraron datos de altura total, altura comercial, diámetro ($d_{1.30}$), nombre científico y común. El reconocimiento de las especies fue realizado

con el apoyo de un experto botánico de Flora Amazónica y se comprobó con la base de datos de Trópicos y el Libro de Árboles de Ecuador (Palacios, 2017).

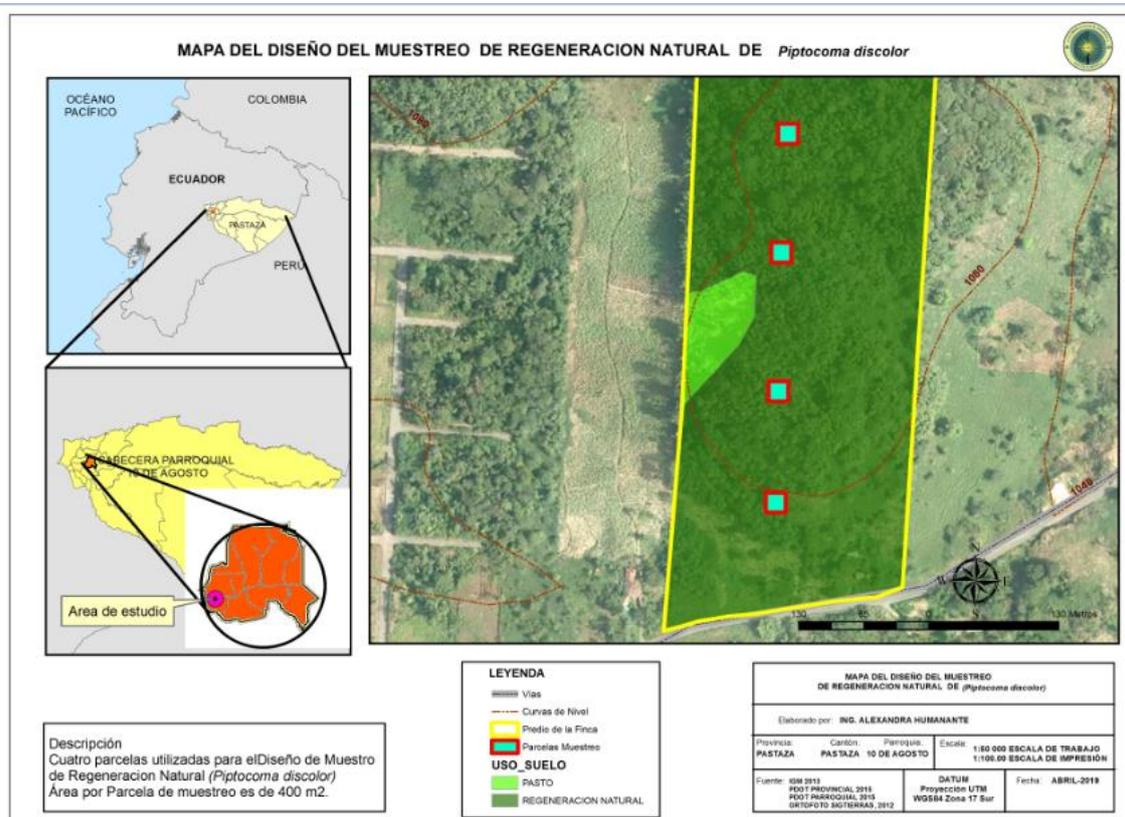


Figura 3. Mapa del diseño de muestreo de regeneración natural en cultivos abandonados.

3.4 Tratamiento de los datos

Las matrices de datos numéricos de campo fueron tabuladas utilizando programas y metodologías específicas para cada tratamiento.

a. Estructura vertical

Se determinó la estructura vertical del bosque de regeneración natural de *P. discolor* a partir del número de individuos por clases de altura, lo que posibilitó su estratificación en el bosque mediante la metodología propuesta por Godínez y López (2006).

Estrato inferior	$h \leq 10$ m
Estrato intermedio	h 10,1 m - 20 m
Estrato superior	$h > 20$ m

Se obtuvo una ecuación de regresión para comprobar la relación entre las variables altimétricas altura total de los árboles de *P. discolor* y altura comercial, la cual se visualizó mediante el diagrama de dispersión de puntos Melo y Vargas (2003).

Se determinaron los estadísticos descriptivos relacionados con la media, mínimo, máximo, desviación estándar e intervalo de confianza con su límite inferior y superior al 95% de confiabilidad, así como un ANOVA de clasificación simple y pruebas de comparación de medias de Tukey al 95%, representado mediante diagramas de cajas que simbolizan la media global de cada parcela, para lo cual se empleó el SPSS ver. 22.0.

También como parte de la descripción vertical del bosque se determinó el valor fitosociológico de la especie en función de las especies asociadas. Para conocer la posición sociológica de cada una de las especies arbóreas se siguió la metodología de Finol (1976). Se asignó un valor fitosociológico a cada subestrato, el cual se obtuvo de dividir el número de individuos en el subestrato por el número total de individuos de todas las especies ($VF=n/N$), siendo:

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

Se calculó el valor absoluto de la posición sociológica de las especies a través de la suma de los valores fitosociológicos en cada substrato mediante el producto del VF del estrato, considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato:

$$PSa = VF(i) \cdot n(i) + VF(m) \cdot n(m) + VF(s) \cdot n(s)$$

Dónde:

PSa: Posición sociológica absoluta

VF: Valor fitosociológico del substrato

n: Número de individuos de cada especie

i: Inferior; m: medio; s: superior.

La estructura poblacional se determinó mediante la metodología de Sáenz y Finegan (2000) para estudios de la regeneración natural en bosques tropicales (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de la estructura poblacional para *P. discolor*

Fases de desarrollo	Altura (m)	Diámetro (cm)
Plántula	≤ 1,5	≤ 1,5
Juvenil	1,51 – 5,0	1,51 – 4,9
Juvenil adulto	5,1 – 9,9	5 – 9,9
Adulto	≥ 10	≥ 10

b. Estructura horizontal

Se realizó un histograma de frecuencia para tabular los datos obtenidos que describen la estructura diamétrica de la población natural de *P. discolor* a partir de la toma de diámetros mayores a 10 cm. La distribución de las clases diamétricas tuvo un rango de 5 cm. Se determinaron los estadísticos descriptivos (media, mínimo, máximo, desviación estándar e intervalo de confianza con su límite inferior y superior al 95% de confiabilidad), así como un ANOVA de clasificación simple y pruebas de comparación de medias de Tukey al 95%, para lo cual se empleó el SPSS ver. 22.0.

Se determinó el cociente de mezcla por clases diamétricas el cual expresa la homogeneidad o heterogeneidad de la composición florística del área inventariada, y se calculó dividiendo el número de especies entre el número de árboles o individuos, (Lamprecht, 1990). El

parámetro indica que cuanto más grande es el denominador, el bosque es más homogéneo y viceversa, cuanto más pequeño el bosque es más heterogéneo.

$$CM = N^{\circ} \text{ especies} / N^{\circ} \text{ árboles}$$

Se calculó el índice de valor de importancia ecológica de cada especie mediante la metodología de Melo & Vargas (2003) y Bascopé & Jorgensen (2005) para determinar el peso ecológico de las especies que conforman el bosque de regeneración natural (Alvis, 2009).

$$IVI = AR + DR + FR \quad (4)$$

Dónde:

AR: Abundancia relativa

DR: Dominancia relativa

FR: Frecuencia relativa

Se estimó la biomasa aérea de *P. discolor* a partir de la ecuación alométrica propuesta por Chave *et al.* (2005) para estimar contenido de biomasa aérea acumulada en madera

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

Dónde:

AGB es la biomasa en kg de masa seca.

ρ es la densidad específica de la madera en g/cm^3

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

Se utilizaron datos de densidad específica de madera propuesto por Chave *et al.*, (2009).

También como parte de la estructura horizontal se hicieron estimaciones de riqueza y diversidad a escala alfa y beta.

A escala alfa se determinó el índice de margalef, Shannon y equitatividad.

A escala beta se determinó el coeficiente de similitud de Jaccard, dendrograma jerárquico como método de clasificación y la curva de witakker.

Se determinó el índice de riqueza florística de Margalef, el cual se basa en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados (Margalef, 1995), mediante la siguiente expresión:

$$Dmg = S - 1 / \ln N$$

Dónde:

S= número de especies

N = número total de individuos

Se calculó el índice de Shannon el cual expresó la abundancia de especies, mediante la siguiente expresión (Margalef, 1995):

$$H' = - \sum p_i \cdot \ln p_i$$

Donde:

H' índice de Shannon. Toma valores desde 0 hasta 6

p_i = probabilidad de la especie i respecto al conjunto.

N_i = Número de individuos de la especie i

N = Número total de individuos de la muestra

Índice de equitatividad propuesto por (Margalef, 1995)

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

El coeficiente de similitud de Jaccard (Margalef, 1995) fue determinando mediante la siguiente expresión:

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

a= número de especies presentes en el sitio A

b= número de especies presentes en el sitio B

c= número de especies presentes en ambos sitios A y B

Se obtuvo el dendrograma jerárquico como método de clasificación que permitió el agrupamiento de las unidades muestrales en función de la abundancia de cada una de las especies presentes en los sitios de estudio.

Los índices mencionados hasta el momento a escala alfa y beta se obtuvieron mediante el apoyo del programa Biodiversity profesional cuya matriz de datos estuvo conformada por la matriz de especies y los sitios de estudio.

Además se construyó la curva de witakker a partir del ordenamiento de las muestras y el L_{npi} determinado a partir de la abundancia de *P. discolor* en cada una de las subparcelas de muestreo.

c. Distribución Espacial

Se realizó un análisis de correspondencia como método multivariado para determinar relación entre los sitios de estudio (parcelas) y la calidad de la regeneración natural de *P. discolor*. La calidad de la regeneración natural fue posible determinar mediante la transformación de los parámetros de estructura vertical, horizontal y patrones de distribución de la especie en variables cualitativas, las cuales fueron sumadas y ponderadas para establecer categorías de calidad del potencial de regeneración natural en alta, media y baja, procesado mediante SPSS ver. 22.0.

Se determinó el índice de Eberhardt de la población natural de *P. discolor* mediante la medición de dos distancias en cada punto seleccionado (desde el punto al árbol de la misma especie más próxima (X_i), de ésta a su vecino más próximo (Z_i), estableciendo la restricción de que el ángulo entre el punto aleatorio, la planta más próxima y su vecino sea mayor de 90°

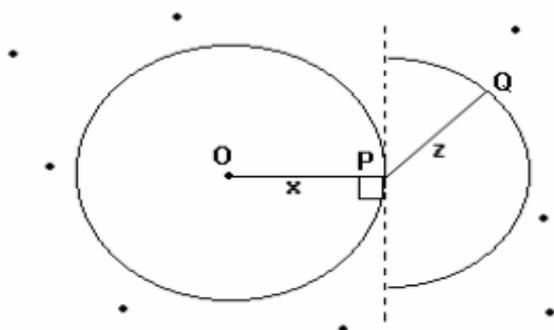


Figura 4. Método de distancias de árboles para el índice de eberhardt.

Se determinó la distribución de la población a partir del índice de Eberhardt (I_e) (Del Río et al., 2003) que utiliza el cociente de la media aritmética de las distancias al cuadrado (d_1) y el cuadrado de la media de las distancias (d_2) al vecino más próximo:

$$I_e = d_1^2 / d_2^2$$

- Si el índice es igual a 1,27 el patrón de distribución es aleatorio.
- Si es igual o mayor a 1,31 el patrón se definirá como agregado
- Si se encuentra en el intervalo 1,13 a 1,18 se declara un patrón de distribución regular o uniforme
- Si el índice se encuentra fuera de los límites señalados no se tendría decisión sobre el tipo de patrón espacial.

Se realizó además un análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA), como método de estadística multivariada, según lo sugerido por el programa ecológico CANOCO ver.5.0, para comprobar si existió correlación entre las unidades de muestreo y la abundancia de las especies inventariadas. Este análisis permitió determinar la distribución de las especies como información básica importante para definir estrategias que permitan mejorar el estado del bosque de regeneración natural.

3.5 Recursos Humanos y Materiales

Para la ejecución de este proyecto participaron un grupo de personas en la fase de campo y analítica, que vienen desarrollando actividades técnicas y científicas del Ministerio del Ambiente, así como el apoyo de Docentes del claustro de la maestría en Silvicultura y el director del proyecto de innovación.

Los materiales empleados para la ejecución logística y tangible del proyecto fueron GPS, machete, cinta métrica, cinta diamétrica, libreta de campo, hojas, bitácora, marcadores, fundas, balanza digital, marcadores, pintura y cinta adhesiva.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Estructura vertical de la regeneración natural de *P. discolor*.

4.1.1 Clases de altura y estratificación de los árboles

El análisis de la estratificación vertical en función de las clases de altura encontró una distribución irregular en la población de regeneración natural de *P. discolor* en cuanto al número de individuos por clases de altura (Figura 5). Las parcelas de muestreo estuvieron determinada por dos estratos, el inferior (≤ 10 m) y el intermedio (10,1 -20 m), siendo el intermedio el más representado con mayor distribución de individuos en la clase de 14,1 a 16 m. Esto reflejó la fisionomía característica de esta área dominada por regeneración natural de *P. discolor* con alturas de 4 hasta 18 m.

La alta densidad de individuos en los estratos medio e inferior concuerdan con lo reportado por diversos autores (Blaser y Camacho, 1991; Melo y Vargas, 2003, Cantillo *et al.*, 2004, Dueñas *et al.*, 2007), los cuales hacen referencia a una mayor cantidad de individuos en los estratos inferiores con un patrón característico determinado por una disminución progresiva en el número de individuos a medida que aumenta la altura. Las diferencias observadas en las clases de altura reflejan la fisionomía característica del bosque en fase de desarrollo.

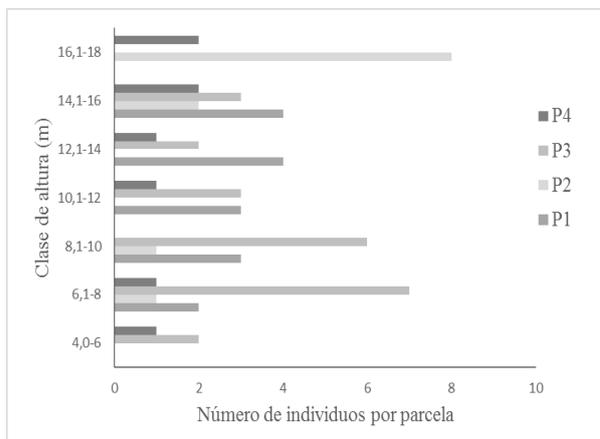


Figura 5. Clases de altura de la población.

Se comprobó mediante el diagrama de dispersión que la altura comercial (AC) es un buen predictor de la altura total (AT), ajustado a un modelo de regresión lineal con un coeficiente de correlación de 52% (Figura 6). Se comprobó que existe una estructura regular, siendo un patrón característico de la regeneración natural en bosques de sucesión temprana manifestándose con un crecimiento homogéneo.

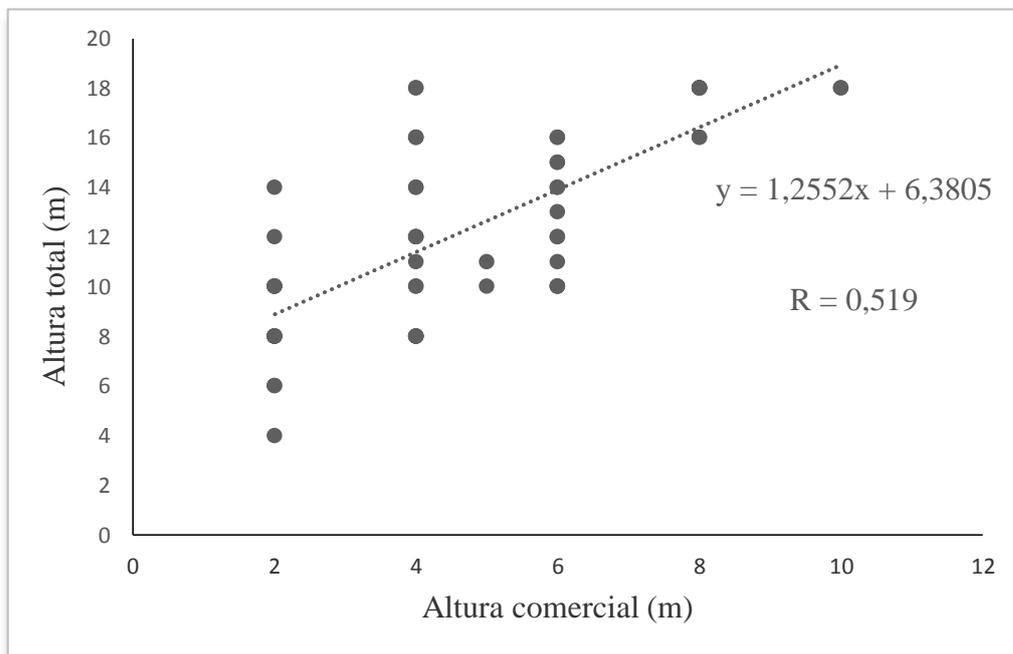


Figura 6. Diagrama de dispersión que muestra la relación de la altura total con la altura comercial de los árboles de *P. discolor* presentes en las parcelas de cultivos abandonados.

Los estadísticos descriptivos (mínimo, máximo, media, desviación estándar e intervalo de confianza) de la variable altura de los árboles de la población natural de *P. discolor* reflejó niveles de variación entre las parcelas de muestreo con una altura mínima de 4 m y máxima de 18 m (Tabla 2).

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de la altura total de los árboles *P. discolor*

Parcelas	Mín	Máx	Media	Desv. Est.	Intervalo de confianza	
					L.I	L.S
1	8,0	15,0	11,60	2,26	10,35	12,85
2	8,0	18,0	16,10	3,46	13,97	18,36
3	6,0	16,0	10,43	3,07	9,10	11,76
4	4,0	18,0	13,25	5,00	9,06	17,44

Se comprobó mediante el ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey al 95% (Tabla 3), representados en el diagrama de caja (Figura 7 a,b) que existen diferencias significativas ya que $p < 0.05$ entre la altura total y comercial de los árboles regenerados de *P. discolor* en las parcelas de estudio. La altura total fue significativamente superior en la parcela 2 e inferior en la parcela 3, y la altura comercial resultó similar con valores inferiores en la parcela 3.

Tabla 3. ANOVA de clasificación simple para las variables altura total y comercial

		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
Altura total	Entre grupos	273,995	3	91,332	8,410	0,000
	Dentro de grupos	586,419	54	10,860		
	Total	860,414	57			
Altura comercial	Entre grupos	63,385	3	21,128	5,181	0,003
	Dentro de grupos	220,201	54	4,078		
	Total	283,586	57			

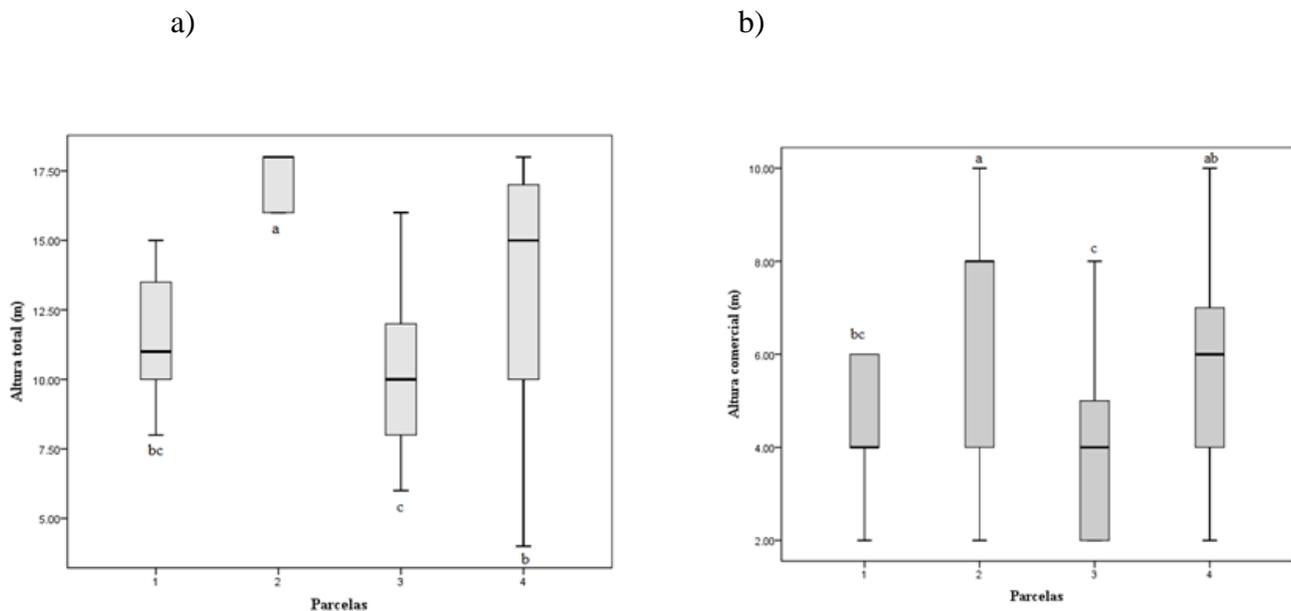


Figura 7. a,b. Diagrama de cajas que representa los valores medios y la significación de la variable altura total y comercial en las parcelas de estudio.

Leyenda: Letras desiguales difieren significativamente mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 95%.

4.1.2 Valor fitosociológico de la especie *P. discolor*

El valor fitosociológico de la especie *P. discolor* determinado en función del número de individuos de cada sustrato y el número total de individuos de todas las especies del inventario florístico resultó con un valor superior para el estrato intermedio como reflejo de una mayor contribución de árboles en este sustrato (Tabla 4). La relación desproporcionada encontrada entre el número de individuos de los tres sustratos es indicador de un patrón de distribución vertical discontinuo, representativo de especies que se encuentran sociológicamente en retroceso y con bajo potencial reproductivo, sin embargo en las parcelas de estudio es muy prematuro considerar que las especies presentan este criterio ya que se trata de un área de regeneración natural a partir de cultivos abandonados en la parroquia 10 de Agosto, lo cual es característico de un proceso de sucesión ecológica secundaria en edades tempranas donde la especie aún no ha alcanzado todas sus categorías de desarrollo.

Estudios realizados sobre sucesiones ecológicas en bosques tropicales reportan que el tiempo de recuperación de la vegetación una vez que ha sido destruida es muy largo dependiendo de las especies (heliófitas efímeras, heliófitas durables y esciófitas) (Granda, 2015; Miranda *et al.*, 2018; Sirombra, 2018; Rodríguez, 2019; López *et al.*, 2019; Avella *et al.*, 2019). La especie *P. discolor* es una especie heliófila nativa de la Amazonía con predominancia en bosques secundarios (González *et al.*, 2018) por lo que tiene la capacidad de colonizar los espacios abiertos, pero aún no se encuentran árboles ocupando el estrato superior de este bosque. La posición sociológica absoluta fue de 25,6 con valores muy superiores para la especie en estudio. El 68% del área estuvo ocupado por regeneración natural de la especie *P. discolor* como indicador de su alta capacidad para ocupar estos espacios.

Es notorio resaltar que una especie tiene su lugar fortalecido en la estructura vertical del bosque cuando se encuentra representada en los tres substratos, por el contrario, su presencia en la etapa climáxica será dudosa (Acosta *et al.*, 2006).

Tabla 4. Valor fitosociológico de la especie *P. discolor*

Estratos	Ni	Vf	ni*Vfi	Psa
Inferior ($h \leq 10m$)	24	0,30	7,2	
Medio ($h_{10,1} \geq 20m$)	33	0,56	18,46	25,66
Superior ($h \geq 20,1m$)	0	0	0	

4.1.3 Clases de desarrollo de la población natural de *P. discolor*

Las categorías de desarrollo determinadas en función de la altura total de los árboles de la población natural de *P. discolor* resultó con mayor representación en la categoría adulto ($h \geq 10$ m), le sigue en orden representativo el juvenil adulto (h 5 - 9,9 m), ambas categorías con una alta proporción en todas las parcelas de muestreo. La categoría plántula ($h \leq 1,5$ m) no estuvo representada en ninguna de las unidades de muestreo y la juvenil (h 1,6 a 5 m) estuvo de forma muy escasa en la parcela 4 (Tabla 5). La nula presencia para la categoría plántula, escasa para juvenil y elevado para juvenil adulto y adulto obedece al acelerado ritmo de

crecimiento de esta especie que en las condiciones ecológicas del sitio de estudio donde predomina alta luminosidad con espacios abiertos posibilita que la especie se desarrolle con un crecimiento adecuado. González *et al.*, (2018) refieren que las especies heliófilas efímeras, en sitios abiertos, presentan un crecimiento rápido y tienen una vida relativamente corta (10 - 15 años).

La estructura por estado de desarrollo de la población de *P. discolor* en las cuatro parcelas de muestreo muestra la inexistencia de una secuencia demográfica creciente en el crecimiento vertical de los individuos de la especie al reducirse el número de juveniles, con lo cual se afectarían las tasas de reclutamiento (inclusión de nuevos individuos a la población según Clark *et al.*, (1999) a las clases de edades superiores.

En este sentido Primack *et al.*, (2001) exponen que una población típicamente estable posee una distribución de edades con una relación característica de juveniles, adultos jóvenes y adultos viejos, o sea la ausencia o baja representatividad de cualquier clase de edad, especialmente juveniles, señala hacia potenciales poblaciones en contratación o decline, mientras que un número mayor de juveniles y adultos jóvenes puede ser indicativo de una población estable e incluso en expansión.

Tabla 5. Clases de desarrollo de la regeneración natural de *P. discolor*

Categoría	P1	P2	P3	P4	Número total de individuos
Plántula	0	0	0	0	0
Juvenil	0	0	0	1	1
Juvenil adulto	2	1	8	1	12
Adulto	13	11	14	6	44

4.2 Estructura diamétrica de la regeneración natural de *P. discolor*

Los parámetros dasométricos de la especie *P. discolor* reportaron buen incremento de área basal y volumen comercial aun cuando se trata de una masa de vegetación joven en estado de desarrollo como indicador de su buena productividad en estos sitios (Tabla 6). La densidad arbórea fue adecuada. Estos resultados son similares a los obtenidos por González, (2018).

Tabla 6. Parámetros dasométricos y densidad de *P. discolor*

Especie	Área basal (cm ²)	Densidad arbórea (Individuos/ha)	Volumen comercial (m ³)
<i>P. discolor</i>	308,53	58 x 0,16ha	35,59

La estructura diamétrica o etárea de la población de *P. discolor* (Figura 8 a, b, c, d, e) se presentó de forma irregular en las cuatro parcelas de muestreo y en el área total, como reflejo de una alta variación en las categorías de crecimiento de los árboles de *P. discolor*, evidenciando un patrón contrastado con la estructura de los bosques naturales donde se evidencia la distribución en forma de jota invertida mientras en la población de esta especie se presentan clases diamétricas con ausencia total de individuos o baja presencia.

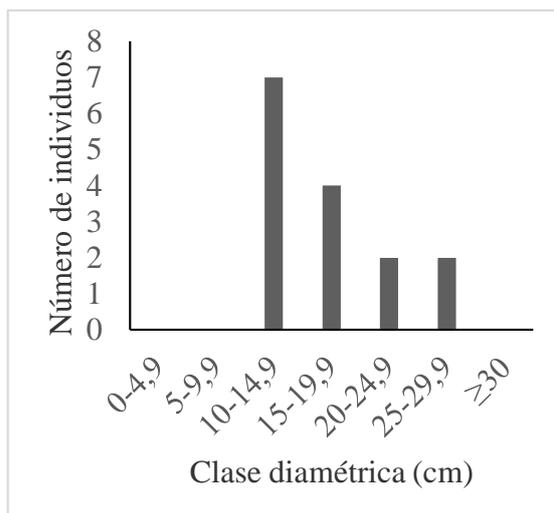
La distribución diamétrica de la vegetación que se asemeja a la forma típica de una Jota invertida, representativa de un bosque natural ha sido descrita por Lamprecht (1990); Sidoruk (2000); Duena *et al.*, (2006) y García *et al.*, (2016). Esta estructura permite asegurar la viabilidad de las poblaciones de las especies, ya que Garzón (2001) y Tenorio *et al.*, (2009) informan que, con el tiempo, la regeneración pasa a ocupar las clases diamétricas mayores, renovando así las poblaciones.

La distribución diamétrica de la población en estudio resultó característica de un bosque de regeneración natural donde prevalece la sucesión ecológica. Las irregularidades en la frecuencia de las clases diamétricas representadas en los histogramas sugieren cierto desequilibrio entre la mortalidad y el reclutamiento como bien determinaron Pereira y Lima (2010) para varias especies arbóreas del bosque cerrado brasileño de Goiás.

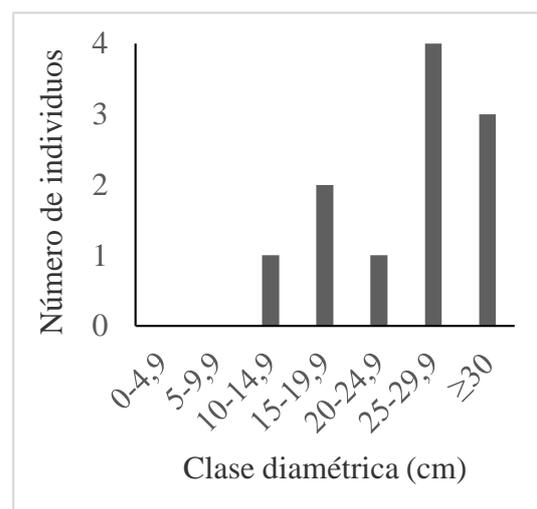
La interpretación de los diámetros puede indicar posibles perturbaciones pasadas, naturales o antrópicas como consecuencia de cambios de uso del suelo, talas y prácticas de extracción de recursos. Estos eventos aparecen como interrupciones en los histogramas, indicando que el ciclo de vida de la especie no se está completando (Felfili y Silva, 1988). Siendo así las oscilaciones de las clases diamétricas de *P. discolor* sugieren un aumento del número de individuos en las clases superiores, lo que al parecer está relacionado con el ritmo de crecimiento de esta especie.

También Carreón *et al.*, (2014) reportaron mayor concentración de individuos en las clases diamétricas superiores, asociado a la existencia de condiciones ecológicas que estimulan la regeneración y la alta capacidad de recuperación de la vegetación secundaria neotropical, sobre todo si las fuentes de propágulos están cercanas y la intensidad en el uso del suelo no es severa.

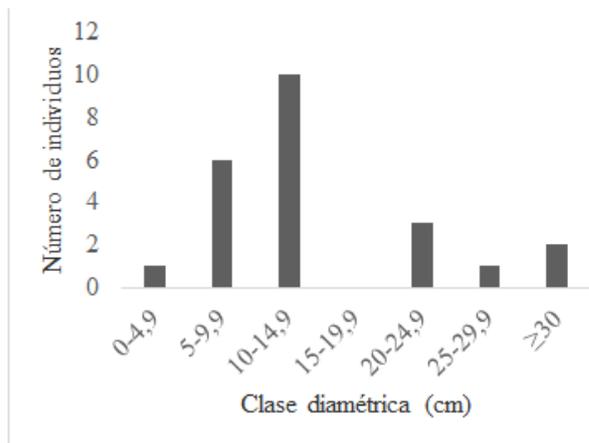
a)



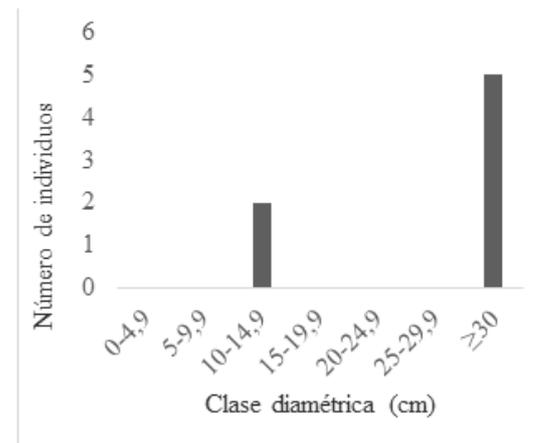
b)



(c)



d)



e)

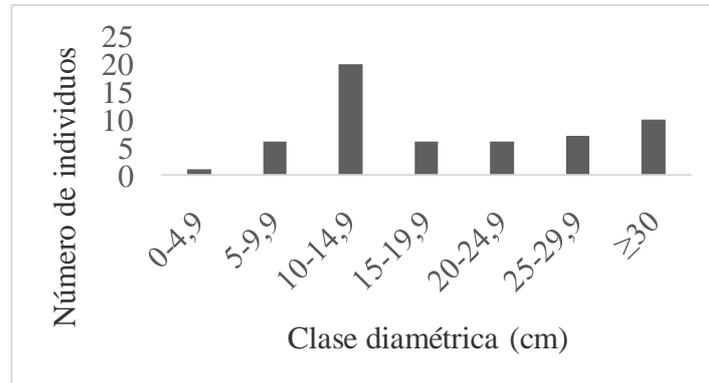


Figura 8 Distribución de clases diamétricas de *P. discolor* por parcelas y total (a) parcela 1, (b) parcela 2, (c) parcela 3, (d) parcela 4 y (e) área total.

Los estadísticos descriptivos (mínimo, máximo, media, desviación estándar e intervalo de confianza) de la variable diámetro de los árboles de la población natural de *P. discolor* reflejó altos niveles de variación entre las parcelas de muestreo con un diámetro mínimo de 4 cm y máximo de 35 cm (Tabla 7).

Tabla 7. Estadísticos descriptivos de los diámetros de los árboles de *P. discolor*

Parcelas	Mín.	Máx.	Media	Desv. Est.	Intervalo de confianza	
					L.I	L.S
1	11	32	16,83	5,57	13,29	20,39
2	10	35	24,91	7,13	20,39	29,44
3	4	35	12,00	7,92	8,57	15,42
4	10	35	25,00	9,69	16,89	33,10

Se comprobó mediante el ANOVA y prueba de comparación de medias de Tukey al 95% (Tabla 8), representados en el diagrama de caja (Figura 9) que existen diferencias significativas ($p \geq 0,05$) entre el diámetro de los árboles. El diámetro fue significativamente superior en la parcela 1, 2 y 4 e inferior en la parcela 3. Esto denota que la parcela 3 presentó

menor estructura diamétrica debido a la mayor presencia de pastos y otras especies. Estos resultados pudieran indicar que se trata de una masa de bosque secundario de regeneración natural con diferentes edades. González *et al.*, (2018) refieren que es interesante observar cómo varía el diámetro y la altura del crecimiento del árbol según su edad a medida que transcurre el tiempo. Estos autores demostraron que a partir del sexto año de crecimiento, el árbol de *P.discolor* alcanza una altura de 25,32 m y un diámetro promedio de 19,74 cm., lo que se convierte en una fuente de biomasa de 542,180 kg por árbol.

Tabla 8. ANOVA de clasificación simple para la variable diámetro

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Entre grupos	1807,344	3	602,448	10,449	0,000
Dentro de grupos	2940,583	51	57,658		
Total	4747,927	54			

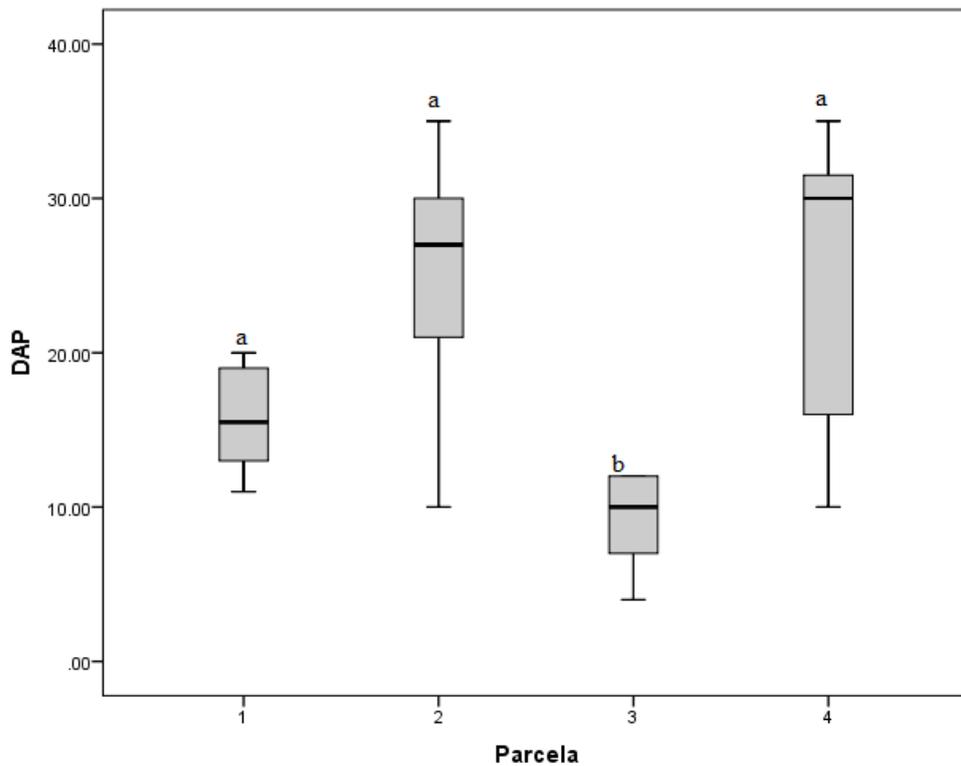


Figura 9. Diagrama de cajas que representa los valores medios y la significación de la variable diámetro en las parcelas de estudio.

Leyenda: Letras desiguales difieren significativamente mediante la prueba de comparación de medias de Tukey al 95%.

El cociente de mezcla resultó con una proporción superior en la clase diamétrica de (25-29,9 cm), lo cual indicó que por cada cuatro individuos es posible encontrar una especie diferente con una distribución de especies e individuos por clases diamétricas de forma heterogénea (Tabla 9). Este parámetro que describe la estructura horizontal permitió tener una idea de la intensidad de mezcla en el proceso de regeneración natural, es decir, la forma como se distribuyen los individuos de las distintas especies dentro del bosque de *P. discolor* en función de las clases diamétricas.

Estos resultados se corresponden con lo reportado por Lamprecht (1990), que señala que en bosques amazónicos el cociente de mezcla varía en una proporción de 1:3 y 1:4.

Tabla 9. Cociente de mezcla por clases diamétricas

Clase diamétrica(cm)	Número de especies	Número de individuos	Cociente de mezcla
0-4,9	1	1	1:1
5-9,9	5	6	1:2
10-14,9	7	20	1:3
15-19,9	2	6	1:3
20-24,9	6	6	1:1
25-29,9	2	7	1:4
≥30	3	10	1:3

4.3 Valor de importancia ecológica relativo de *P. discolor* y especies asociadas a la regeneración natural

Conforme el índice de valor de importancia ecológico calculado (IVI), la vegetación se caracterizó heterogénea y pobre en especies (Tabla 10) con mayor peso ecológico determinado por la sumatoria de los parámetros fitosociológicos abundancia, dominancia y frecuencia relativa la especie *P. discolor* con un valor de 23, 28. Es notable como la representatividad de especies que comparten el valor ecológico de la población de regeneración natural está dominada por especies de frutales y algunas pioneras que tienen la característica de colonizar hábitat perturbados, propias del estado de sucesión al cual se encuentra sometida esta área.

El peso ecológico de las especies con $d_{1,30} > 10$ cm resultó con valores diferentes y reflejó que las especies más dominantes son a su vez las más abundantes y frecuentes. La baja participación de las especies, de acuerdo a los parámetros fitosociológicos, las

convierte en vulnerable ante disturbios antrópicos muy frecuentes en la zona tales como uso de recursos naturales y cambios de uso del suelo.

En estudios de bosques naturales amazónicos ha sido reportado como elemento preocupante la posición ecológica que ocupa *P. discolor*, especie pionera de bosque secundario, típica de la sucesión ecológica (Patiño *et al.*, 2015; Villacis *et al.*, 2017; Torres *et al.*, 2019;). En la presente investigación se trata de un bosque de regeneración natural cuya especie se destaca por su alta capacidad de aflorar sitios con claros donde abunde la luz.

Esta variación en los patrones estructurales del ecosistema resulta interesante para orientar acciones a favor de la recuperación de áreas degradadas que hayan sufrido cambios de uso del suelo.

Tabla 10. Valor de importancia ecológica relativa de las especies asociadas al bosque de *P. discolor*

Nombre común	Nombre Científico	AR	FR	DR	IVI
Pigue	<i>Pictocoma discolor</i>	42,96	10,81	16,07	23,28
Guarumo	<i>Cecropia sciadophylla</i>	20,00	10,81	3,98	11,60
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i>	7,41	8,11	13,11	9,54
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	11,11	8,11	4,48	7,90
caraguasca	<i>Trema integerrima</i>	2,22	8,11	10,47	6,93
Guarango	<i>Parkia spp.</i>	0,74	2,70	16,36	6,60
Chonta	<i>Bactris spp</i>	1,48	8,11	6,91	5,50
Chirimoya	<i>Annona spp.</i>	2,96	8,11	5,25	5,44
Guabo	<i>Inga spp</i>	2,96	8,11	3,89	4,99
Cedrillo	<i>Guarea spp.</i>	0,74	2,70	6,91	3,45
Achotillo	<i>Vismia baccifera</i>	1,48	5,41	2,62	3,17
Colca	<i>Miconia sp.</i>	2,22	5,41	1,64	3,09
Mindal	<i>Simira cordifolia</i>	0,74	2,70	2,62	2,02
Guaba	<i>Inga spp</i>	0,74	2,70	2,62	2,02
Canelo	<i>Ocotea spp</i>	0,74	2,70	1,02	1,49
lengua vaca	<i>Myrsine spp.</i>	0,74	2,70	1,02	1,49
Calum	<i>Hyeronima alchorneoides</i>	0,74	2,70	1,02	1,49

4.4 Potencial de biomasa de *P. discolor*

La biomasa área acumulada (AGB) para cada una de las parcelas de estudio osciló en un rango 0,685 a 4,753 Mg/ha y una biomasa total para la especie de 11,826 Mg/ha (Tabla 11). Estos resultados reflejaron variaciones en la biomasa evidenciando una mayor acumulación de biomasa en P2 y P4, lo cual reflejó modificaciones en el potencial de biomasa como reflejo del propio estado de desarrollo que presentó el bosque regenerado de *P. discolor* en cada subparcela de muestreo. Los valores obtenidos por AGB corresponden con Keeling y Phillips (2007).

Tabla 11. Biomasa aérea acumulada en poblaciones naturales de *P. discolor*

Parcela	Biomasa (Mg)	Biomasa (Mg/ha)
P1	0,168	1,680
P2	0,471	4,708
P3	0,068	0,685
P4	0,475	4,753
Total	1,182	11,826

4.5 Riqueza y diversidad de especies a escala alfa y beta

Los estimadores utilizados para medir la diversidad del área de bosque de regeneración natural a escala alfa mediante el índice de Shannon (H), equidad (J) y margalef (M) resultaron con valores similares en cada sitio de muestreo. La riqueza y diversidad de especies fue baja en todas las subparcelas y de forma global con poca desviación estándar (Tabla 12), lo cual pudiera ser motivo de la alta dominancia de la especie *P. discolor* en el área de estudio, ya que esta especie tiene el carácter de colonizar áreas perturbadas.

Tabla 12. Índice de riqueza y diversidad de especies a escala alfa

Parámetros	P1	P2	P3	P4	Media y desviación
H	0,68	0,86	0,52	0,76	0,70 ± 0,14
Hmax	0,95	1,08	0,84	0,90	0,94 ± 0,10
J	0,71	0,82	0,61	0,84	0,70 ± 0,11
M	11,18	10,20	10,28	10,36	10,50 ± 0,45

La diversidad de especies a escala beta calculada a través del coeficiente de similitud de Jaccard demostró mediante la ausencia y presencia de los individuos en cada unidad de muestreo que las parcelas que mayor similitud presentaron fueron P2 y P4, con un 70% de similitud en la composición de la vegetación y entre P2 y P3 la similitud fue inferior con 32% de semejanzas. En las submuestras donde la similitud fue alta indicó que existen muchas especies compartidas entre los sitios y donde la similitud fue baja es escasa la cantidad de especies comunes. De forma global se puede inferir que en todas las muestras existe alta similitud entre los sitios de muestreo mediante la diversidad a escala beta determinada por el grado de cambio o reemplazo en las especies (Tabla 13).

Tabla 13. Coeficiente de similitud de Jaccard entre las subparcelas de muestreo

	P1	P2	P3	P4
P1		0,57	0,37	0,58
P2			0,32	0,70
P3				0,53
P4				

A partir de las medidas de Bray-Curtis el dendrograma jerárquico, con un 55% de similitud en la abundancia de especies permitió la identificación de dos grupos de vegetación dentro del bosque de regeneración natural de *P. discolor* (Figura 10), cuya vegetación es diferenciable por su fisionomía, estructura y por la presencia de especies pioneras que ocupan las áreas donde la exposición de luz es más acentuada. El primer grupo

ecológico estuvo conformado por P1, P2 y P4 todos con ciertas semejanzas entre ellos y el otro grupo compuesto por P3, este último grupo caracterizado por la presencia de especies de menor porte diamétrico y menor altura, aunque estas variaciones fueron pocas.

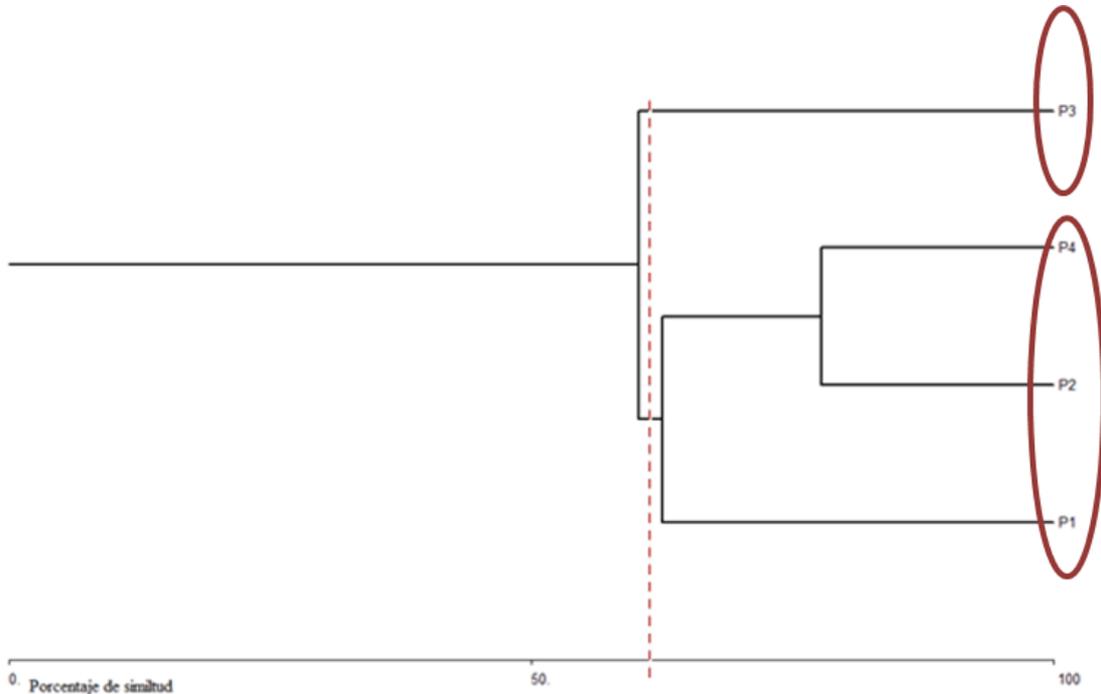


Figura 10. Dendrograma jerárquico según las medidas de Bray-curtis para el agrupamiento de las unidades de muestreo de acuerdo a la abundancia de especies.

Los resultados obtenidos a través de la curva de witakker mediante la transformación de la abundancia de especies en $\ln P_i$ que expresa la proporción que representa cada especie en el bosque de regeneración natural permitió definir a nivel de subparcelas donde se presentaron las condiciones más favorables para el desarrollo de *P. discolor* (Figura 11).

La pendiente más pronunciada como es el caso de P3 es un reflejo de condiciones más desfavorables para el desarrollo de la especie y pendiente más suave como se presenta en P4 es indicador de condiciones más favorables para la especie.

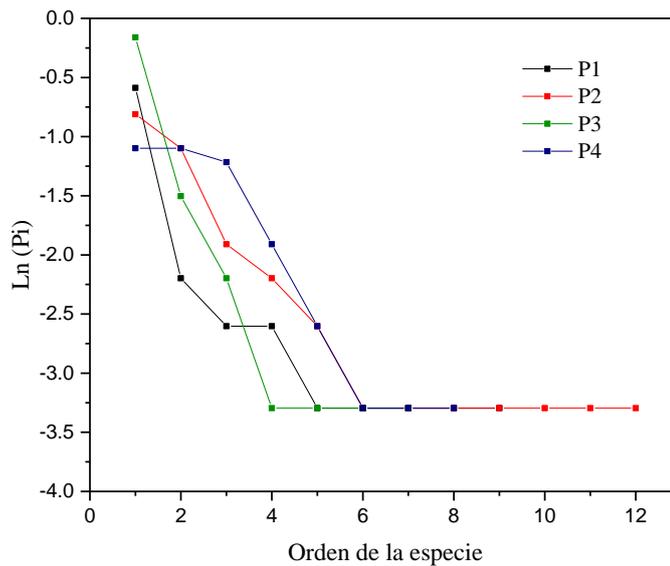


Figura 11. Curva de wittaker que representa la abundancia proporcional de *P. discolor* en las subparcelas de muestreo.

4.6 Relación de las subparcelas de muestreo con la estructura de la regeneración natural de *P. discolor*

Como parte de los métodos multivariados el análisis de correspondencia empleado permitió validar que los sitios de muestreo de manera global no ejercen un efecto significativo en la estructura y calidad de la regeneración natural del *P. discolor*.

La calidad de la regeneración natural en cada subparcela estuvo conformado por la sumatoria de los valores obtenidos en las clases de desarrollo, estructura altimétrica, diamétrica y abundancia de la especie de *P. discolor* evaluada mediante categorías alta, media y baja.

El análisis de correspondencia mostró una correlación no significativa ($p \geq 0,05$) entre los sitios que determinan el ambiente donde se desarrolla la especie en el bosque de regeneración natural y la calidad de la regeneración, con valores de inercia menores que 1 y un valor de chi cuadrado de 8,667 como reflejo de la baja correlación existente (Tabla 14). Las dimensiones

analizadas (sitio y categoría de regeneración natural son representadas mediante el diagrama de distribución espacial (Figura 12).

Tabla 14. Valores del análisis de correspondencia entre los sitios y la categoría de regeneración natural

		Proporción de inercia		Valor singular de confianza			
Dimensión	Valor singular	Inercia	Chi cuadrado	Sig.	Contabilizado para	Desviación Acumulado estándar	Correlación
1	0,797	0,635			0,879	0,879	0,154
2	0,296	0,088			0,121	1,000	0,296
Total		0,722	8,667	0,193 ^a	1,000	1,000	

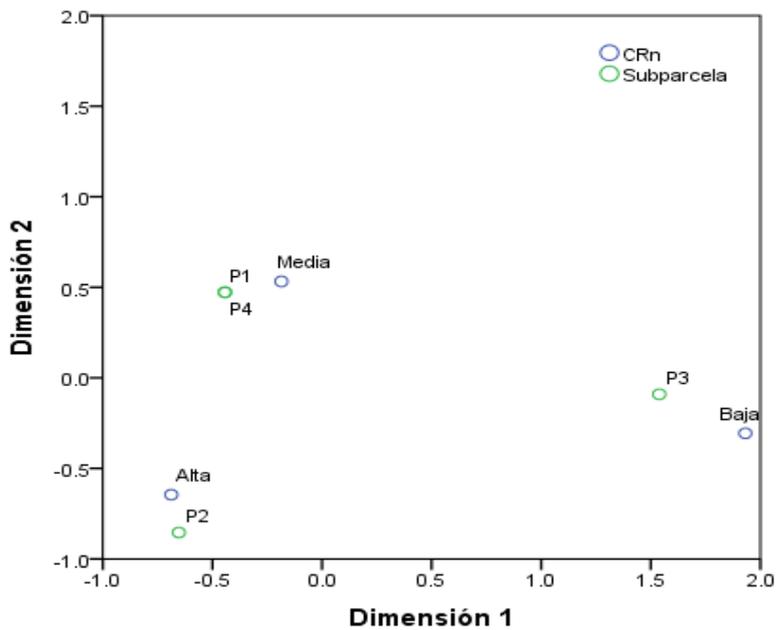


Figura 12. Distribución espacial en dos dimensiones del análisis de correspondencia.

4.7. Patrón de distribución espacial de la regeneración natural de *P. discolor*

El índice de Eberhardt (Ie) para la población de regeneración natural de *P. discolor* (Tabla 15) en función del cociente de la media aritmética de las distancias al cuadrado y el cuadrado de la media de las distancias al vecino más próximo (Figura 13) resultó con un valor de 2,72 resultando el $Ie \geq 1,31$ por lo que el patrón de distribución espacial de esta especie se definirá como agregado. Este tipo de distribución resulta la más frecuente en la naturaleza y obedece a la dispersión heterogénea de los recursos en el medio y a la tendencia social de ciertas especies a agruparse.

Tabla 15. Índice de eberhardt (ie) para la población de regeneración natural de *P.discolor*

Puntos	Xi	Zi	Xi²	Zi²	Ie
1	1,2	5	1,44	25	
2	2,5	8	6,25	64	
3	3	10	9	100	
4	4	5	16	25	
5	3	3	9	9	
6	6	7	36	49	
7	4	5	16	25	
8	3	10	9	100	
9	10	12	100	144	
10	4	12	16	144	
11	2,5	2,5	6,25	6,25	
12	1,5	2	2,25	4	
13	1,2	2,3	1,44	5,29	
14	1,2	9	1,44	81	
15	2,5	1,2	6,25	1,44	
16	8	6	64	36	2,72
Σ			300,32	818,98	
X			18,77	51,19	



Figura 13. Imagen que muestra el método de campo empleado para obtener los puntos del vecino más cercano y el ángulo de 90° .

El diagrama de ordenación obtenido mediante el análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA) (Tabla 16, Figura 14) describió un patrón de distribución espacial determinado por la abundancia de especies y las subparcelas de muestreo, el cual resultó con una alta correlación entre estos.

El segundo eje fue capaz de explicar el 62,86% de la varianza total explicada. Se comprobó que muchas especies presentaron tendencias a distanciarse en cuanto a la abundancia por sitios. En el caso de la especie *P. discolor* es apreciable su alta contribución a la abundancia de especies con una distancia marcada en las subparcelas de muestreo como reflejo de su predominio en todas las unidades muestrales, lo que denota su elevada distribución en el bosque de regeneración natural.

Tabla 16. Análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA)

Variación total	0,587		
Estadística	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Valores propios	0,2521	0,1169	0,0085
Variación explicada (acumulativa)	42,95	62,86	64,31
Longitud del gradiente	2,98	2,90	1,33

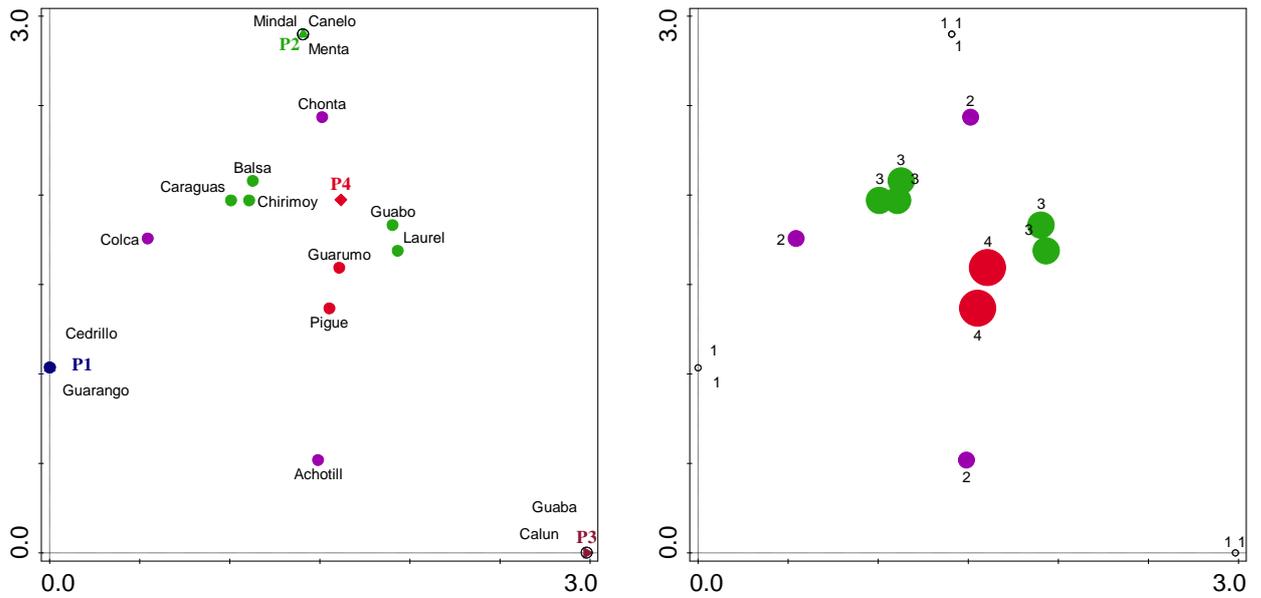


Figura 14. Ordenación de la distribución espacial de las especies y las parcelas.

CONCLUSIONES

- La población de regeneración natural de *P. discolor* en la parroquia 10 de agosto presentó una estructura vertical caracterizada por su diferenciación en las clases de altura con valores de 4 a 18 m, con un patrón de distribución vertical discontinuo como resultado de su ausencia en los tres sustratos y predominio de estados juveniles y adultos en las clases de desarrollo, siendo nulo la presencia de plántulas.
- La estructura diamétrica reflejó escasa representación de la especie en algunas clases, con diámetro entre 4 y 35 cm. *P. discolor* fue la de mayor valor ecológico con alta proporción en los parámetros fitosociológicos indicador de su presencia en las parcelas de estudio y el potencial de biomasa fue similar en las parcelas.
- Se comprobó ligeras variaciones en las subparcelas de muestreo en relación a la estructura vertical y horizontal, lo cual se reflejó en la formación de dos grupos de vegetación conformados por P1, P2 y P4 y el otro por P3 donde al parecer este último resulta con condiciones más desfavorables para el desarrollo de la especie.
- La población de *P. discolor* reportó un índice de Eberhat de 2,72 que indica un patrón de distribución agregado como indicador de su dispersión heterogénea, aspecto clave para la toma decisiones en relación al manejo silvícola de la especie.
- El análisis de correspondencia canónica sin tendencia (DCA) describió un patrón de distribución espacial determinado por la abundancia de especies con una alta correlación, comprobando que la especie *P. discolor* presenta una distancia marcada en las subparcelas, lo que denota su elevada distribución en el bosque de regeneración natural.

RECOMENDACIONES

- A partir de la información obtenida sobre la estructura y potencial de regeneración natural de la población de *P. discolor* se sugiere socializar dichos resultados con los productores de la zona para la búsqueda de alternativas de manejo silvícola.
- Continuar con los estudios de regeneración natural en otras áreas de bosque secundario y ampliar áreas de muestreo para mayor efectividad en la toma de decisiones en relación al manejo de *P. discolor*.
- Para propiciar el establecimiento del bosque secundario en pastizales degradados, debe brindarse información necesaria al propietario acerca de los beneficios económicos, ambientales y sociales lo que facilite el aprovechamiento y manejo sostenible de este importante recurso natural.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegría, M. W. (sf). Dinámica de la Regeneración Natural en claros y frecuencia de claros en bosques de terraza baja, Iquitos.
- Alvis, G.J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popayán. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol 7 No. 1
- Acosta, V., Araujo, P., Iturre, M., (2006). Caracteres estructurales de las masas. Serie didáctica.
- Avella, A., García, N., Fajardo-Gutiérrez, F., & González-Melo, A. (2019). Secondary successional patterns in an inter-andean tropical dry forest of Colombia: implications for ecological restoration. *Caldasia*, 41(1), 12.
- Blaser, J., Camacho, M. (1991). Estructura, composición y aspectos silviculturales de un bosque de roble (*Quercus* spp.) del piso montano en Costa Rica. CATIE.
- Brokaw n. V., 1982. Structure and history of the vegetation of Barro Colorado Island. In: *The ecology of a tropical forest: seasonal rythms and long-term changes*.
- Carreón, R. J., y Valdez, J. I. (2014). Estructura y diversidad arbórea de vegetación secundaria derivada de una selva mediana subperennifolia en Quintana Roo. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(1), 119-130.
- Chave, J; Andalo, C.; Brown, S.; Cairns M. A.; Chambers, J.Q.; Eamus, D. & Lescure, J. P. (2005). Tree Allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecología*, (1), 87-99.
- Cantillo, E., Avella, A., Rodríguez, K., (2004). Diversidad y caracterización florística estructural de la vegetación arbórea de la Rserva Forestal Cárpatos, Guasca, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal*. 8, 5-21.

- Clark, J. S.; Beckage, B.; Camill, P.; Cleveland, B.; Hillerislammers, J.; Lichter, J.; Mclachlan, J.; Mohan, J. y Wyckoff, P. 1999. Interpreting recruitment limitation in forests. *American Journal of Botany* 86 (1): 1-16.
- Dueñas, A., Betancur, J., Galindo, R., (2007). Estructura y composición florística de un bosque húmedo tropical del parque nacional natural Catatumbo Barí, Colombia. *Colombia Forestal*. 10, 26-39.
- De la Torre, L. (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Quito, Ecuador.
- de las Salas, G. (2002). *Los bosques secundarios de America Tropical: perspectivas para su manejo sostenible*. Bogota.
- Dezzeo, N. (2014). *Especies forestales nativas de la Amazonía ecuatoriana con potencial para uso en sistemas agroforestales*. Caracas.
- Felfili, J. M. y Silva J., M. C. 1988. Distribuição dos diâmetros numa faixa de cerrado na Fazenda Água Limpa (FAL) em Brasília, DF. *Acta Botanica Brasilica* 2: 85-104.
- Tenororio M., C. Solano D., J. y Castillo U., M. 2009. Evaluación de la composición florística y estructural en un bosque primario intervenido en la zona norte de Costa Rica. *Revista Forestal Kurú*. 6(16): 1-6.
- Forero, D. (2018). *La cooperación internacional en la conservación del medio ambiente amazónico*.
- Granda Moser, V. A. (2015). *Caracterización ecológica y del potencial forestal de bosques secundarios en la Península de Nicoya, Costa Rica, y sus relaciones con factores ambientales*.
- Granda, M., y Yáñez P. 2017. Estudio sobre la percepción de los beneficios del programa socio bosque en la región amazónica ecuatoriana, *La Granja* Vol.26 no.2 Cuenca sep./feb. 2017.

- Garzón H., E. 2001. Estudio poblacional de guayacán real (*Guaiacum sanctum* L.) en el Parque Nacional Palo Verde y en Las Delicias de Garza, Guanacaste. 89 h. Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias Ambientales). Escuela de Ciencias Ambientales. MX.
- González, J. E., Papue, A., González, V., Borja, A., & Oliva, D. (2018). Crecimiento y conservación del *P. discolor* (Pigüe) en la Provincia de Pastaza–Ecuador. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*, 6(3), 366-379.
- Josse, C. (2003). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Keeling, H.C. & Phillips, O.L. (2007). The global relationship between forest productivity and biomass. *Global Ecology and Biogeography*, 16(5), 618-631.
- García, Y., Torres, Y.A., Guerrero, J., González, O., Gaibor, C.S., Jara, M., (2016). Efecto de la extracción de arena sílice en la estructura y composición de especies de dos sitios de bosques de pinares de la región occidental de Pinar del Río. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*. 5, 218-232.
- 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-. Ed: Cooperación Técnica. República Federal de Alemania. 335 p.
- Linares Prieto R. 1997. Bases ecológicas para la silvicultura del bosque natural estudio de caso del catival (*Prioretum copaiferae*). *Revista Colombia Forestal*.
- López-Jiménez, L. N., Durán-García, R., & Dupuy-Rada, J. M. (2019). Estructura, diversidad y composición. *Madera y Bosques*, 25(1), e2511587.
- Leigue Gómez, J. W. 2011. Regeneración natural de nueve especies maderables en un bosque intervenido de la Amazonia Boliviana. *Revista Acta Amazónica*. Beni – Bolivia.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales. Interciencia.

- Ministerio del Ambiente. (2004). Normas para el Aprovechamiento de plantaciones forestales y de árboles en sistemas agroforestales. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2013) Manual de Inventarios, Evaluación Nacional Forestal
- Ministerio del Ambiente. (2014). Evaluación Nacional Forestal. Quito.
- Ministerio del Ambiente. (2018). Estadísticas del Patrimonio Natural del Ecuador Continental. Estadísticas del Patrimonio Natural del Ecuador Continental, 4.
- Miranda, D. G., Quintana, A. R., & Cadena, Y. N. (2018). Estrategia de conservación para el bosque semicaducifolio sobre suelo calizo de la localidad “Punta de Piedra”(Original). Redel. Revista granmense de Desarrollo Local, 2(4), 37-50.
- Melo, O., Vargas, R., (2003). Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia 235.
- Margalef, R. (1995). Ecología. Barcelona: Omega.
- Neill, D. 2004. Plantas Vasculares del Ecuador. Quito - Ecuador
- Palacios, W. (2011). Árboles del Ecuador (Primera ed.). Quito , Pichincha, Ecuador:
- Sirombra, M. G. (2018). La regeneración natural de ecosistemas (restauración pasiva). Revista de Biología Tropical, Blog-Blog.
- Patiño, J., Lozano, P., Tipán, C., Navarrete, H., López, R., Asanza, M., Torres, B., (2015). Composición florística y estructura de un bosque siempreverde piemontano de 600 a 700 m snm en la cuenca del río Piatúa, Napo, Ecuador. Revista Amazónica Ciencia y Tecnología. 4, 166-214.
- Primack, R.; Rozzi, R.; Feisinger, P.; Dirzo, R. y Massardo, F. 2001. Fundamentos de Conservación Biológica. Perspectivas latinoamericanas. Fondo de cultura económica. México DF. 797 p.

- Pereira B., W. y Lima R., M. de S. 2010. Estructura espacial e diamétrica de especies arbóreas e seus condicionantes em um fragmento de cerrado sentido restrito no sudoeste goiano. *Hoehnea* 37(2): 181-198.
- Rodríguez, E. P. (2019). Efecto del aprovechamiento forestal en bosques semidecuidos en la península de Guanahacabibes, Cuba. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*, 7(1), 6.
- Senplades. (2017). Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Todo una vida. Quito.
- Sierra, R. (1999). Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. (R. G. Guevara, Ed.) Quito, Pichincha, Ecuador.
- Torres, B., Vasseur, L., López, R., Lozano, P., García, Y., Arteaga, Y., Bravo, C., Barba, C., García, A., (2019). Structure and above ground biomass along an elevation small-scale gradient: case study in an Evergreen Andean Amazon forest, Ecuador. *Agroforestry Systems* 1-11.
- Tropicos. (1999). Tropicos. Obtenido de <https://www.tropicos.org/Project/CE>
- Zuñiga, T. (2000). http://www.fao.org/3/ad102s/AD102S08.htm#p3288_177985. Obtenido de http://www.fao.org/3/ad102s/AD102S08.htm#p3288_177985
- Villacis, H.G.S., Quintana, Y.G., López, G.G., Crespo, Y.A., Obregon, J.R., Rubio, J.G., (2017). Efecto del grado de antropización en la estructura, en tres sitios fragmentados bosque siempreverde piemontano. *Revista Cubana de Ciencias Forestales: CFORES*. 5, 172-180.
- Wadsworth, F.H. 2000. Producción Forestal para América Tropical. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. Manual de Agricultura.
- Whitmore, T. 1975. Tropical Rain Forest of the Far East. Clarendon. New York

