

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la
obtención del título de ingeniero forestal

DIVERSIDAD Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO INTAG

AUTORES:

Guerrero Cepeda Helen Dayana

Imbaquingo Rosero José Luis

IBARRA – ECUADOR

2020

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

DIVERSIDAD Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO
DE CARBONO DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN LA CUENCA
MEDIA DEL RÍO INTAG

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación
como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.

Director de trabajo de titulación



.....

Ing. Eduardo Jaime Chagna Ávila, Mgs


Tribunal de trabajo de titulación



.....

Ing. Guzmán Paz José Raúl, M.Sc.

Tribunal de trabajo de titulación



.....

Ibarra – Ecuador

2020



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hacemos la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	0401894001		
Apellidos y nombres:	Guerrero Cepeda Helen Dayana		
Dirección:	Dr. Cristóbal Subía y Lic. Nelson Dávila		
Email:	hdguerreroc@utn.edu.ec		
Teléfono fijo:	062983065	Teléfono móvil:	0991016421

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	1726233636		
Apellidos y nombres:	Imbaquingo Rosero José Luis		
Dirección:	Dr. Cristóbal Subía y Lic. Nelson Dávila		
Email:	jlimbaquingor@utn.edu.ec		
Teléfono fijo:	022381538	Teléfono móvil:	0999811905

DATOS DE LA OBRA	
Título:	DIVERSIDAD Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO INTAG
Autores:	Guerrero Cepeda Helen Dayana e Imbaquingo Rosero José Luis
Fecha:	05 de junio de 2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ingeniero Forestal
Director:	Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de junio de 2020

EL AUTOR:

Guerrero Cepeda Helen Dayana

C.C.: 0401894001

EL AUTOR:

Imbaquingo Rosero José Luis

C.C.: 1726233636



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DEL AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, Guerrero Cepeda Helen Dayana, con cédula de ciudadanía Nro. 0401894001 e Imbaquingo Rosero José Luis con cédula de ciudadanía Nro. 1726233636; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autores de la obra o trabajo de titulación denominado **“DIVERSIDAD Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO INTAG”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Guerrero Cepeda Helen Dayana

C.C.: 0401886049

Imbaquingo Rosero José Luis

C.C.: 1726233636

Ibarra 05 de junio de 2020

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 05 de junio de 2020

Guerrero Cepeda Helen Dayana e Imbaquingo Rosero José Luis:
“DIVERSIDAD Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO INTAG” /Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 05 de junio de 2020 84 páginas.

DIRECTOR: Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Determinar la composición florística y el aporte como sumidero de carbono de un bosque secundario en la cuenca media del río Intag.

Entre los objetivos específicos se encuentra: Determinar la diversidad en términos de estructura y composición florística del bosque y estimar el contenido de carbono aéreo almacenado en el bosque.

Fecha: 05 de junio de 2020



Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

Director de trabajo de titulación



Guerrero Cepeda Helen Dayana

Autor



Imbaquingo Rosero José Luis

Autor

Dedicatoria

El presente trabajo de grado se lo dedico a Dios por haberme permitido lograr una meta más en mi vida, por brindarme sabiduría y amor.

A mi madre Nancy por todo el esfuerzo, apoyo y ser incondicional en esta etapa, por permitirme alcanzar un logro más en mi vida y a mi familia que siempre ha estado en las buenas y las malas.

Helen.

Quiero dedicar mi trabajo de titulación especialmente a mis padres Luis y Patricia, que durante toda mi educación me han motivado, apoyado y amando incondicionalmente. Siendo ellos el pilar en cuanto a buenos valores en los que manejo mi vida actualmente. A mis hermanos Jimmy, Emerson y Jessica que fueron mis compañeros en la etapa universitaria y durante toda la vida. Y finalmente dedico este trabajo a Dios que ha estado conmigo en cada momento que lo he necesitado, permitiéndome llegar hasta este punto.

José Luis.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica del norte en especial a los docentes, administrativos de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, que han proporcionado calidad académica.

Al Ingeniero Jorge Luis Ramírez por su apoyo incondicional técnico y moral que hizo posible la culminación del trabajo de titulación.

A los Ingenieros Eduardo Chagna y José Guzmán asesores, por las sugerencias y aportes al trabajo.

Al Sr. Gustavo León propietario del predio en donde se ubica el bosque estudiado por su absoluta colaboración y gentileza al acogernos.

A todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron con la realización del presente trabajo.

Los autores.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 General.....	3
1.1.2 Específicos.....	3
1.2 Preguntas directrices.....	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEORICO	4
2.1 Fundamentación legal.....	4
2.1.1 Constitución de la república del Ecuador	4
2.1.2 Código orgánico del ambiente (COA).....	4
2.1.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una vida (objetivo 3)	5
Políticas	5
2.1.4 Línea de investigación	5
2.2 Fundamentación teórica.....	5
2.2.1 Bosque secundario	5

2.2.2	Dinámica de los bosques	6
2.2.3	Composición florística.....	7
2.2.4	Estructura del bosque.....	7
2.2.5	Diversidad.....	10
2.2.6	Índices de diversidad	11
2.2.7	Gremios Ecológico	13
2.2.8	Los bosques como sumideros de carbono	13
2.2.9	Captura de carbono en los bosques.....	14
2.2.10	Biomasa forestal	15
2.2.11	Ecuaciones alométricas.....	15
CAPÍTULO III		17
MATERIALES Y MÉTODOS		17
3.1	Características del sitio.....	17
3.1.1	Política	17
3.1.2	Geográfica.....	18
3.1.3	Datos climáticos.....	19
3.2	Materiales, equipos y softwares	19
3.2.1	Materiales	19
3.2.2	Equipos	20
3.2.3	Softwares	20
3.3	Metodología.....	20

3.3.1	Delimitación del área de estudio.....	20
3.3.2	Instalación de parcelas	21
3.3.3	Inventario Forestal	22
3.3.4	Codificación.....	23
3.3.5	Composición florística.....	25
3.3.6	Estructura del bosque.....	25
3.3.7	Índices de diversidad	28
3.3.8	Gremios Ecológicos.....	28
3.3.9	Determinación de la biomasa.....	29
3.3.10	Carbono aéreo	32
3.3.11	Carbono de suelo	32
3.3.12	Carbono total	33
3.3.13	Construcción de modelos alométricos	33
CAPITULO IV		35
Resultados y discusión		35
4.1	Delimitación del área.....	35
4.2	Inventario.....	35
4.3	Composición Florística.....	36
4.4	Estructura del bosque	37
4.4.1	Estructura Horizontal.....	38
4.4.2	Estructura vertical	40

4.4.3	Índices de diversidad	42
4.4.4	Gremios ecológicos	46
4.5	Construcción de modelos alométricos.....	47
4.6	Determinación del carbono aéreo.....	54
4.6.1	Determinación del carbono del suelo	56
4.6.2	Carbono total	57
CAPITULO V		58
Conclusiones y recomendaciones.....		58
5.1	Conclusiones.....	58
5.2	Recomendaciones	59
BIBLIOGRAFÍAS.....		60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Coordenadas UTM(DATUM WGS 84 ZONA 17 SUR) de las parcelas en el bosque</i>	18
Tabla 2. <i>Datos climáticos</i>	19
Tabla 3. <i>Estimadores estadísticos</i>	24
Tabla 4. <i>Diversidad florística</i>	26
Tabla 5. <i>Índices de valor de importancia</i>	27
Tabla 6. <i>Índices de diversidad</i>	28
Tabla 7. <i>Factor de expansión de la biomasa</i>	30
Tabla 8. <i>Factor de expansión de la biomasa</i>	31
Tabla 9. <i>Inventario Forestal</i>	36
Tabla 10. <i>Estadísticas descriptivas de los parámetros de forma de los árboles</i>	36
Tabla 11. <i>Especies encontradas en las parcelas muestreadas</i>	37
Tabla 12. <i>Porcentajes de especies más importantes del análisis de diversidad</i>	38
Tabla 13. <i>Clasificación de Gremios ecológicos</i>	46
Tabla 14. <i>Especies presentes en el piso superior, medio e inferior por parcela.</i>	41
Tabla 15. <i>Clases diamétricas de parcelas muestreadas</i>	39
Tabla 16. <i>Ecuaciones alométricas obtenidas de las parcelas del bosque</i>	48
Tabla 17. <i>Ecuaciones alométricas mediante clases diamétricas</i>	50
Tabla 18. <i>Descripción del carbono total del bosque</i>	54
Tabla 19. <i>Contenido de carbono de la biomasa aérea de Colombia y otros bosques de américa</i>	55
Tabla 20. <i>Contenido de carbono en el suelo del bosque de 50 años</i>	56
Tabla 21. <i>Contenido de carbono total en el bosque de 50 años</i>	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Ciclo del carbono</i>	14
Figura 2. <i>Mapa de Ubicación</i>	17
Figura 3. <i>Establecimiento de parcelas</i>	21
Figura 4. <i>Delimitación de parcelas</i>	22
Figura 5. <i>Delimitación de parcelas</i>	23
Figura 6. <i>Clases diamétricas del Bosque</i>	39
Figura 7. <i>Índice de Shannon- Wiener</i>	42
Figura 8. <i>Clúster Shannon</i>	43
Figura 9. <i>Índice de Simpson del Bosque</i>	44
Figura 10. <i>Clúster Simpson</i>	44
Figura 11. <i>Clúster del bosque</i>	45
Figura 12. <i>Mapa de clasificación de gremios ecológicos</i>	46
Figura 13. <i>Gráfico de los modelos ajustados parcela 1,2 y 3</i>	49
Figura 14. <i>Grafico de los modelos ajustados para clases diamétricas</i>	51
Figura 15. <i>Exploración gráfica de los valores predichos versus los observados para la parcela uno, dos y tres</i>	52
Figura 16. <i>Valores predichos versus los valores obeservados para las clases diamétricas</i>	53

TITULO: “DIVERSIDAD Y POTENCIAL DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO DE UN BOSQUE SECUNDARIO EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO INTAG”

Autores: Guerrero Cepeda Helen Dayana e Imbaquingo Rosero José Luis

Director de trabajo de titulación: Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.

Año: 2020

RESUMEN

La presente investigación se realizó en un bosque secundario en la cuenca media del río Intag, parroquia Peñaherrera, cantón Cotacachi. El objetivo principal fue determinar la composición florística y el aporte como sumidero de carbono de un bosque secundario, de lo que se desglosaron dos temas de gran relevancia, composición florística y potencial de almacenamiento de carbono. Se dividió el estudio en dos fases, la primera de campo en la que se tomaron todos los datos pertinentes a la masa forestal, muestras botánicas y vegetativas para su posterior identificación y cuantificación de biomasa. La segunda fase de laboratorio, se realizó en el Herbario de la UTN y al Herbario Nacional en cuanto a la identificación de especies, y para los cálculos sobre biomasa fue necesario visitar el Laboratorio de Biotecnología Aplicada de la UTN. Se obtuvieron 97 individuos de 20 familias y 38 especies diferentes siendo *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd, *Palicourea amehystina* (Ruiz & Pav.) y *Dendropanax arboreus* las especies con mayores individuos encontrados, mientras que las más abundantes fueron Rubiaceae y Araleaceae. el carbono almacenado en la biomasa total es de $145,82 \text{ MgC} \cdot \text{ha}^{-1}$, dando como resultado 1410,13 Mg de carbono total en el bosque.

Palabras clave: Especies, estructura, sumidero, biomasa.

TITLE: “DIVERSITY AND POTENTIAL FOR CARBON STORAGE OF A SECONDARY FOREST IN THE MIDDLE BASIN OF INTAG RIVER”

Authors: Guerrero Cepeda Helen Dayana and Imbaquingo Rosero José Luis
Degree Program Tutor: Ing. Jorge Luis Ramírez López M.Sc.
Year: 2020

ABSTRACT

This research was carried out in a secondary forest in the middle basin of the Intag river, in Peñaherrera parish, in Cotacachi canton. The objective was to determine the floristic composition and the contribution as carbon sink of a secondary forest. From which two highly relevant topics, floristic composition and carbon storage potential, were evaluated. The study was divided into two phases, the first one, where all the data of the research were taken, samples of each of the species found to identify and quantify biomass. The second phase, takes place in a laboratory, the TNU Herbarium and the National Herbarium were used to identify species, as for calculations of biomass, it was necessary to visit the TNU Laboratory of Applied Biotechnology. From phase two, 97 individuals from 20 families and 38 different species were obtained, with *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd, *Palicourea amehystina* (Ruiz & Pav.) And *Dendropanax arboreus* being the species with the largest individuals found, and the most abundant families were Rubiaceae and Araleaceae. The potential as a carbon sink in the aerial part is 145,82 MgC.ha⁻¹, was obtained, resulting in 1410,13 Mg of total carbon in the forest.

Keywords: Species, structure, sink, biomass.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global es un fenómeno que genera preocupación en la comunidad científica internacional. El dióxido de carbono (CO₂) es el gas que más contribuye al calentamiento global (Oceana 2001). La concentración de CO₂ en el año 1750 era de 280 ppm, sin embargo, tal concentración aumentó a 377,1 ppm para el año 2004 (Chacón, Leblanc, y Russo, 2007). Las estimaciones del IPCC proyectan que en el año 2100 las concentraciones de CO₂ en la atmósfera serán de 540 a 970 ppm (IPCC 2007).

Lo mencionado ratifica que el cambio climático es uno de los principales problemas del presente siglo. Las sequías, huracanes, hambre, pobreza, destrucción, propagación de enfermedades, derretimiento de glaciares, etc. Estas son algunas consecuencias provocadas por el calentamiento global. A partir del protocolo de Kioto de 1997 se ha planteado varias formas de mitigar estas consecuencias, entre ellas la innovación tecnológica para la reducción de emisiones de CO₂, proyectos de implementación de sumideros de carbono basándose en la en la creación y conservación de los bosques, así como la importancia que cumple los ecosistemas al captar dióxido de carbono atmosférico mediante el proceso de la fotosíntesis (Gayoso 2001). La cantidad de carbono almacenado por ecosistema y especie varía en función del tiempo y su dinámica, por lo que es necesario conocer la composición florística del lugar a estudiar antes de cuantificar el Carbono.

El almacenar carbono en los bosques tiene un beneficio económico en el mercado mundial. Existen diferentes esquemas bajo este mercado, sin embargo, en cada país y región se han desarrollado sistemas propios que responden a los lineamientos de los dos esquemas principales: regulado y voluntario. (Landázuri y Benítez, 2013).

El desconocimiento de los pobladores acerca de la estructura, diversidad y funcionalidad de los bosques secundarios impide optimizar los servicios que proveen. Adicionalmente, al no existir un referente de manejo de los bosques, la biodiversidad y el endemismo que albergan se ven amenazados, ya que la población se enmarca en sus necesidades por cuidar fuentes de recarga hídrica haciendo que la población pierda una importante fuente de desarrollo.

Debido a esto la municipalidad en conjunto con las comunidades aledañas al sector tienen un interés por la conservación, por lo que en la actualidad existe una ordenanza de un proyecto que delimita el “Área de Conservación y Uso Sustentable Municipal Intag Toisan” (ACUS-MIT) el cual se enfoca en el interés público para la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, biodiversidad, integridad del patrimonio genético y de los recursos hídricos sobre todo, en beneficio a los pobladores que se favorecen de los servicios ecosistémicos de la zona de Intag (Vallejos, Guitarra, y Lema 2019). Por lo que adicionalmente a los aportes a proyectos a nivel nacional esta investigación contribuirá con las iniciativas locales, al determinar la composición florística y captura de carbono en un bosque secundario de aproximadamente 50 años ubicado en cuenca media del Río Intag. La información de este estudio es de ayuda en la generación de alternativas de manejo y conservación de los ecosistemas. Por tal razón es necesario obtener información de estos bosques dinámicos para poder determinar la cantidad de carbono que pueden llegar a almacenar y su relación con la estructura y composición florística.

Existen programas que apoyan proyectos para la conservación de los bosques, mediante el almacenamiento de carbono. El plan de acción REDD+ (Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y Degradación Forestal) además de la gestión sostenible de los mismos y de la conservación y mejora de las reservas de carbono, constituye una parte importante de los esfuerzos globales por mitigar el cambio climático. La FAO brinda apoyo a los países en desarrollo en sus procesos de REDD+, así como en la conversión de sus compromisos políticos, establecidos en las Contribuciones Determinadas a nivel Nacional, en acciones sobre el terreno. Se enmarca en la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), que guía la implementación de las medidas inclinadas a reducir las emisiones de GEI en el país (FAO 2018).

1.1 Objetivos

1.1.1 General

Determinar la composición florística y el aporte como sumidero de carbono de un bosque secundario en la cuenca media del río Intag.

1.1.2 Específicos

- Determinar la diversidad en términos de estructura y composición florística del bosque.
- Estimar el contenido de carbono aéreo almacenado en el bosque.

1.2 Preguntas directrices

- ¿Cuál es la diversidad florística del bosque?
- ¿Cuál es la estructura de un bosque secundario?
- ¿Cuál es el potencial del bosque como sumidero de carbono?

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Fundamentación legal

2.1.1 Constitución de la república del Ecuador

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados

2.1.2 Código orgánico del ambiente (COA)

Código orgánico del ambiente. Art. 257.- Enfoques para la adaptación y mitigación. En las acciones de adaptación se crearán y fortalecerán las capacidades del país para afrontar los impactos del cambio climático, con énfasis en la reducción de la vulnerabilidad y de acuerdo a las prioridades establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional. En aquellas zonas vulnerables o de alto riesgo, el Estado priorizará la inversión para la adaptación al cambio climático con especial énfasis en la prevención de desastres. Para las acciones de mitigación se implementarán, entre otras, aquellas tendientes a reducir emisiones de gases de efecto invernadero, incrementar sumideros de carbono y crear condiciones favorables para la adopción de dichas acciones en los sectores priorizados e impulsar iniciativas que se realicen sobre este tema de conformidad con los acuerdos internacionales ratificados por el Estado (COA, 2017).

2.1.3 Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una vida (objetivo 3)

Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones (SEMPLADES, 2017)

Políticas

- Distribuir equitativamente el acceso al patrimonio natural, así como los beneficios y riqueza obtenidos por su aprovechamiento, y promover la gobernanza sostenible de los recursos naturales renovables y no renovables.
- Promover buenas prácticas que aporten a la reducción de la contaminación, la conservación, la mitigación y la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.
- Promover un proceso regional de protección y cuidado de la Amazonía, como la mayor cuenca hidrográfica del mundo.

2.1.4 Línea de investigación

El presente estudio se enmarca en la línea de investigación de la carrera: Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Bosque secundario

Se conoce como bosque secundario, a la masa vegetal leñosa formada en tierras desamparadas las cuales previamente fueron aprovechadas, hasta el punto de destruir su vegetación original, la principal causa es la actividad antrópica. El bosque se regenera en un lapso de tiempo relativamente corto, hasta repoblar grandes (Finegan, 1992).

Algunas de las características de mayor importancia en los bosques secundarios son la productividad alta que poseen, las especies dominantes son uniformes ecológicamente, lo cual ayuda con los tratamientos silviculturales que se le pueden aplicar, sumado a que poseen un enorme valor en cuanto a productor forestales no maderables y una rica biodiversidad. Si reciben un adecuado manejo pueden proporcionar distintos servicios ecológicos y económicos.

En el aspecto económico y ecológico de estos bosques es importante resaltar su alta productividad, ya que en términos maderables tienen la capacidad de producir cantidades semejantes a las de una plantación conformada con especies de crecimiento rápido. Además, generan beneficios extra, por las plantas medicinales, árboles frutales, alimento para animales, materia prima para construir, la maleza y plagas reducen considerablemente, los árboles protegen al suelo de la erosión provocada por el viento, el flujo de agua se regula, el suelo recupera su productividad y la biodiversidad se mantiene (Infobosques, 2001).

2.2.2 Dinámica de los bosques

La dinámica vegetal es un proceso de renovación y mantenimiento de diversidad de especies en las comunidades de plantas que responden a los cambios del ambiente e incluyen los procesos de sucesión, retrogresión, composición florística inicial, tolerancia, inhibición y competencia (Aguirre, 2000).

- Dinámica poblacional

La dinámica es un proceso ordenado de cambios en la vegetación (estructura y composición de las especies). Estos procesos de las masas boscosas se pueden medir por tres elementos importantes: crecimiento de los rodales y las especies arbóreas, tasa de mortalidad y la tasa de reclutamiento. Las poblaciones sufren cambios en su tamaño, densidad, dispersión y distribución de edad en respuesta a cambios en las condiciones ambientales con exceso o escasez de alimentos u otros nutrientes críticos. Estos cambios se denominan dinámica poblacional (Aguirre, 2011)

2.2.3 Composición florística

La composición florística está determinada por varios factores ambientales que influyen de diferentes maneras en el bosque, estas son: posición geográfica, clima, suelos, topografía, y también por la dinámica del bosque y la ecología de sus especies. Además, otros factores que sobresale entre los que influyen en la composición florística del bosque es: el tamaño y la frecuencia de los claros, el temperamento de las especies y las fuentes de semillas (Louman, Quirós y Nilsson 2001)

2.2.4 Estructura del bosque

La estructura de un bosque natural refleja en muchos aspectos su historia y los parámetros analizados difieren en función del objetivo del estudio. Existe una gran diversidad de opiniones sobre lo que debería contemplar cualquier análisis estructural, aunque en general deberían cumplir los siguientes requisitos (Lamprecht, 1962).

- Que sea capaz de ofrecer un cuadro representativo de la estructura del tipo de masa estudiada.
- Que sea aplicable a cualquier tipo de masa forestal.
- Que los resultados sean objetivos, sin las influencias subjetivas del investigador y, en lo posible, que se expresen numéricamente.
- Que los resultados del análisis del mismo o de distintos tipos de bosques, sean directamente comparables.

2.2.4.1 Estructura horizontal

La estructura horizontal busca determinar cómo están distribuidos los árboles en el bosque y evaluar el comportamiento de las diferentes especies en su superficie. Mediante el análisis de la estructura horizontal se cuantifica la participación de cada especie con relación a las demás e indica cómo se distribuyen espacialmente (Araujo *et al.* 2006).

- Frecuencia

La frecuencia se define como la probabilidad de encontrar un atributo (por ejemplo, una especie) en una unidad muestral y se mide en porcentaje. En otras palabras,

este porcentaje se refiere a la proporción de veces que se mide en las unidades muestrales en relación a la cantidad total de unidades muestrales. El cálculo se realiza mediante el registro de la presencia o ausencia de cada especie en cada línea de muestreo (Alvis, 2009).

- Frecuencia absoluta

Es el número total de registros de una especie en cada unidad muestral y la frecuencia relativa sería la relación de los registros absolutos de una especie y el número total de registros de todas las especies. En el método de transectos o cuadrantes, la frecuencia relativa sería la relación de los registros absolutos de la presencia de una especie en los sub-transectos o sub-cuadrantes, en relación al número total de registros para todas las especies (Alvis, 2009).

- Dominancia

La dominancia de una especie también se define como la suma de las proyecciones horizontales de los individuos. En bosques densos es difícil determinar este valor por presentar una estructura vertical y horizontal muy compleja. El grado de dominancia da una idea de la influencia que cada especie tiene sobre las demás. Las que poseen una dominancia relativamente alta, posiblemente sean las especies mejor adaptadas a los factores físicos del hábitat (Araujo, Iturre y Acosta 2006).

- Densidad o abundancia

El concepto de densidad está asociado al de ocupación del espacio disponible para crecer, pudiendo existir densidades normales, sobredensos (excesivas) y subdensos (defectivas) (Albert, 1998). La ocupación espacial es un proceso complejo, por cuanto existen relaciones inter e intra específicas de difícil interpretación biológica. Los árboles tienen relaciones entre sí y con el medio ambiente (Donoso, 1981). Existen relaciones de dependencia en la formación de comunidades vegetales con la capacidad productiva del sitio. También en la estructuración de las cadenas tróficas existen interacciones con la fauna, sobre todo con la regeneración y repoblación de las comunidades forestales. Desde un enfoque tradicional de producción maderera, un indicador objetivo de densidad es el

número de árboles existentes en una cierta área. Aun cuando ese número indica en forma absoluta la presencia de individuos, es incompleto si no está definido con relación a su tamaño y/o edad, ya que un ejemplar de gran tamaño puede ocupar el mismo espacio que 10 cientos de pequeños individuos, lo que muestra que este concepto es insuficiente. También puede ocurrir que el mismo número de árboles por unidad de superficie se presente irregularmente distribuido en el espacio por lo que tampoco es suficiente para dar cuenta del verdadero nivel de ocupación (Araujo *et al.*, 2006).

- Índice de valor de importancia

Los índices tratados anteriormente muestran aspectos esenciales de la composición florística, pero en forma individual ninguno caracteriza la estructura florística. Para tener una visión más amplia, que señale la importancia de cada especie en el conjunto, se combinan los índices anteriores en una sola expresión, denominada Índice de Valor de Importancia, cuyo resultado es la suma de los valores relativos de abundancia o densidad, dominancia y frecuencia de cada especie (Araujo *et al.* 2006).

- Clases diamétricas

En los bosques este fenómeno es reflejado en la distribución de los individuos y el área basal por clase de diámetro (Valerio y Salas 1998). Esta estructura es el resultado de la respuesta de las plantas al ambiente y a las limitaciones y amenazas que se presentan (Louman *et al.* 2001).

2.2.4.2 Estructura vertical

Está asociado a los efectos producidos por la humedad hacia abajo y a la luz, dando paso a la formación de estratos boscosos. Es la distribución de los organismos a lo alto del perfil de los bosques (Valerio y Salas 1998). Esta estructura responde a las características de las especies que la componen de acuerdo a las condiciones micro ambientales presentes en las diferentes alturas del perfil. Estas diferencias en el micro ambiente permiten que las especies de acuerdo a sus requerimientos de energía se ubiquen en los niveles que mejor satisfagan sus necesidades. (CATIE, 2001). Bourgeron (1983)

citado por Valerio y Salas (1997) menciona que uno de los factores climáticos en la determinación de estos micro ambientes son:

- Radiación
- Temperatura
- Viento
- Humedad relativa
- Evapotranspiración
- Concentración de CO_2

El entendimiento de la estructura vertical y la composición del bosque a diferentes niveles del suelo es muy importante para saber cómo manipular el crecimiento y la composición florística del bosque. Para la determinación de la estructura vertical según la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (UIFRO), se divide al bosque en tres estratos de la siguiente manera:

- a) piso superior (altura $> 2/3$ de la altura superior del vuelo).
- b) Piso medio (altura entre $2/3$ y $1/3$ de la altura superior del vuelo)
- c) Piso inferior (altura menos a $1/3$ de la altura superior del vuelo)

2.2.5 Diversidad

Es la variedad de seres vivos de un habitad o lugar geográfico determinado, abarca ecosistemas terrestres y acuáticos generando varios beneficios que dan paso a la conservación de los ecosistemas entre se citan al incremento de alimentos, degradación de desechos orgánicos, fijación del nitrógeno, formación de suelos y el control de la erosión, entre otros (PNUMA, 2005). Según la RAE (2015) diversidad se define como la variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente.

Existen tres tipos de diversidad biológica, entre las que se encuentra: diversidad genética, diversidad de especies y diversidad ecológica, la diversidad de especies es la

que compete en el estudio que se va a realizar. A continuación, se presenta una conceptualización de cada una de ellas:

- ***Diversidad ecológica***

Se refiere a una gran agrupación de especies que se encuentran en los diferentes ecosistemas locales y su dinámica al interactuar entre sí.

Un ecosistema consiste en organismos de varias especies distintas que habitan juntas en un sitio y sus conexiones a través de los flujos de energía, nutrientes y materia. Esas conexiones ocurren cuando los organismos de diferentes especies interactúan entre sí (Roldán, 2015).

- **Diversidad Genética**

Es la diversificación de los genes y genotipos entre especies o la información genética que tienen animales, plantas y microorganismo presentes en la tierra. Es donde se genera la variación que da paso a la población a desarrollar y adaptarse a su ambiente, se pueden dar cambios ambientales, métodos agrícolas, plagas y enfermedades que le afecten (Molina *et al.* 2009).

- **Diversidad de especies**

Es el estudio de los individuos de forma morfológica, anatómica, fisiológica y bioquímicamente similares entre sí, estas especies se entrecruzan dando paso a descendencia fértil. Logrando establecer su núcleo además contiene otros grupos menores, como subespecies y poblaciones y, otros más amplios que agrupan especies con características comunes en géneros, familias o clases (Marín, 2008).

2.2.6 Índices de diversidad

Los índices han sido y siguen siendo muy útiles para medir la vegetación. Varios investigadores opinan que los índices comprimen demasiado la información, además de

tener poco significado, en muchos casos son el único medio para analizar los datos de vegetación.

La diversidad tiene dos componentes fundamentales:

- a. riqueza específica: número de especies que tiene un ecosistema
- b. equitabilidad: mide la distribución de la abundancia de las especies, es decir, cómo cuan uniforme es un ecosistema.

Para medir la biodiversidad existen varios índices que se utilizan para poder comparar la biodiversidad entre diferentes ecosistemas o zonas. Es importante tener en cuenta que la utilización de estos índices aporta una visión parcial, pues no dan información acerca de la distribución espacial de las especies, aunque sí intentan incluir la riqueza y la equitabilidad (Garcia, 2014).

- **Índice de Shannon – Wiener**

El índice de diversidad de Shannon es uno de los muchos índices de diversidad. Basado en la teoría de la información, o de la comunicación, mide el grado de incertidumbre. Si la diversidad es baja, entonces la seguridad de tomar una especie determinada es alta. Si la diversidad es elevada, entonces es difícil predecir a que especie pertenecerá un individuo tomado al azar. Una elevada diversidad significa una elevada impredecibilidad. El índice toma en consideración tanto el número de especies como la densidad relativa de las especies (Garcia, 2014).

- **Índice de Simpson índice de Simpson (D)**

Mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar de una muestra pertenezcan a la misma especie. El valor de D oscila entre 0 y 1. En ausencia de diversidad, donde hay solo una especie, el valor de D es 1. Cuando la riqueza y la equitativa de las especies se incrementan, el valor se aproxima a 0. Dado que cuanto mayor sea el valor de D, menor es la diversidad. Se resta 1 a D para obtener el índice de diversidad de Simpson. El valor de este índice oscila entre 0 y 1, pero ahora el valor se incrementa con la diversidad. En este caso el índice representa la posibilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a diferentes especies (Smith, 2007).

2.2.7 Gremios Ecológico

Es el grupo de especies designada para el establecimiento de agrupaciones según el comportamiento y función ecológica similar. La luz es un factor ambiental que presenta mayor variación en las especies forestales, las que han presentado estrategias biológicas extremas conocidas como esciofitismo que es tolerante a la sombra y heliofitismo o intolerante (Whitmore, 1991; citado por Guzmán, 1997).

2.2.8 Los bosques como sumideros de carbono

La FAO (2000) reconoce a los bosques como la principal fuente de carbono, plantea que al tener una superficie más grande, la captación de carbono es mayor y así reducen los gases de la atmósfera. El rol que cumplen los bosques como sumideros de carbono es relevante, ya que la cantidad que almacenan es superior a la que se encuentra en la atmósfera. Se deben cuidar los bosques ya que al prescindir de estos todo el carbono contenido en el suelo y los árboles se libera a la atmósfera. Si se reemplaza el suelo forestal por zonas agrícolas se libera el 25% del carbono contenido en el primer metro de profundidad. Cuando se aprovechan los árboles y se emplea la madera para construcción o elaboración de productos derivados se aporta a la reducción del efecto invernadero (Alatorre, 2009).

- Ciclo del carbono

Evans (2015) plantea al ciclo del carbono como dos ciclos más pequeños, que tienen una conexión interna. Los divide como; uno que abarca el pronto intercambio que tienen los seres y organismos vivos, y el otro que está encargado de un ciclo de carbono basado en procesos geológicos, que por ende tiene una duración prolongada (figura 1).

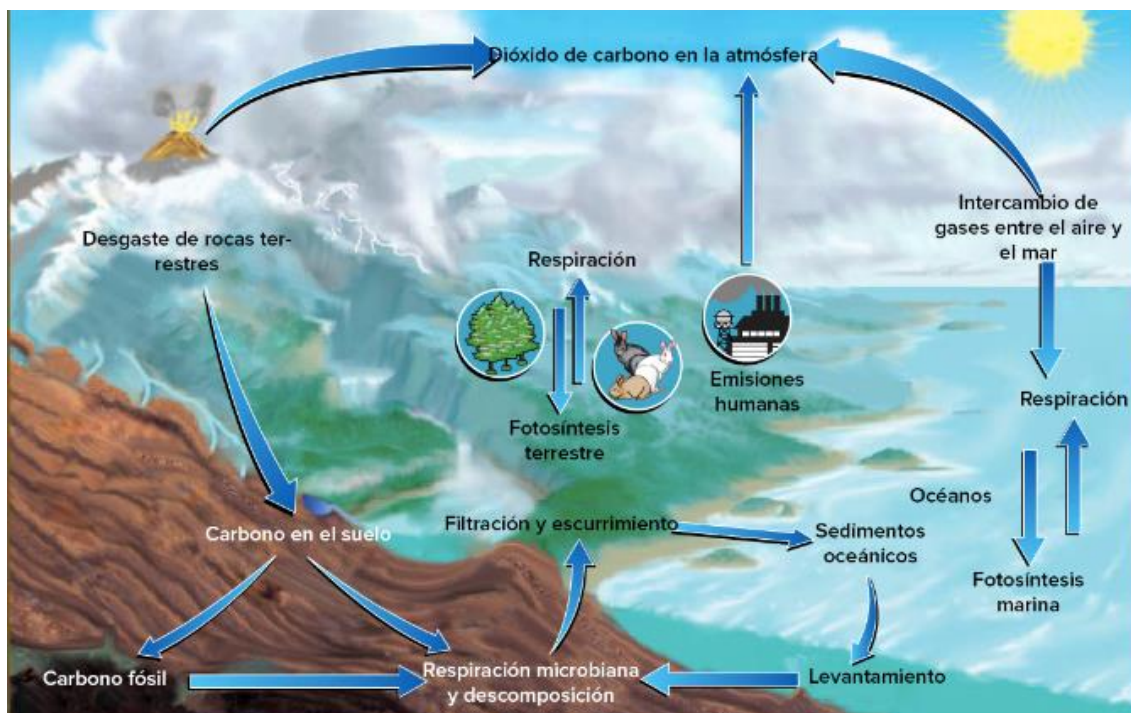


Figura 1. Ciclo del carbono

Fuente: (Evans 2015)

2.2.9 Captura de carbono en los bosques

Uno de los tantos roles que cumple el ecosistema es la captura de carbono (CC), la cual está basada principalmente en un pequeño proceso del ciclo del mismo, que tiene relación en su mayoría a la CC en los bosques, en lo que se encuentra implícito el carbono contenido en los suelos, la vegetación viviente y la materia orgánica en proceso de descomposición. Además de los productos forestales maderables y no maderables, combustibles fósiles que no se usan, entre otros. Por lo que se relacionan directamente, las emisiones de carbono con la cantidad de ecosistemas, productos y subproductos degradados (Vargas, Mena y Yañez, 2004).

- Métodos de captura de carbono en los bosques

Existen algunos métodos para evaluar la cantidad de carbono almacenado en los bosques, se detallan tres exactamente. El primero se lo realiza a nivel de un país o hasta de un continente, llamado como evaluaciones globales, pero este es demasiado lejano a la realidad del terreno. El segundo es más apegado a la realidad forestal, pero sigue sin ser preciso por lo que resulta indispensable la realización de mediciones de campo.

Finalmente el tercer método que ya se mencionó anteriormente, las mediciones de terreno, es el método más recomendado debido a su precisión (Locatelli y Leonerd, 2001).

2.2.10 Biomasa forestal

Schlegel *et al.* (2000) define a la biomasa forestal como la cantidad o peso de materia orgánica aérea y terrestre existente en un ecosistema arbóreo, comúnmente la unidad de medida se da en toneladas por hectárea ya sea de peso verde o de peso seco. Esta casi siempre se encuentra separada en los distintos componentes que se presentan en un bosque como son: fuste, corteza, ramas, raíces, hojas, hojarasca y materia inerte.

- Determinación de la biomasa forestal

La correcta cuantificación de biomasa forestal es fundamental ya que, al obtener este dato se puede calcular el carbono disponible, así como otros elementos que contienen sus componentes. Esto ayuda en gran manera al mundo actual debido a que al conocer los montos de carbono almacenados se puede mitigar de cierta forma el cambio climático provocado por la quema de combustibles (Schlegel *et al.* 2000).

2.2.11 Ecuaciones alométricas

Las ecuaciones alométricas son ecuaciones matemáticas, que emplean variables fáciles de medir como DAP, altura, densidad, entre otras. Empleando dichos caracteres se puede estimar el volumen, biomasa y hasta el carbono de los individuos forestales (Segura, 2008).

2.2.11.1 Análisis de regresión

En el análisis de regresión se estudia la relación que tienen dos diferentes variables las cuales son cuantitativas, es necesario contar con una variable dependiente o regresora (se usan como predictores o son variables de confusión que interesa controlar) y una independiente o respuesta (atributos sobre los cuales queremos medir cambios o hacer predicciones), las funciones más sencillas para la relación entre estas dos variables en una función lineal (Orellana, 2008).

- Análisis de regresión simple o lineal

En un modelo de regresión lineal simple se trata de explicar la relación que existe entre la variable respuesta “Y” y una única variable explicativa “X”. Atributos sobre los cuales se quiere medir cambios o hacer predicciones (Carollo, 2011).

- Análisis de regresión múltiple

Se utiliza la regresión múltiple cuando se estudia la posible relación entre varias variables independientes (predatorias o explicativas) y otra variable dependiente (Lopez, 2009).

- Coeficiente de determinación R^2

El coeficiente de determinación que se conoce también como R^2 , es un término utilizado en estadística, que tiene como función principal predecir el resultado de hipótesis, en este caso ayuda a saber que tan dispersos son los datos obtenidos (Riquelme, 2018).

- Error estándar de la estimación

El error estándar es la desviación estándar de la distribución muestral de una muestra estadística. El término se refiere también a una estimación de la desviación estándar, derivada de una muestra particular usada para digitar la estimación (Riquelme, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Características del sitio

3.1.1 Política

El estudio se realizó en un bosque secundario en la cuenca media del río Intag, ubicado en la zona de Intag parroquia Peñaherrera. (Ver figura 2)

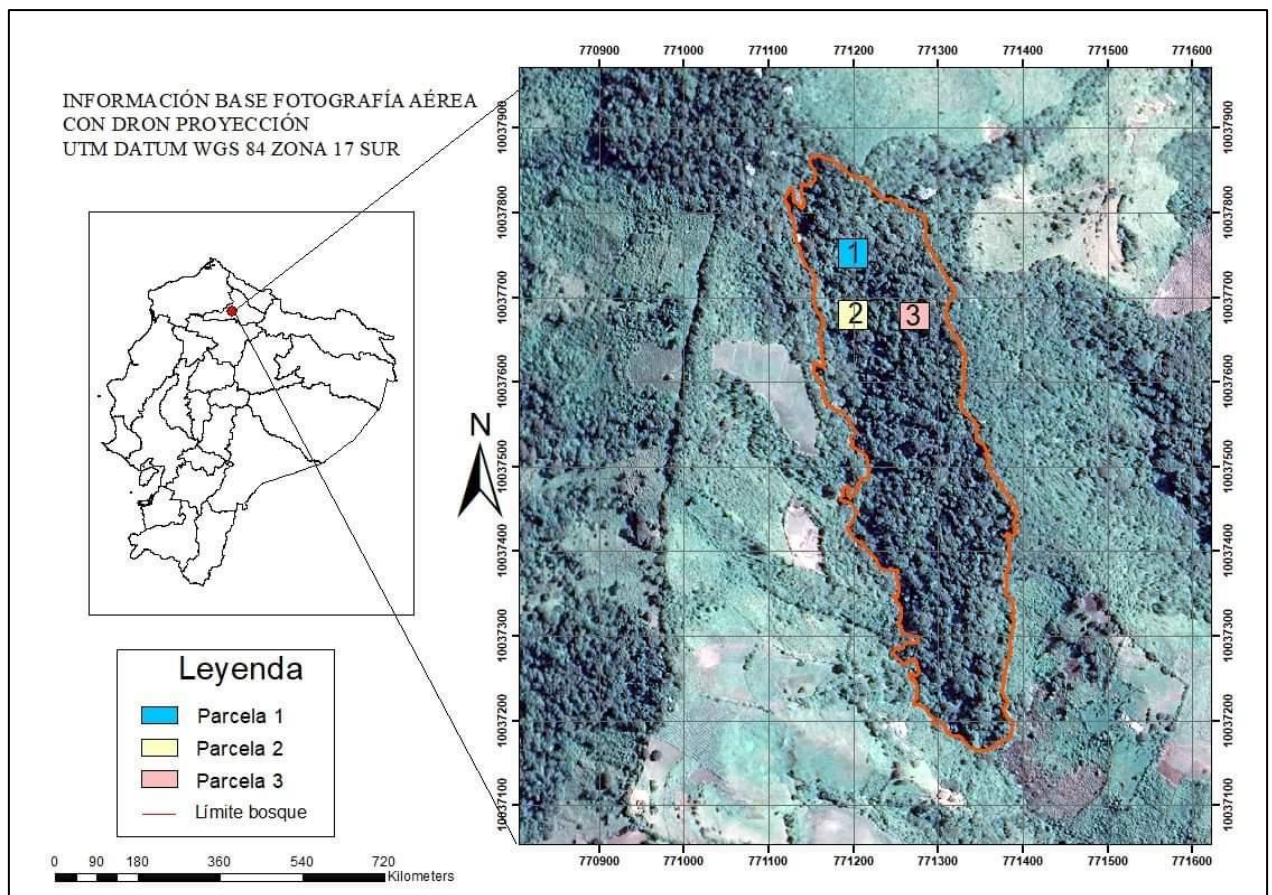


Figura 2. Mapa de Ubicación

Elaborado por: Los autores

3.1.2 Geográfica

El bosque se encuentra entre las siguientes coordenadas geográficas: 0° 20' 33" de latitud norte y 78° 33' 32" de longitud oeste. Altitud de 1826 msnm. En el bosque secundario estudiado se establecieron tres parcelas, con las siguientes coordenadas que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Coordenadas UTM (DATUM WGS 84 ZONA 17 SUR) de las parcelas en el bosque.

Parcela 1		Parcela 2		Parcela 3	
X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)	X(m)	Y(m)
771232	10037651	771202	10037552	771321	10037563
771261	10037657	771233	10037553	771292	10037560
771231	10037622	771210	10037522	771299	10037545
771263	10037627	771240	10037526	771328	10037527

Elaborado por: Los autores

- **Limites**

El bosque está limitado al norte con un sendero, al sur se encuentran pastizales del predio colindante, al este se encuentra un pequeño río y al este está ubicado otra formación boscosa.

3.1.3 Datos climáticos

Los datos climáticos de la Parroquia de Peñaherrera, lugar de la investigación estudiada, muestra temperaturas variables como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2

Datos climáticos

Detalle	Datos
Clima	Sub-Tropical
Temperatura	12 y 20°C
Altitud	1800 m.s.n.m.
Precipitación	1284,6 mm

Fuente: (GADP Peñaherrera 2014)

3.2 Materiales, equipos y softwares

3.2.1 Materiales

- Hilo nylon
- Marcadores
- Laca
- Podadora aérea y manual
- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Pie de rey
- Barreno de Pressler
- Esfero
- Hojas de campo
- Pinturas
- Tazos
- Machete
- Cintas plásticas
- Cinta adhesiva

- Papel periódico
- Fundas plásticas y de papel

3.2.2 Equipos

- Computador: Lap top Dell Core i5 y Accer Core i5
- Hipsómetro digital: Haglöf EC II D (HS110A-HS111A)
- Clinómetro Suunto: PM5/1520- Escala de 15 a 20 m
- Dron: modelo mavic 2 pro, marca DJI
- Balanza digital de equilibrio electrónico de precisión
- Estufa de secado: TR 240
- Secadora de plantas
- GPS Garmin: doble constelación (lectura de hasta 36 satélites de 0,80 – 2 m de error)

3.2.3 Softwares

- Arc GIS 10.3 ®.
- Infostat 2018
- Oficce 2016
- Past 3.26
- STATGRAPHICS Centurion XVI.I

3.3 Metodología

3.3.1 Delimitación del área de estudio

Se realizó una visita a la zona de Intag parroquia Peñaherrera – Nangulví Alto, lugar en cual se encuentra ubicado el bosque secundario que se estudió, empleando un dron se pudo obtener una imagen aérea, en la cual se escogió tres parcelas al azar, con la ayuda de una GPS se recorrió el bosque buscando las parcelas antes seleccionadas para realizar su respectiva delimitación.

3.3.2 Instalación de parcelas

Se instaló un conglomerado conformado con tres parcelas principales, con subparcelas anidadas. La distribución de las parcelas principales tiene forma de “L”, con dimensiones de 30 x 30 m (Parcela A) y se ubican a 50 m entre ellas. Dentro de cada parcela principal existen dos subparcelas. La primera subparcela de forma cuadrada se ubica en la esquina sureste de la principal con una dimensión de 10 x 10 m (Parcela B). La segunda subparcela es de forma circular con un área de $19,6 \text{ m}^2$ y un radio de 2,5 m (Parcela C) observar en la figura 3.

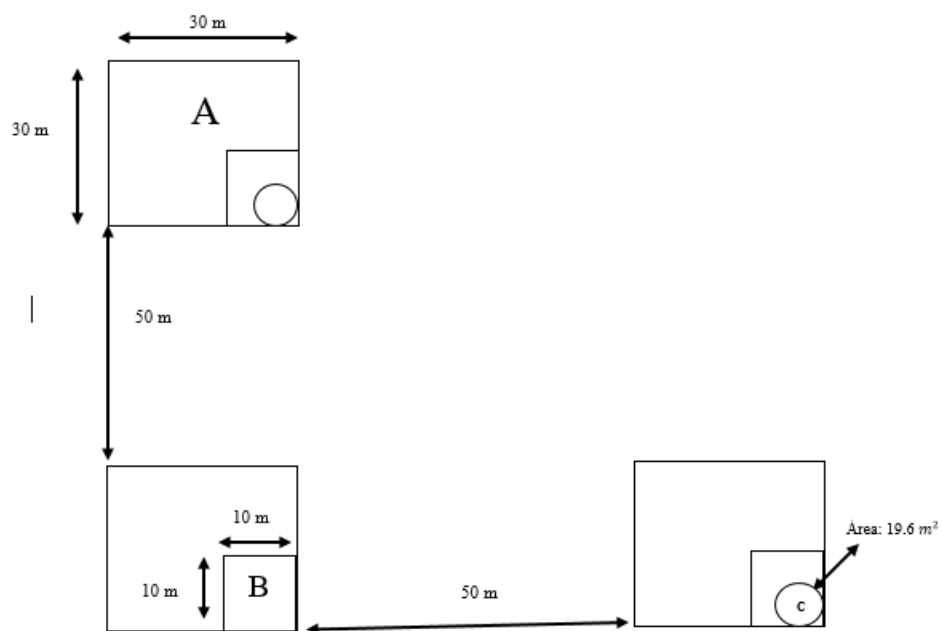


Figura 3. Establecimiento de parcelas.

Elaborado por: Los autores

Para la delimitación de las parcelas se utilizó un GPS, el que permitió el traslado a los puntos exactos, también se utilizó una brújula, instrumento que fue de vital importancia ya que permitió una adecuada orientación, con la ayuda de cintas métricas se estableció las distancias y cada diez metros se colocó una estaca, simultáneamente con cintas plásticas de diferentes colores se cerró la parcela y así se optimizó el tiempo. (Figura 4).



Figura 4. Delimitación de parcelas

3.3.3 Inventario Forestal

- Toma de datos

Para la toma de datos en el inventario forestal se tomó en cuenta a los individuos con un DAP superior a 20 cm en la parcela A, para la parcela B se tomó la cuenta de 10 a 19,9 cm de DAP y para la parcela C árboles de 1 a 9,9 cm de DAP.

- Medición del diámetro, altura total, altura comercial, volumen total y volumen comercial.

El diámetro de los individuos se midió a la altura del pecho a 1,30 m de altura del nivel del suelo aproximadamente, el material que se utilizó fue una cinta diamétrica. Para la altura total con la ayuda de un clinómetro se tomó puntos de referencia de la base del árbol y el punto más alto del mismo, y para la altura comercial como guía se tomó la base del árbol hasta la primera bifurcación.

Con datos tomados en el inventario forestal se calculó el volumen total y comercial de cada individuo siendo de gran utilidad las variables DAP, altura total y comercial, se utilizó la ecuación 1 para obtener el volumen.

- Nombre de las especies

De acuerdo a las características de los árboles se logró identificar varios ejemplares en campo, para mayor veracidad se procedió a la recolección de especímenes para poder realizar la identificación correspondiente en el Herbario de la Universidad Técnica del Norte y Herbario Nacional.

3.3.4 Codificación

En la Parcela A se registró con pintura y tazos de color rojo a los individuos arbóreos superiores a 20 cm de DAP con su respectiva numeración y también se procedió a codificarlos en el tazo; se puso iniciales del bosque, numero de parcela, dimensión de la parcela y numero de árbol, Figura 5.



Figura 5. Delimitación de parcelas

Parcela B se utilizó pintura y tazos de color amarillo y se tomó en cuenta a los individuos de 10 a 19,9 cm de DAP y como en la parcela A, se procedió al mismo sistema de codificación. Parcela circular se empleó tazos azules y pintura blanca se registró a los individuos de 1 a 9,9 cm de DAP. Y a su vez se midió altura total, altura comercial de todas las parcelas con la ayuda de un clinómetro Sunnto. Para el cálculo de biomasa se recolectó muestras de barreno, ramas y hojas por especie. Con los datos de DAP y altura tomados en campo se pudo calcular el volumen comercial y total empleando la ecuación 1.

$$V = \left(\frac{\pi}{4}\right) \times (D^2) \times H_T \times 0,7$$

Ec1

Fuente: Segura y Andrade, (2008)

- V: volumen total del árbol (m³)
- D: diámetro a la altura del pecho (m)
- h: Altura total (m)

- **Análisis estadístico**

Para la determinación del análisis estadístico del bosque fue necesario conocer las variables DAP y altura total de los individuos y saber las fórmulas de los diferentes los estimadores como indica la Tabla 3.

Tabla 3

Estimadores estadísticos

Nombre	Formula	Significado
Número de individuos	N	n = número de individuos
Media	$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$	\bar{x} = Media $\sum X$ = Sumatoria de las observaciones n= número de observaciones
Varianza	$s^2 = \frac{\sum x^2 - (\sum x)^2/n}{n-1}$	s^2 = Varianza muestral $\sum X$ = Sumatoria de las observaciones $\sum x^2$ = Sumatoria de cada una de las observaciones elevadas al cuadrado n= número de observaciones
Desviación estándar	$s = \sqrt{s^2}$	s = desviación estándar $\sqrt{s^2}$ = Raíz cuadrada de la varianza maestra
Error estándar de la media	$s\bar{x} = \sqrt{s^2/n}$	$s\bar{x}$ = error estándar de la media $\sqrt{s^2/n}$ = Raíz cuadrada de la varianza maestra dividido para el numero de observaciones.

Coeficiente de variación	$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$	Cv = coeficiente de variación
		S= desviación estándar
		\bar{x} = Media

Fuente: (Aguirre y Vizcaino 2009)

3.3.5 Composición florística

3.3.5.1 Identificación de especies

Para la identificación de especies se realizaron varias entradas al bosque, en las cuales se recolectó muestras botánicas, empleando instrumentos como: podadoras aéreas, podadoras manuales y equipo de trepar árboles. Se procuró recolectar muestras fértiles para facilitar la identificación. Se codificó y prensó los especímenes obtenidos ya que esto facilitó su manipulación y traslado. Posteriormente se llevó las muestras a la Granja Experimental Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte, lugar en el cual se sometieron a un proceso de sacado en la secadora botánica. Al finalizar esta etapa, se procedió a identificar cada una de las especies encontradas en base a los registros que hay en el Herbario de la UTN y el Herbario Nacional.

3.3.6 Estructura del bosque

3.3.6.1 Estructura horizontal

Con los datos obtenidos en campo se procedió a calcular los valores de densidad, frecuencia, abundancia, índice de valor importancia e índices de diversidad que presenta el bosque (Araujo *et al.*, 2006), como se observa en la tabla 4.

Tabla 4*Diversidad florística*

Análisis de diversidad	Formula	Significado
Densidad	$D_i = N/A$	D_i = Densidad N= Número de individuos A= Total del área muestreada
Densidad relativa	$D\% = (D_i / \sum D_i) * 100$	D%= Densidad relativa D_i = Densidad por especie $\sum D_i$ = Densidad total de todas las especies
Frecuencia absoluta	$f_i = j_i/k$	f_i = Frecuencia absoluta j_i = Unidades en las que está presente la especie k= Número total de unidades de muestreo
Frecuencia relativa	$f_i\% = (f_i / \sum f) * 100$	$f_i\%$ = Frecuencia relativa f_i = Frecuencia absoluta por especie $\sum f$ = Total de frecuencias de todas las especies
Dominancia absoluta	$D_{ai} = g_i/A$	D_{ai} = Dominancia absoluta g_i = Área basal de cada especie A= Total del área muestreada
Dominancia relativa	$D_i\% = (D_{ai} / \sum D_{ai}) * 100$	$D_i\%$ = Dominancia relativa D_{ai} = Dominancia absoluta por especie $\sum D_{ai}$ = Dominancia de todas las especies

Fuente: (Araujo *et al.* 2006)

- Clase diamétrica

Para la determinación de la estructura horizontal se midió el diámetro a partir de 1.30 m de altura desde el suelo, se separó en siete clases diamétricas tomando en cuenta a los individuos desde 0- 10 cm de DAP y se realizó una clasificación de los individuos

en amplitudes de 10 cm en cada parcela. Para la obtención de los datos fue necesario la ayuda de una cinta diamétrica.

- Índice de valor de importancia

Con los datos tomados en campo se realizó el cálculo que expresa la importancia ecológica que presenta en el bosque con la fórmula que muestra la Tabla 5.

Tabla 5

Índices de valor de importancia

Índice	Formula	Significado
IVI	$IVI = A\% + Dom\% + Frec\%$	A% = Abundancia relativa Dom% = Dominancia relativa Frec% = Frecuencia relativa

Fuente: (Araujo *et al.*, 2006)

3.3.6.2 Estructura vertical

Se determinó la estructura vertical por medio de la distribución del número de individuos por clase de altura, se lo hizo en tres estratos.

- a) piso superior (altura > 2/3 de la altura superior del vuelo).
- b) Piso medio (altura entre 2/3 y 1/3 de la altura superior del vuelo)
- c) Piso inferior (altura menos a 1/3 de la altura superior del vuelo)

3.3.7 Índices de diversidad

Para determinar la diversidad florística se aplicó los siguientes índices que expresan la ocurrencia de las especies en la superficie de un bosque, estos son los más utilizados en este tipo de estudios, observar la Tabla 6.

Tabla 6

Índices de diversidad

Índice	Formula	Significado
Shannon – Wiener	$H' = - \sum_{i=1}^S pi \times \ln pi$	<p>H'= Índice de diversidad de Shannon</p> <p>S= número de especies</p> <p>Ln= logaritmo natural</p> <p>pi= proporción de individuos de la especie/ respecto al total de individuos (abundancia relativa de la especie)</p>
Simpson	$pi = \sum \left(\frac{n}{N}\right)^2$	<p>P_i= Índice de diversidad de Simpson</p> <p>n= número total de organismos de una especie en particular</p> <p>N= número total de organismos de todas las especies.</p>

Fuente: (ACADEMIC 2012)

3.3.8 Gremios Ecológicos

Para la clasificación de los gremios fue necesario indagar varios documentos que proporcionaron información sobre el tema, se los clasificó en Esciófitas y Heliófitas de acuerdo a las características de cada especie, tasa fotosintética, tasa anual de crecimiento, altura máxima, entre otros (Palacios, 2004). Luego se realizó un mapa en el software Arc GIS 10.3 ®, con información aérea la que clasificó a las especies según las horas sol del sitio en una semana y de esta manera se fue clasificando según el grupo que pertenece en el mapa.

3.3.9 Determinación de la biomasa

Para la determinación de la biomasa del bosque se seleccionó dos individuos de cada especie por parcela (en algunos casos no había más de un individuo por lo que se cogió la cantidad de muestras requeridas del mismo árbol), al ser este un método no destructivo se tomó muestras en el campo de fuste, ramas, hojas detritus y suelo. Las cuales fueron pesadas en el campo para evitar perder humedad, posteriormente se almacenó las muestras en envases herméticos para ser transportadas y secadas al horno a una temperatura de 80 a 105° C durante 24 horas (Bueno, 2017).

- Fuste

De los árboles seleccionados se tomó una muestra de madera por cada individuo empleando un barrenado, las muestras obtenidas fueron pesadas y codificadas en campo (con el fin de que no pierdan el contenido de humedad) y luego se trasladaron al laboratorio. Se secó las muestras al horno a temperatura constante, una vez secas se pesó nuevamente para así obtener el peso en seco. Al tener el peso verde y el peso seco se midió el ancho y la longitud de cada una de las muestras del barrenado, con lo que se determinó el volumen verde y la densidad básica, empleando las (ecuaciones 3 y 4). Una vez obtenidos todos estos datos se multiplicó la densidad por el volumen y así se obtuvo la biomasa del fuste.

$$Vv = \pi \times (D^2) \times \left(\frac{L}{4}\right) \quad \boxed{\text{Ec2}}$$

Fuente: (Taicud y Collahuazo 2008)

Vv: Volumen verde (m³)

D: Diámetro interno (5 mm)

L: Longitud de la muestra (m)

$$Db = \left(\frac{Po}{Vv}\right)$$

Ec3

Fuente: (Taicud y Collahuazo 2008)

Db = Densidad básica (kg/m³)

Po = Peso anhidro (kg)

Vv = Volumen verde (m³)

- Ramas y hojas

Para este cálculo fue necesario recurrir al factor de expansión de biomasa (FEB), utilizando 9 grupos, mismos que fueron determinados por la altura y la densidad de cada especie, lo cual se encuentra establecido en las tablas 7 y 8. Para esto se adoptó la metodología de (Cuenca, Jadán, Cueva, y Aguirre, 2014).

Tabla 7

Factor de expansión de la biomasa

Grupo 1 (G1)	Altura comercial < 3 m y densidad < 500 kg m³
Grupo 2 (G2)	Altura comercial < 3 m y densidad ≥ 500 kg m ³
Grupo 3 (G3)	Altura comercial < 3 m y densidad ≥ 700 kg m ³
Grupo 4 (G4)	Altura comercial ≥ 3 m y densidad < 500 kg m ³
Grupo 5 (G5)	Altura comercial ≥ 3 m y densidad ≥ 500 kg m ³
Grupo 6 (G6)	Altura comercial ≥ 3 m y densidad ≥ 700 kg m ³
Grupo 7 (G7)	Altura comercial ≥ 7 m y densidad < 500 kg m ³
Grupo 8 (G8)	Altura comercial ≥ 7 m y densidad ≥ 500 kg m ³
Grupo 9 (G9)	Altura comercial ≥ 7 m y densidad ≥ 700 kg m ³

Fuente: (Cuenca *et al.* 2014)

Tabla 8

Factor de expansión de la biomasa

Grupos	Media
G1	2,08
G2	2,09
G3	2,21
G4	1,99
G5	2,05
G6	2,04
G7	1,86
G8	1,96
G9	2,02

Fuente: (Cuenca *et al.* 2014)

- Detritus

Para el cálculo de detritus, en la esquina de cada parcela se tomó una muestra, de 500 g. Se pesó la muestra en campo y después se la traslado al laboratorio para someterla a un proceso de secado y así obtener el peso en verde y en seco, con dichos datos se aplicó la Ec 4, obteniendo así la biomasa de detritus.

$$Yd = ps \times \left(\frac{pf}{psl} \right) \quad \boxed{\text{Ec.4}}$$

Fuente: (MAE, 2014)

Yd: Biomasa de detritus (kg. ha⁻¹)

ps: peso seco de la submuestra (g)

pf: peso fresco total de la muestra obtenida en la parcela (g)

psl: peso fresco de la submuestra (g)

- Biomasa

Una vez obtenido el peso verde y seco de cada uno de los componentes se procedió a calcular la cantidad de biomasa, se sumaron todos los resultados obtenidos (fuste, hojas, ramas y detritus) empleando la ecuación 5.

$$Y = B \times Modet \quad \text{Ec.5}$$

Fuente: (Guachamin, 2017)

Y: Biomasa por individuo (g)

B: Biomasa por componentes (g)

Modet: Materia orgánica y detritus

3.3.10 Carbono aéreo

Con la biomasa del fuste y las ramas, se los suma y posteriormente se multiplica por el coeficiente de conversión del IPCC que es 0,5 para obtener el carbono aéreo (Ca); mientras que para los detritus el coeficiente es de 0,44 (Cd). Finalmente, se suma y se obtiene el carbono total.

$$C = Yd \times 0,44 \quad \text{Ec.6}$$

C: Carbono total de detritus

Yd: Biomasa detritus (kg)

$$C = Y \times 0,5 \quad \text{Ec.7}$$

C: Carbono total por individuo

Y: Biomasa por individuo (g)

3.3.11 Carbono de suelo

Para la determinación del carbono del suelo se tomó una muestra de cada una de las parcelas establecidas para posteriormente enviarlas a analizar a un laboratorio en el cual se hizo una sola muestra de las tres entregadas, para calcular el carbono contenido en el suelo se empleó el método de Walkley y Black el cual está basado en una cuantificación por oxidación con mezcla sulfocrómica (Carreira 2011).

$$D_{ap} = P_{ss} / V_o \quad \text{Ec.8}$$

Donde:

D_{ap} : Densidad aparente del suelo (kg.m^{-3})

P_{ss} : Peso de suelo seco (kg)

V_o : Volumen muestra (m^3)

Para obtener el carbono almacenado del suelo se utilizó la ecuación 9:

$$C_s = PC D_{ap}/100 \quad \text{Ec.9}$$

Donde:

C_s : Carbono Suelo (unidades)

PC : Carbono en el suelo (%)

D_{ap} : Densidad aparente (g.cm^{-3})

3.3.12 Carbono total

Para el cálculo del carbono total se sumó los resultados del carbono aéreo y carbono del suelo.

$$CT: Ca+C_s+C_d \quad \text{Ec.10}$$

Donde:

CT : Carbono total

Ca : Carbono aéreo

C_s : Carbono del suelo

C_d : Carbono de detritus

3.3.13 Construcción de modelos alométricos

Se construyó modelos de regresión lineal con las variables DAP, altura total, entre otras, como regresoras y la biomasa total como variable dependiente. Para la determinación del mejor ajuste, se usó el coeficiente de determinación (R cuadrado), este

refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretende explicar (Economi 2018), y el cuadrado medio del error (CME) debido a que la regresión múltiple posee ciertas características propias. Además, con los datos obtenidos mediante el trabajo de campo, empleando el software STATGRAPHICS se realizaron regresiones observando el nivel de correlación de cada variable.

CAPITULO IV

Resultados y discusión

4.1 Delimitación del área

Mediante las fotografías obtenidas con el vehículo aéreo no tripulado y empleando el software Arc GIS 10.3® se obtuvo el área del bosque de aproximadamente 50 años, la cual es de 9,67 ha, con pendientes que varían entre 30 y 40°. Se utilizó un conglomerado de parcelas en forma de L, en base a la metodología empleada por el MAE, misma que fue validada mediante la evaluación nacional forestal (ENF). En el caso de ENF se establecen parcelas de 60x60 (MAE, 2014). Pero para el presente estudio al tener un área menor a la del ejemplo mencionado, se optó por realizarlas de 30x30, ya que de esta manera se puede acceder y desplazarse fácilmente entre ellas, además que existe mayor flexibilidad al momento de elegir los vértices del conglomerado en los cuales se estableció las parcelas anidadas, además que presenta facilidad para el trazado y establecimiento en áreas de ladera y montaña (MAE, 2012).

4.2 Inventario

En el inventario forestal realizado, las tres parcelas que fueron muestreadas representan un 2,79% del bosque, en dichas parcelas se obtuvieron 97 individuos como se observa en la Tabla 9, para saber la variabilidad y que tan dispersos se encuentran los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza empleando el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total (HT) (Abraira y Perez, 1996). Como se aprecia en la Tabla 10 el coeficiente de variación es alto en las dos variables analizadas, debido a que los datos en el bosque de 50 años son dispersos ya que van desde un DAP de 0,01 a 0,63 m y alturas desde 1,11 hasta 63 m. Esto es por la edad del bosque y la estructura que posee ya que existen árboles de regeneración, así como arboles relictos. Segura y Andrade (2008) mencionan que cuando los datos muestran un coeficiente de variación alto, es por la composición y estructura de cada bosque, lo que provoca heterogeneidad, como el presente caso.

Tabla 9*Inventario Forestal*

Parcelas	n° individuos parcela 30m	n° individuos subparcela 10m	n° individuos subparcela 2,5m de radio.	n° individuos totales
Parcela 1	9	9	3	21
Parcela 2	24	2	5	31
Parcela 3	26	5	14	45
			Total	97

Elaborado por: Los autores**Tabla 10***Estadísticas descriptivas de los parámetros de forma de los árboles*

VARIABLES	MEDIA (m)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	ERROR EXTÁNDAR	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
DAP	0,22	0,14	0,013	60,84 %
HT	12,81	6,56	0,63	51,23 %

Elaborado por: Los autores

4.3 Composición Florística

En la presente investigación se encontraron 97 especies identificadas con su respectiva familia, en la Tabla 11 se muestra las especies más abundantes, de igual forma cuantas veces se presentan en el sitio.

Tabla 11*Especies encontradas en las parcelas muestreadas*

Familia	Especie	N° individuos
Melastomataceae	<i>Axinaea sp.</i>	1
Lauraceae	<i>Beilschmiedia costaricensis</i> (Mez & Pittier) C.K. Allen	3
Lauraceae	<i>Beilschmiedia towarensis</i>	5
Fabaceae	<i>Calliandra pittieri</i> Standl.	5
Urticaceae	<i>Cecropia maxima</i> Snethl	1
Rubiaceae	<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.	1
Cardiopteridaceae	<i>Citronella incarum</i> (Macbr.) Howard	1
Clusaceae	<i>Clusia crenata</i>	1
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>	6
Rubiaceae	<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd.	10
Lauraceae	<i>Pleurothryrium poeppigii</i> Nees	5
Otras 28 especies		58
	Total	97

Elaborado por: Los autores

La familia Rubiaceae con la especie *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd fue la más común, se presenta en las parcelas 2 y 3. En la parcela 1 la especie más común es de la Familia Rubiaceae con la especie *Palicourea amehystina* (Ruiz & Pav.).

Según Mabberley (1987) citado por (Mendoza, Ramirez, y Jimenez 2004) la familia Rubiaceae es una de las especies con mayor presencia a nivel mundial, en regiones tropicales y subtropicales. existen alrededor de 10700 especies por tal razón en esta investigación se encontró que la especie *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd de la familia Rubiaceae es la que más predomina en este bosque secundario.

4.4 Estructura del bosque

Se hace referencia a la distribución de las principales características teniendo en cuenta la distribución por clase y dimensión, en el presente estudio con los datos obtenidos en campo se pudo determinar la estructura horizontal y vertical del bosque.

4.4.1 Estructura Horizontal

En la Tabla 12 se observa las especies con mayor importancia en el análisis de diversidad, la especie más abundante y con un alto índice de valor importancia presente en el estudio es *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd, más frecuente *Beilschmedia towarensis* y dominante *Ficus citrifolia* Mill.

Tabla 12

Porcentajes de especies más importantes del análisis de diversidad

ESPECIE	ABUNDANCIA	FRECUENCIA	DOMINANCIA	IVI 100%
<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd.	10,31	4,26	13,47	9,35
<i>Ficus citrifolia</i> Mill.	5,15	4,26	13,50	7,64
<i>Dendropanax arboreus</i>	6,19	4,26	11,25	7,23
<i>Beilschmedia towarensis</i>	5,15	6,38	4,28	5,27
Otras	73,2	84,98	57,5	71,89

Elaborado por: Los autores

Según Mendoza *et al.*, (2004) la especie *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd de la familia Rubiaceae presenta mayor abundancia y dominancia en los bosques andinos y subtropicales debido a su riqueza de especies dispersas a nivel mundial, esto quiere decir que en el bosque secundario de la presente investigación es común que esta especie sea la más abundante y tenga un índice de valor de importancia alto, debido a que son resistentes a la sombra y pueden desarrollarse en lugares húmedos.

Con mayor frecuencia se encuentra *Beilschmedia towarensis* esta es resistente a la sombra y crece en lugares profundos y húmedos (San Martín, Villa, y Ramirez 2002). Debido a estas condiciones la especie se ha logrado adaptar en el bosque secundario, siendo una de las especies más abundantes en el sitio.

- Clases diamétricas

En la Tabla 13 se puede observar las clases diamétricas en amplitudes de 10 cm, en este caso se obtuvieron siete clases con respecto al diámetro de los individuos, al igual

se puede observar la Figura 6, las clases diamétricas en las que se encuentra un porcentaje alto de individuos.

Tabla 13

Clases diamétricas de parcelas muestreadas

Clases diamétricas	Especie	Nº de individuos
0-10	<i>Piper trianaepiper</i>	5
	<i>Palicourea amehystina</i> (Ruiz & Pav.)	4
	otras	13
10,1-20	<i>Siparuna lepidota</i>	3
	<i>Inga punctata</i> Willd	2
	otras	13
20,1-30	<i>Calliandra pittieri</i> Standl	4
	<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd	4
	otras	22
30,1-40	<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd	4
	<i>Ficus citriofolia</i> Mill	4
	otras	12
40,1-50	<i>Elaeagia utilis</i> (Goud et) Webd	1
	<i>Calliandra pittieri</i> Standl	1
50,1-60	<i>Dendropanax arboreus</i>	2
60,1-70	<i>Hyeronima macrocarpa</i>	1
	<i>Ficus citriofolia</i> Mill	1
	otras	1

Elaborado por: Los autores

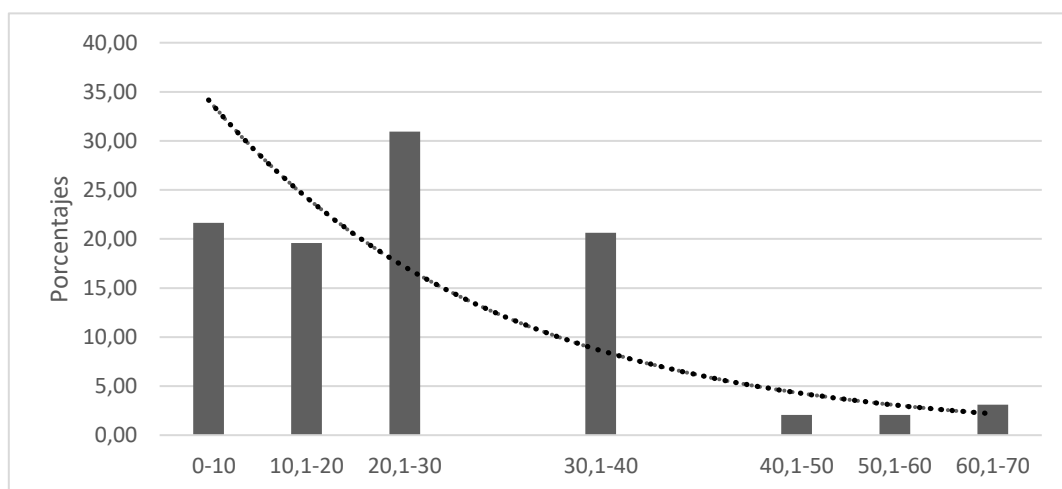


Figura 6. Clases diamétricas del Bosque

Según Noguera *et al.*, (2012) el análisis de distribución de las clases diamétricas es con el fin de evaluar en qué estado se encuentra el bosque ya sea ecológico o conservación, esto permite conocer la regeneración, o su falta, envejecimiento de los individuos. En este análisis se obtuvo siete clases diamétricas de las cuales la que presenta mayor abundancia es la tercera con un 30,93% y las menos abundantes son la quinta y la sexta con un 2,06 %, por lo que en la figura 6 se puede observar una j invertida y se asume que existes mayor cantidad de árboles con diámetros medianos y grandes.

4.4.2 Estructura vertical

Se determinó la clasificación por estratos de acuerdo a la medición de altura total del bosque.

Piso superior (Piso superior 18 m - 27 m)

Piso medio (Piso medio 9 m – 18 m)

Piso inferior (1 - 9 m)

Como muestra la Tabla 13 el número de especies en el piso superior, medio e inferior de las parcelas muestreadas.

Tabla 13*Especies presentes en el piso superior, medio e inferior por parcela.*

Pisos	Parcelas	Especies	N° de individuos
Piso superior	2	<i>Pleurothryrium poeppigii</i> Nees	1
		<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd.	4
		<i>Dendropanax arboreus</i>	3
	3	<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd.	5
		<i>Ficus citriofolia</i> Mill.	4
		otras	23
Piso Medio	1	<i>Trema microntha</i>	2
		<i>Beilschmedia towarensis</i>	2
	2	<i>Hyeronima macrocarpa</i>	1
		<i>Palicourea amehystina</i> (Ruiz & Pav.)	2
	3	<i>Beilschmedia costaricensis</i> (Mez & Pittier) C.K. Allen	2
		<i>Calliandra pittieri</i> Standl	3
		otras	18
Piso inferior	1	<i>Siparuna lepidota</i>	1
		<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	1
	2	<i>Solanum ochronthum</i>	2
		<i>Miconia sp</i>	2
	3	<i>Piper trianaeopiper</i>	5
		<i>Palicourea amehystina</i> (Ruiz & Pav.)	3
		otras	15

Elaborado por: Los autores.

Los efectos producidos por la luz y aumento de la humedad hacia abajo es una de las razones para determinar la estructura vertical. La presencia de especies pioneras abren claros dando paso a individuos que en gran cantidad se encuentran en el piso medio como es el caso de este estudio las especies más dominantes en el piso superior es *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd, piso medio *Calliandra pittieri* Standl, *Beilschmedia towarensis* entre otras, y en el inferior *Piper trianaeopiper* y *Palicourea amehystina* (Ruiz & Pav.). Estos individuos son los que se encuentran en los diferentes estratos con mayor abundancia.

4.4.3 Índices de diversidad

- Índice de Shannon

El valor más alto se registró en la parcela 2 con 2,746 y de acuerdo a Shannon por encontrarse en un rango de 1-5 es una comunidad diversa. El menor valor presentó la parcela 1 con 2,43. Lo que se observa en la Figura 7 y 8.

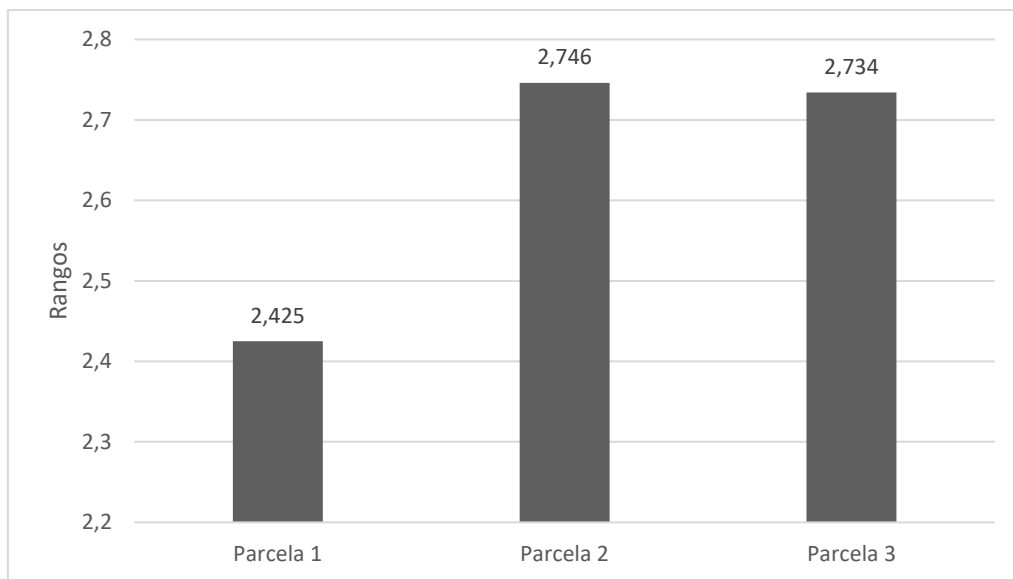


Figura 7. Índice de Shannon- Wiener de las parcelas muestreadas.

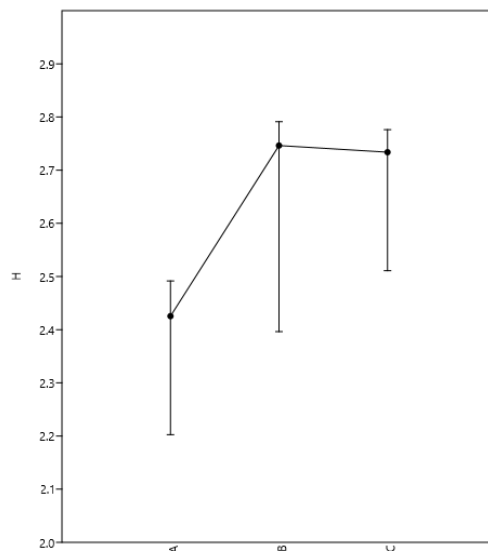


Figura 8. Clúster Shannon

En las tres parcelas muestreadas se tuvo un valor de 3,37 esto nos indica que es un bosque medianamente diverso en variedad de especies. En un estudio realizado por Torres *et al.* (2015) en un bosque tropical de 40 años indica que se obtuvo un valor 3,24 dando a entender que 1 es baja diversidad y 5 es alta diversidad esto quiere decir que es un bosque medianamente diverso al igual que el bosque estudiado en la presente investigación en el que varía por muy poco ya puede ser por condiciones climáticas similares y especies, entonces se puede decir que los bosques son medianamente diversos de acuerdo al índice de Shannon- Wiener. Esta información es auténtica ya que este índice toma en consideración tanto la densidad y el número de especies detectadas en el área maestreada.

- **Índice de Simpson**

Según Simpson la diversidad es alta en las 3 parcelas, presentando un mayor valor en la parcela 2 y 3 con 0,926, coincidiendo en lo descrito por Smith (2007) que menciona a una comunidad como más diversa cuando los valores se acercan a 1. La parcela 1 presentó también un valor considerable 0,898 como se muestra en la Figura 9 y 10.

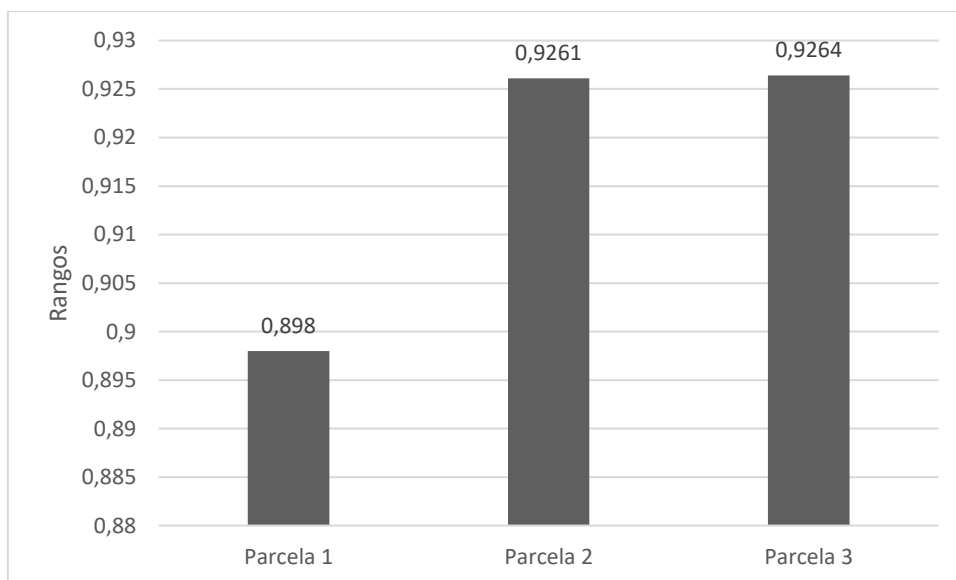


Figura 9. Índice de Simpson del Bosque

Elaborado por: Los autores

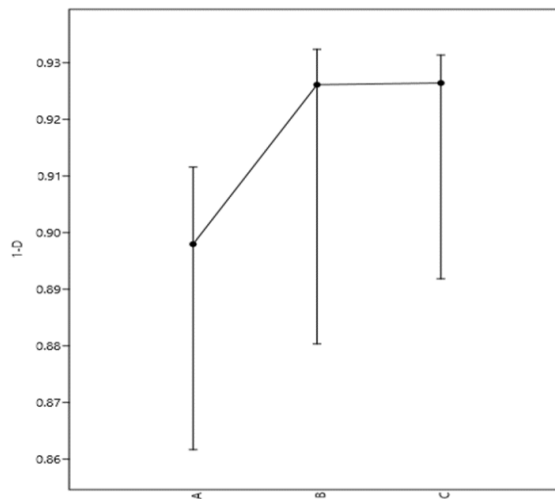


Figura 10. Clúster Simpson

Elaborado por: Los autores

De un total de 38 especies identificadas en este bosque se realizó el cálculo de los índices de diversidad, de lo que se obtuvo, para el índice de Simpson un valor de 0,96 según (Smith y Smith 2007), este tiene una gran diversidad ya que se encuentra muy cercana del valor máximo que es 1, partiendo de la base que menciona a un sistema como más diverso cuanto menos dominancia de especies hay. La distribución de especies fue más equitativa ya que no se tuvo una dominancia clara de una sola especie siendo *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd la más abundante con el 10,31 % del total de especies registradas.

- **Similaridad**

En la Figura 11 muestra la similitud entre parcelas, presenta una similitud entre la parcela 1 y la parcela 2 un porcentaje de 0,68%, y entre la parcela 1 y la parcela 3 existe un porcentaje de 14,81% de similitud y entre la parcela 3 y 2 presenta el 20% de similitud.

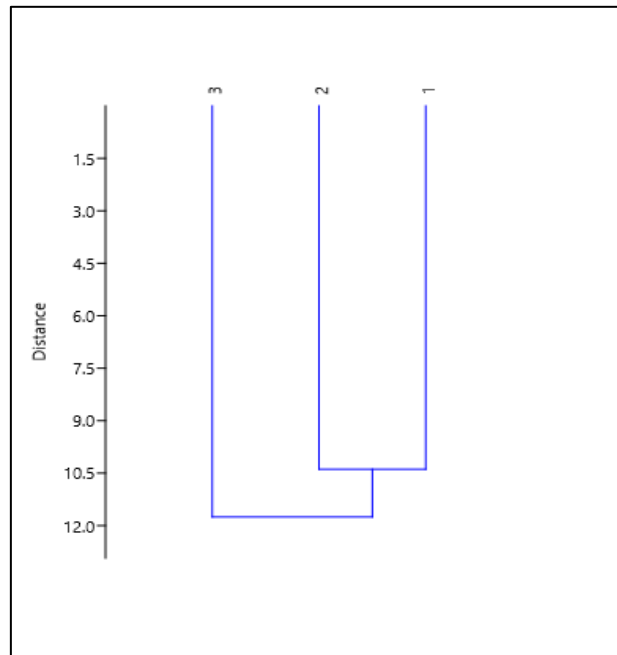


Figura 11. Clúster del bosque

Según Matteucci y Colma (1982) citado por Sonco (2013), menciona que la similitud se puede ver afectada debido a factores como: distribución, variables ambientales, edáficas, entre otros. Por tal razón en esta investigación se encuentra mayor similitud en las especies de las parcelas 2 y 3 debido a que se encuentra en pendientes y altitudes similares a diferencia de la parcela uno que es separada por un camino y tiene una altitud mayor a las otras.

4.4.4 Gremios ecológicos

En tabla 15 se puede observar cada una de las especies encontradas en las tres parcelas muestreadas con su respectivo grupo ecológico. Se obtuvo que las especies más abundantes del bosque son esciófitas con un porcentaje de 68,17 % debidos a que existe mayor cantidad de sombra y Heliófitas con un 31,83%, como se presenta en la Figura 12.

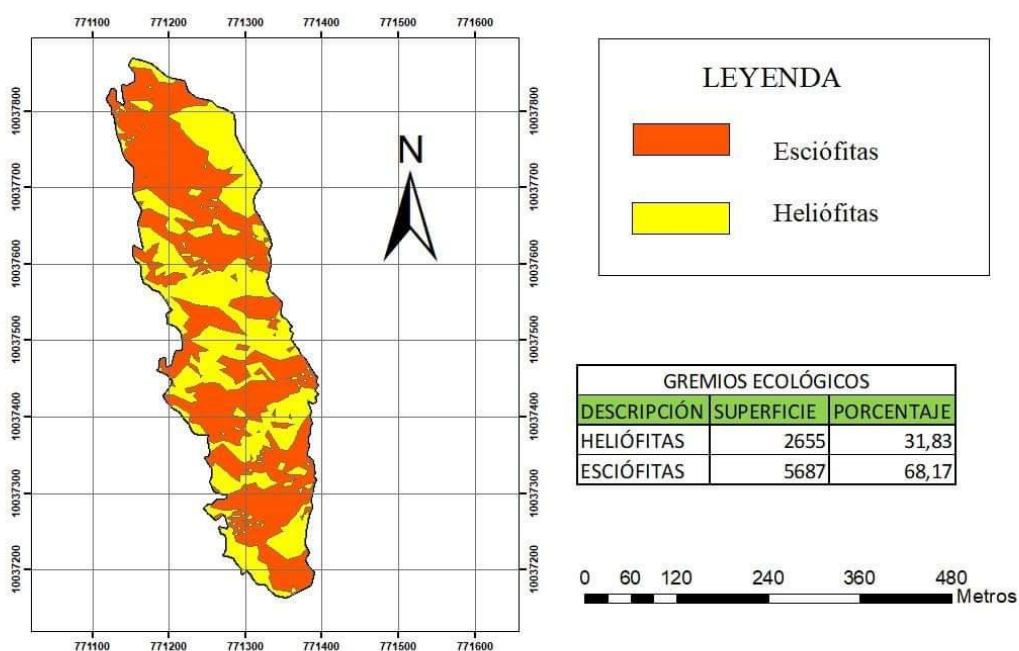


Figura 12. Mapa de clasificación de gremios ecológicos

Tabla 15

Clasificación de Gremios ecológicos

Esciófitas	Heliófitas durables	Heliófitas efímeras
<i>Beilschmiedia costaricensis</i> (Mez & Pittier) C.K. Allen	<i>Axinaea sp</i>	<i>Trema microntha</i>
<i>Beilschmiedia towarensis</i>	<i>Calliandra pittieri</i> Standl	<i>Cecropia maxima</i> Snethl
<i>Cinchona pubescens</i> Vahl.	<i>Citronella incarum</i> (Macbr.) Howard	<i>Miconia sp.</i>
<i>Clusia crenata</i>	<i>Hyeronima macrocarpa</i>	<i>Palicourea amehystina</i> (Ruiz & Pav.)
<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Inga punctata</i> Willd.	
<i>Elaeagia utilis</i> (Goudot) Wedd	<i>Inga oerstediana</i> Benth. Ex Seem	

<i>Pleurothryrium poeppigii</i> Nees	<i>Piper trianaeopiper</i>
<i>Ficus citriofolia</i> Mill	<i>Pricramnia sellowii</i> subsp. Spruceana
<i>Ficus rieberiana</i> C.C. Berg	<i>Urera simplez</i> Wedd.
<i>Guatteria ecuadorensis</i>	
<i>Hedyosmum scabrum</i> (Ruiz & Pav.) Solms	
<i>Huartea glandulosa</i> Ruiz & Pav.	
<i>Meliosma frondosa</i> Cuatrec. & Idrobo	
<i>Myrcia</i> DC. Ex Guillemín	
<i>Nectandra obtusata</i> Rohwer	
<i>Ocotea floccifera</i> Mez & Sodiño	
<i>Oreopanax ecuadorensis</i>	
<i>Symplocos laurifolia</i> Stahl, ine	
<i>Siparuna lepidota</i>	
<i>Solanum lepidotum</i> Dunal	

Elaborado por: Los autores

En Tabla 15 se puede observar cada una de las especies encontradas en las tres parcelas muestreadas con su respectivo grupo ecológico. Se obtuvo que las especies más abundantes del bosque son esciófitas con un porcentaje de 68,17 % debidos a que existe mayor cantidad de sombra y Heliófitas con un 31,83%.

Según Finengan (1993) el mayor número de esciófitas se puede explicar debido a la facilidad de regenerarse en cualquier fase del ciclo incluyendo la fase de sombra. Su crecimiento es más lento debido a los escasos de iluminación y se regeneran bajo del bosque, es por eso que en esta investigación existen más especies esciófitas ya que es un bosque de 50 años y por la edad existe presencia de sombra y poca luz.

4.5 Construcción de modelos alométricos

Para escoger la mejor ecuación, se construyeron modelos alométricos por cada una de las parcelas realizadas y por clase diamétrica. Se emplearon variables como DAP y HT. Siendo estas las más influyentes en la biomasa y contenido de carbono de los árboles, lo que se puede corroborar en el estudio de Ortiz (1997) en el cual se menciona que estas son las variables que tienen mayor incidencia en la biomasa. Los datos utilizados

están directamente relacionados con la variable regresora que es la biomasa total. Se realizó una regresión simple o lineal para obtener el R^2 y el CME de cada una de las variables analizadas. En la figura 13 (a, b y c) se observa el gráfico del modelo que se ajustó mejor para las parcelas 1,2 y 3 como se aprecia en la Tabla 16, así como para las clases diamétricas en la Figura 14. Estas figuras se obtuvieron del software STATGRAPHICS.

Tabla 14

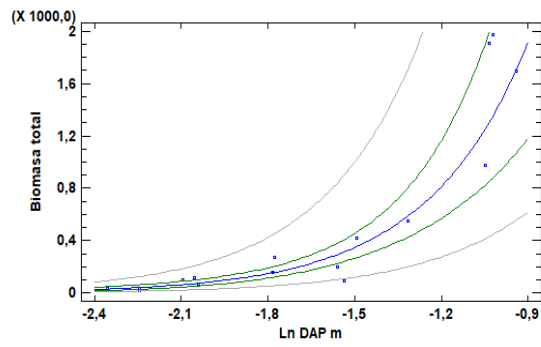
Ecuaciones alométricas obtenidas de las parcelas del bosque

Parcela	Ecuaciones	R2	CME
1	$Bt = \text{Exp} (10,1258 + 2,85191 * \text{Ln DAP})$	0,94	0,47
2	$Bt = \text{Exp} [10,0088 + 2,47416 * \text{Ln (DAP)}]$	0,99	0,27
3	$Bt = \text{Exp} [9,87736 + 2,61678 * \text{Ln (DAP)}]$	0,99	0,37

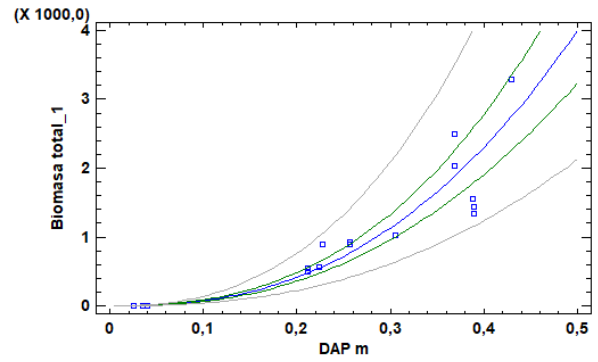
Exp: Exponente; R²: Coeficiente de correlación; DAP: Diámetro a la altura del pecho (m); Ln: logaritmo natural; LOG: logaritmo; d: densidad; CME: cuadrado medio del error Bt: Biomasa total

STATGRAPHICS proporciona un gráfico por cada uno de los modelos ajustados, a continuación, se muestran los gráficos de cada una de las parcelas.

A)



B)



C)

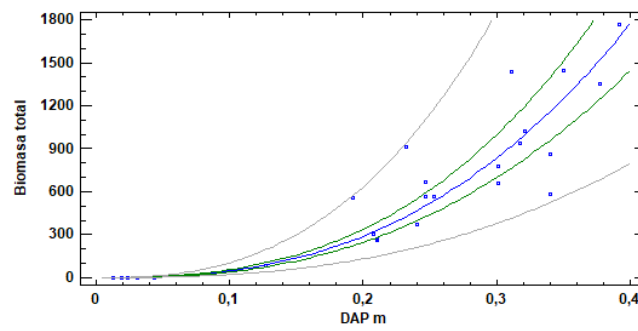


Figura 13. Gráfico de los modelos ajustados para cada parcela: A: Parcela 1; B: Parcela 2; C: Parcela 3

En busca de un mejor ajuste se realizaron ecuaciones para las clases diamétricas de los datos recolectados, de lo que se obtuvo lo que se muestra en la tabla 17.

Tabla 15

Ecuaciones alométricas mediante clases diamétricas

Clase diamétrica	Ecuaciones	R2	CME
1 - 9,99	$B_t = (0,51723 + 772,791 * DAP^2)^2$	0,99	0,19
10 - 19,99	$B_t = \text{Exp} [6,83916 + 1,26881 * \text{Ln} (DAP^2 * HT)]$	0,95	0,28
>20	$B_t = \text{Exp} [6,4574 + 0,987113 * \text{Ln} (DAP^2 * HT)]$	0,94	0,27

Exp: Exponente; R²: Coeficiente de correlación; DAP: Diámetro a la altura del pecho (m); HT: altura total; Ln: logaritmo natural; CME: cuadrado medio del error; Bt: Biomasa total

Al igual que en el caso de las parcelas, el software STATGRAPHICS proporcionó los gráficos de la figura 14 presentada a continuación.

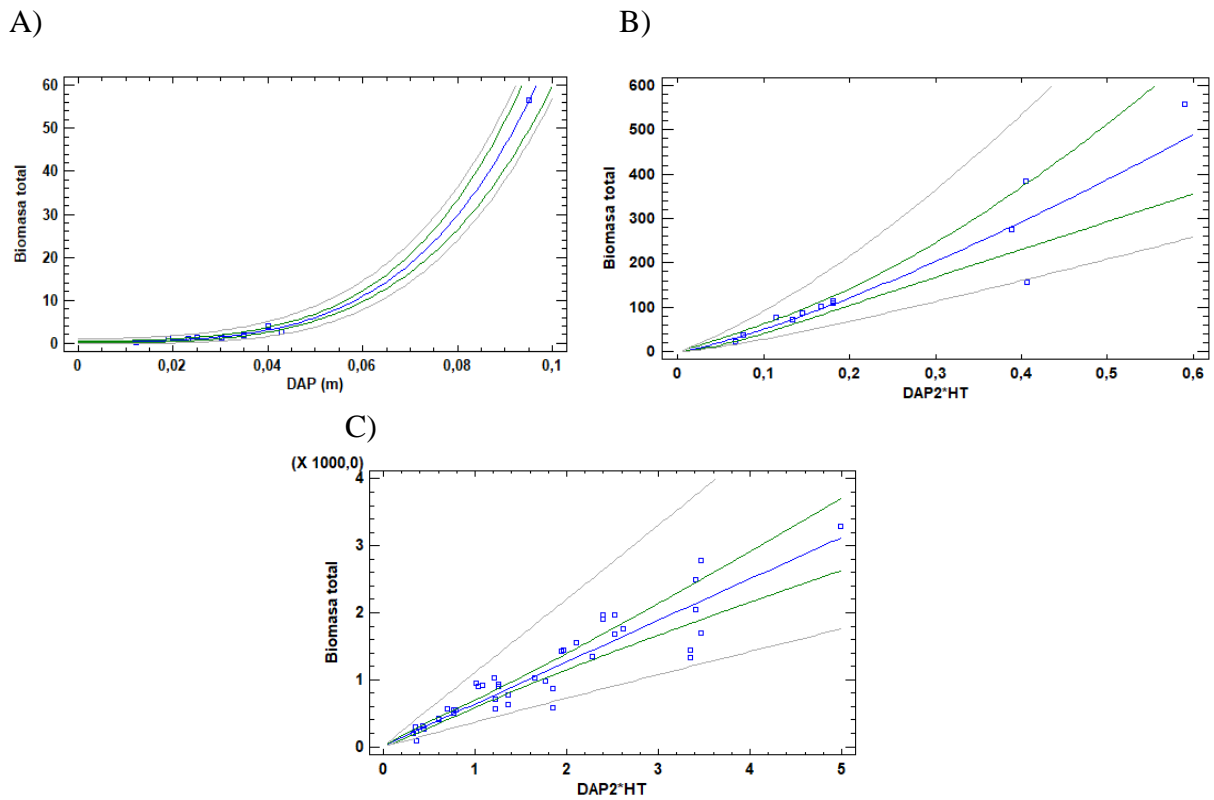


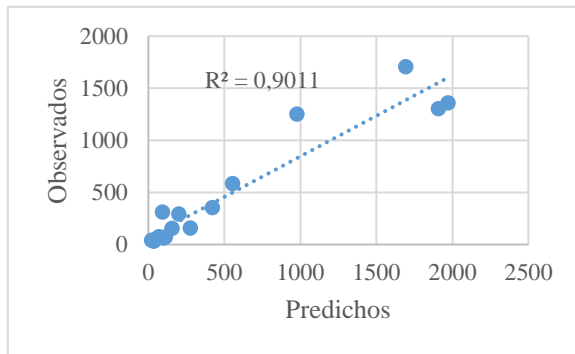
Figura 14. Gráfico de los modelos ajustados para clases diamétricas: A: Clase diamétrica 1 - 9,99 cm; B: Clase diamétrica 10 – 19,99 cm; C: Clase diamétrica mayor a 20 cm

Al analizar las ecuaciones alométricas establecidas por parcela y por clase diamétrica se optó por escoger las obtenidas por clase diamétricas, como en el estudio realizado por Aquino (2013) en el que se aprecia un R^2 de 0,97 y un error estándar de 0,13. Datos que son similares a los obtenidos en este estudio, por esta razón es más factible trabajar con clases diamétricas porque se controla la variabilidad en los datos como se evidencia en los gráficos de dispersión (Ajbilou, Marañón y Arroyo, 2003).

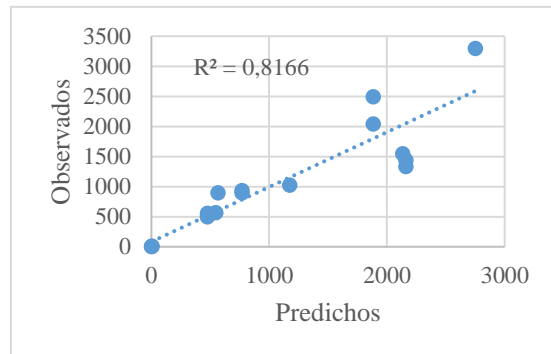
En la tesis de España (2016) se muestran las ecuaciones que utilizó $B = -163,36 + 44,42 \ln(DAP \times DB)$ y $B = 37,157 + 1,75 \times 10^{-4} (DAP \times DB \times HT)$, teniendo como constante modelos de tipo logarítmicos, corroborando que estos son los que mejor predicen la biomasa (Gayoso 2001).

Con los datos de carbono obtenidos a partir de los modelos se elaboró los gráficos de dispersión de los valores observados versus los valores predichos, dando como resultados gráficos que confirman la funcionalidad de cada modelo realizado, lo que se puede apreciar en la figura 15.

A)



B)



C)

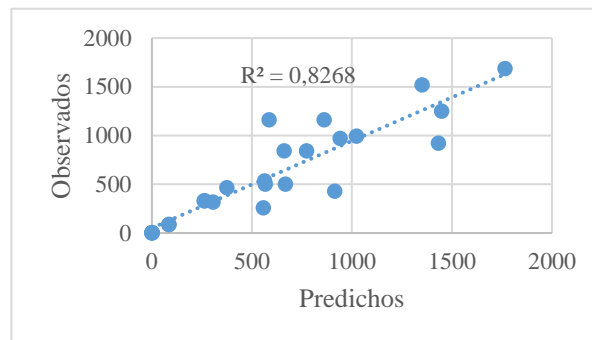


Figura 15. Exploración gráfica de los valores predichos versus los valores observados para cada parcela:

A: Parcela 1; B: Parcela 2; C: Parcela 3

De igual manera que el proceso realizado para las parcelas, se aplicó para las clases diamétricas, dando como resultados gráficos que confirman la funcionalidad de cada modelo realizado, como se observa en la figura 16.

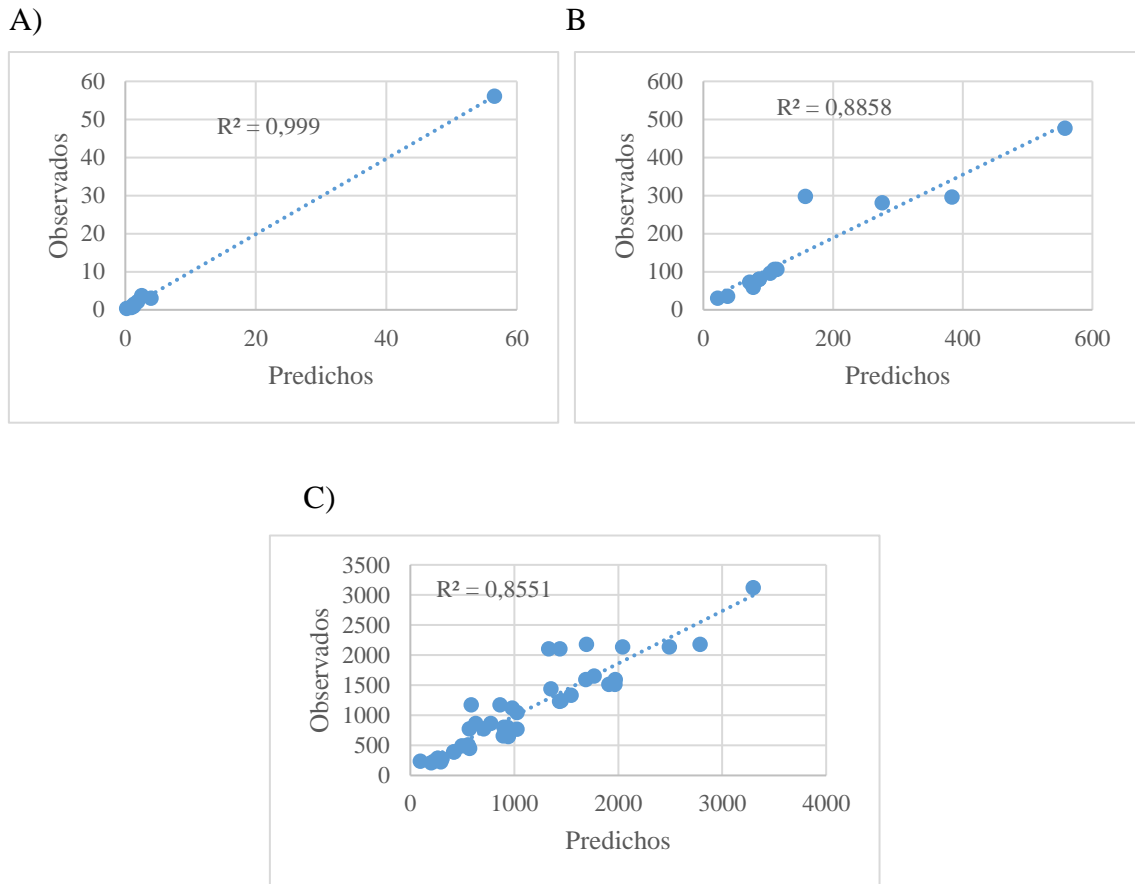


Figura 16. Valores predichos versus los valores observados para las clases diamétricas: A: Clase diamétrica 1 - 9,99 cm; B: Clase diamétrica 10 – 19,99 cm; C: Clase diamétrica mayor a 20 cm

Una vez generados los modelos alométricos se realizaron los gráficos de dispersión de predichos versus observados de la biomasa total, se rechazan los gráficos obtenidos de las parcelas ya que al tener árboles de distintos diámetros y alturas reflejan mucha dispersión lo que se ratifica observando el R^2 que mientras más lejano a uno sea, los datos son más dispersos (Picard, Laurent y Matieu, 2012), los modelos que mostraron mejor ajuste continúan siendo los realizados con las clases diamétricas lo cual es notorio en las líneas de tendencia figura 16 mientras que los realizados por parcelas muestran ser datos heterogéneos, debido a la variabilidad en sus datos Figura 15.

Estos gráficos validan lo mostrado en las ecuaciones alométricas, por lo que se comprueba que es mejor emplear clases diamétricas debido a se evita la dispersión en los datos con los que se va a trabajar (Ajbilou *et al.* 2003). Es importante recalcar que los modelos alométricos que se emplean en la presente investigación se adaptan a las condiciones del sitio de estudio ya que si se desarrolla en ecosistemas diferentes puede presentar limitaciones, a causa de las condiciones que cada árbol necesita para su crecimiento (Álvarez, 2008). Por esto es fundamental saber que los modelos alométricos son específicos de cada zona, ecosistema y edad (Segura, 2008).

4.6 Determinación del carbono aéreo

Con los resultados obtenidos del carbono total se aprecia el importante rol que juegan los bosques secundarios en el secuestro de carbono, es evidente el aporte a la reducción de gases de efecto invernadero (IPCC, 2007) lastimosamente este tipo de ecosistemas no cuentan con un adecuado manejo. Con la presente investigación se invita a desarrollar estrategias de manejo y aprovechamiento. En la investigación de (Acosta, Quednow, Etchevers y Monreal, 2001) se muestra un bosque de 40 años de edad, el cual tiene 100 MgC.ha^{-1} , este dato es similar al que se obtuvo en el bosque de 50 años como se aprecia en la Tabla 18, ya que el contenido de carbono tiende a incrementarse con la edad como se puede apreciar en el estudio de (Torres, Mena, Álvarez y Dávila, 2017).

Tabla 16

Descripción del carbono total del bosque

Bosque	Superficie (ha)	Carbono Promedio (MgC.ha ⁻¹)	Carbono Total (Mg)
50 años	9,67	127,32	1231,19

Elaborado por: Los autores

Delgado (2012) afirma que entre más lejos estén los datos de la media, más grande es la desviación estándar, por esta razón este dato es alto ya que tiene relación con la variación de datos en altura y DAP. Esto se da por las condiciones en las que se encuentra el bosque, al no tener manejo hay varios árboles de regeneración y árboles relictos, por lo que se justifica la variabilidad.

Torres *et al.*, (2017) en su estudio de bosque húmedo tropical menciona que la cantidad optima de carbono que se debe almacenar es 63 MgC.ha⁻¹, realiza una comparación a un bosque con 12 años de edad que puede almacenar 24,2 MgC.ha⁻¹ a simple vista estos datos resultan contradictorios ya que no cumple la cantidad optima que el mismo autor establece. Pero como se mencionó anteriormente todo depende de las condiciones edafológicas, climáticas, la variabilidad innata de los ecosistemas, la especie, entre otras (Torres *et al.* 2017). Por esta razón el bosque que se analizó tiene mayor cantidad de carbono, siendo este casi el doble de lo que al autor infiere como óptimo. La variación que se da en los diferentes sitios puede ser apreciada de mejor manera en la Tabla 19.

Tabla 17

Contenido de carbono de la biomasa aérea de Colombia y otros bosques de américa

Ubicación	Especificación	C almacenado MgC.ha ⁻¹
Bahía solano, Chocó, Colombia	Bosque de 12 años	31,3
	Bosque de 30 años	45,2
	Bosque de 40 años	68,1
Municipio de Quibdó, Chocó, Colombia	Subcuenca del río Tutunendó	81,9
Perú	Bosque milagros 12 años	273,1
Costa Rica	Bosques > 20 años	51,2
Costa Ecuatoriana	Noroccidente de Ecuador	82

Fuente: (Torres *et al.* 2017)

Es indudable la variación en cuanto a la cantidad de carbono que existe de un lugar a otro, en el bosque de 50 años que se analizó se tiene una ventaja la cual permite almacenar una cantidad más grande, esto se debe a que el bosque se encuentra cerca de un río, por esto el crecimiento de los árboles es óptimo así como su capacidad de almacenamiento, esto se puede verificar en el estudio realizado en México por López *et al.*, (2017) en el cual se presentan datos similares a los obtenidos en la investigación realizado, teniendo *Pinus hartwegii* cerrado con 107 MgC.ha⁻¹ y la clase de *Abies religiosa* abierto con 95 MgC.ha⁻¹.

4.6.1 Determinación del carbono del suelo

En la tabla 20 se puede observar la cantidad de carbono obtenida del suelo. En el estudio realizado por Kanninen (2001) se menciona que un bosque secundario puede almacenar entre 60 a 115 MgC.ha⁻¹ en el suelo, dato que resulta moderadamente alejado del obtenido en el presente estudio, esto se debe a la edad que tiene el bosque, ya que Plana (2000) confirma que mientras más viejo sea el bosque, menor va a ser la cantidad de carbono contenida en el suelo dando como dato inicial una cantidad de 35 MgC.ha⁻¹ el cual puede llegar reducir a 9 MgC.ha⁻¹ en el año 50, datos que resultan semejantes a los obtenidos.

Tabla 18

Contenido de carbono en el suelo del bosque de 50 años

Bosque	Superficie (ha)	%C	Carbono del suelo (MgC.ha ⁻¹)
50 años	9,67	6,75	18,50

Elaborado por: Los autores

4.6.2 Carbono total

Mena (2008) en su estudio de bosques secundarios obtuvo datos similares a los de esta investigación, tiene 154,9 MgC.ha⁻¹ debido a que existen condiciones semejantes además de que el bosque tiene una edad mayor a 40 años por lo que se parece más al sitio de estudio.

Tabla 19

Contenido de carbono total en el bosque de 50 años

Bosque	Superficie (ha)	Carbono (MgC.ha⁻¹)	Carbono total (Mg)
50 años	9,67	145,83	1410,13

Elaborado por: Los autores

En esta investigación se puede ver que la mayor cantidad de carbono está en la parte aérea ya que como afirma Acosta *et al.*, (2001) los factores más influyentes en los sistemas de vegetación con estrato arbóreo que tienen mayor influencia en la cantidad de carbono contenido en la parte aérea son: densidad, edad y las diferentes especies que presentan en los distintos estratos, por lo que poseen un enorme potencial en cuanto a almacenamiento de carbono, razón por la cual se debe dar un manejo adecuado.

CAPITULO V

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

- En el bosque secundario de 50 años del sector Nangulví Alto se encontró 97 individuos pertenecientes a 20 familias y 38 especies diferentes, siendo *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd, *Palicourea amehystina* (Ruiz & Pav.) y *Dendropanax arboreus* las especies con mayores individuos encontrados, y las familias más abundantes fueron Rubiaceae y Araleaceae.
- La estructura vertical determinó que las especies que sobresalen de acuerdo a los diferentes estratos son: en el piso superior la especie *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd, piso medio *Calliandra pittieri* Standl y en el piso inferior *Piper trianaeopiper*.
- La estructura horizontal de acuerdo a la clasificación por clase diamétrica determinó que la especie más abundante que se encuentran en el sitio de estudio son las que tienen de 20,1-30 cm de DAP y las especies menos abundantes son de 60,1-70 cm de DAP. Al igual se obtuvo un índice de valor de importancia significativo en la especie *Elaeagia utilis* (Goudot) Wedd con un porcentaje de 9,35% en las parcelas muestreadas.
- El potencial del bosque de 50 años como sumidero de carbono en la parte aérea es de 127,32 MgC.ha⁻¹, obteniendo como total 1231,19Mg. En cuanto al carbono contenido en el suelo se obtuvo 18,50 MgC.ha⁻¹, dando como resultado 1410,13 Mg de carbono total. Lo que muestra que un bosque secundario tiene la capacidad de almacenar grandes cantidades de carbono, a pesar de no contar con un adecuado manejo.
- Las variables regresoras con mayor incidencia en el presente estudio, para la elaboración de los modelos alométricos fueron DAP, HT y algunas combinaciones derivadas de estas, debido a que la mayor cantidad de biomasa se encontró en la parte aérea.

5.2 Recomendaciones

- Efectuar trabajos similares para determinar la fenología de especies, para conocer de esta manera las épocas de floración y fructificación.
- Capacitar a los comuneros y visitantes sobre la importancia y beneficios de conservación del bosque secundarios.
- Se deben realizar más investigaciones en bosque secundarios, así como prácticas de manejo, debido al enorme potencial que tiene para almacenar carbono.
- Si se desean emplear las ecuaciones plasmadas en este documento, es importante tomar en cuenta las condiciones edafoclimáticas de cada sitio, ya que en este caso fue óptimo utilizar variables logarítmicas para la estimación de biomasa, pero puede variar según el estudio que se desee realizar.
- Para mayor precisión en la construcción de ecuaciones alométricas se recomienda emplear clases diamétricas.

BIBLIOGRAFÍAS

- Abraira, V., y Perez de Várgas, A. (1996). Análisis de la varianza. Recuperado 15 de enero de 2020, de http://www.hrc.es/bioest/Anova_1.html
- ACADEMIC. 2012. «Índice de Simpson». *británico Edward H.* 3. Recuperado 31 de enero de 2019 (<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/606245>).
- Acosta, M., Quednow, K., Etchevers, J., y Monreal, C. (2001). UN MÉTODO PARA LA MEDICIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA PARTE AÉREA DE SISTEMAS CON VEGETACIÓN NATURAL E INDUCIDA EN TERRENOS DE LADERA EN MÉXICO. México: INIFAP Colegio de Postgraduados. Recuperado de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/08_Acosta.PDF
- Aguirre, C., y Vizcaino, M. (2010). Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales. *DBRAI, I* (Ibarra Universidad Técnica del Norte). Recuperado de <http://bibliotecas.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-MARCdetail.pl?biblionumber=26764>
- Aguirre, Nikolay. 2011. «Estructura y dinámica del ecosistema forestal». *Centro de Investigacion Tropicales del Ambiente y Biodiversidad* 11-25. Recuperado (<http://nikolayaguirre.comhttp://www.citiab.comhttp://www.citiab.com>).
- Ajbilou, R., T. Marañón, y J. Arroyo. 2003. *Distribución de clases diamétricas y conservación de bosques en el norte de Marruecos*. Vol. 12. Apartado 1052.41080. España.
- Albert, Gadow. 1998. *Estructura y Diversidad*. Panamá.
- Alvarez, G. (2008). *CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia*. Turrialba. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4357/Modelos_alometricos_para_la_estimacion.pdf;jsessionid=E215121BF2D6F83092D06260C656A44C?sequence=1

- Alvis, Jose. 2009. *STRUCTURAL ANALYSIS OF A NATURAL FOREST AREA LOCATED IN THE RURAL MUNICIPALITY OF POPAYÁN*.
- Aquino, E. (2013). *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, Huncayo. Recuperado de http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4357/Modelos_alometricos_para_la_estimacion.pdf;jsessionid=E215121BF2D6F83092D06260C656A44C?sequence=1
- Araujo, Publio, Marta Iturre, y Victor Acosta. 2006. «caracteres estructurales de las masas». *E- Book ISBN 978-987-1676-34-7*, 9-18.
- Bruno Locatelli, y Sylvain Leonerd. (2001). *UN MÉTODO PARA MEDIR EL CARBONO ALMACENADO EN LOS BOSQUES DE MALLECO*. Recuperado de https://agritrop.cirad.fr/478866/1/document_478866.pdf
- Carollo, C. (2011). *Regresión lineal simple REGRESIÓN LINEAL SIMPLE*. Compostela. https://doi.org/http://eio.usc.es/eipc1/BASE/BASEMASTER/FORMULARIOS-PHP-DPTO/MATERIALES/Mat_50140116_Regr_simple_2011_12.pdf
- Carreira, D. (2011). *CARBONO ORGÁNICO (Método de WALKLEY & BLACK)*. Recuperado de [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002010_Ronda_2010/000003_Ing_Agr_Daniel_Carreira_\(Carbono_oxidable_y_Nitrógeno\)/000008_Carbono_oxidable_-_Método_de_Walkley&Black_-_y_en_Nitrógeno_Kjeldahl_\(Ing_Agr_Daniel_Carreira\)_-Resumen.pdf](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002010_Ronda_2010/000003_Ing_Agr_Daniel_Carreira_(Carbono_oxidable_y_Nitrógeno)/000008_Carbono_oxidable_-_Método_de_Walkley&Black_-_y_en_Nitrógeno_Kjeldahl_(Ing_Agr_Daniel_Carreira)_-Resumen.pdf)
- Chacón, P., Leblanc, H. A., y Russo, R. O. (2007). FIJACIÓN DE CARBONO EN UN BOSQUE SECUNDARIO DE LA REGIÓN TROPICAL HÚMEDA DE COSTA RICA. *Tierra tropical*, 3(1), 1-11. Recuperado de http://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/chacon_et_al._2007_-_fijaci_n_de_carbono_en_un_bosque_secundario_de_la_regi_n_tropical_h_meda_de_costa_rica.pdf
- COA. (2017). *Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr*. Quito. Recuperado de www.lexis.com.ec

Constitución de la república del Ecuador. (2008). Recuperado de www.lexis.com.ec

Cuenca, E., Jadán, O., Cueva, K., & Aguirre, C. (2014). (PDF) *Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas, Amazonía Ecuatoriana*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/269095325_Carbono_y_ecuaciones_alometricas_para_grupos_de_especies_y_bosque_de_tierras_bajas_Amazonia_Ecuatoriana

Delgado, A. (2012). La idea de la dispersión y la desviación estándar (artículo) | Khan Academy. Recuperado 16 de enero de 2020, de <https://es.khanacademy.org/math/probability/data-distributions-a1/summarizing-spread-distributions/a/introduction-to-standard-deviation>

Donoso, Claudio. 1981. «Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados ... - Google Libros». Recuperado 2 de junio de 2020 ([https://books.google.com.ec/books?id=7GmAbzVWtdcC&pg=PA200&lpg=PA200&dq=.+Los+árboles+tienen+relaciones+entre+sí+y+con+el+medio+ambiente+\(Donoso,1981\).&source=bl&ots=fWYeZc5TSA&sig=ACfU3U3XtKZ6M_NLpHWnNXEy-0UWKeux7w&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj3_OSW6eTpAhV](https://books.google.com.ec/books?id=7GmAbzVWtdcC&pg=PA200&lpg=PA200&dq=.+Los+árboles+tienen+relaciones+entre+sí+y+con+el+medio+ambiente+(Donoso,1981).&source=bl&ots=fWYeZc5TSA&sig=ACfU3U3XtKZ6M_NLpHWnNXEy-0UWKeux7w&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj3_OSW6eTpAhV)).

Economi. (2018). R Cuadrado (Coeficiente de determinación) - Definición, qué es y concepto | Economipedia. Recuperado 22 de enero de 2019, de <https://economipedia.com/definiciones/r-cuadrado-coeficiente-determinacion.html>

España, F. (2016). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS*. Universidad Técnica del Norte. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/>

Evans, J. (2015). *Biogeochemical Cycles - Concepts of Biology - OpenStax*. Recuperado 23 de enero de 2020, de <https://openstax.org/books/concepts-biology/pages/20-2-biogeochemical-cycles>

FAO. (2000). Rol de los bosques en el cambio climático. Recuperado 16 de octubre de 2019, de <http://www.fao.org/3/XII/0814-B2.htm>

FAO. 2018. «REDD+ Reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación de los bosques | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura». Recuperado 16 de octubre de 2019

(<http://www.fao.org/redd/es/>).

Finegan. (1992). *Manual para promover la regeneración natural en pastos degradados en el Pacífico Central y Norte de Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú* (Vol. 4).

GADP Peñaherrera. 2014. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial GAD Parroquial Peñaherrera*. Cotacachi - Imbabura- Ecuador.

García, Danilo. 2014. «COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA FLORÍSTICA DEL BOSQUE DE NEBLINA MONTANO, DEL SECTOR SAN ANTONIO DE LA MONTAÑA, CANTÓN BAÑOS, PROVINCIA DE TUNGURAHUA.» 18-24. Recuperado 23 de enero de 2019 ([http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3476/1/33T0128 .pdf](http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3476/1/33T0128.pdf)).

Gaviria, J. (1998). *51. Rev .Fac .NaI.Agr.Medellín*. Colombia: UNC. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/30143/1/28904-104007-1-PB.pdf>

Gayoso, J. (2001). *Proyectos forestales para mitigación de gases de efecto invernadero*. Santiago. Recuperado de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/docs_publicaciones/gayoso_schlegel_A&D_2001.pdf

Guzmán, R. (1997). Consideraciones Teóricas Y Metodologías Prácticas Para La Asignación De Gremios Ecológicos Para Las Especies Forestales De Bosques Húmedos Tropicales, 21.

Infobosques. (2001). *I BOSQUES SECUNDARIOS: ORIGEN, DEFINICION, EXTENSION Y POTENCIAL ORIGEN*. Pucallpa. Recuperado de <http://infobosques.com/portal/wp-content/uploads/2016/10/SPT-TCA-PER-SN-propuesta-pucallpa.pdf>

IPCC. (2007). Cambio Climático 2007: base de ciencia física. *Cuarto Informe de Evaluación, 4(Kansri), 77-78*. Recuperado de http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4_wg1_full_report.pdf

Kanninen, M. (2001). Secuestro de Carbono en bosques, su papel en el ciclo global. Recuperado 24 de enero de 2020, de <http://www.fao.org/3/y4435s/y4435s09.htm>

Lamprecht, Hans. 1962. «bibliografía forestal de america tropical - Google Libros».

Recuperado 2 de junio de 2020
(<https://books.google.com.ec/books?id=NRoOAQAIAAJ&pg=PA123&lpg=PA123&dq=.+Ensayos+sobre+unos+métodos+para+el+análisis+estructural+de+los+bosques+tropicales.lamprecht&source=bl&ots=QsqIbzh3Uz&sig=ACfU3U3ErgMm5rFnKX7GBaRav9ncLqjPgQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKE>).

Landázuri, J., y Benítez, E. (2013). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE ECONOMÍA* *Disertación previa a la obtención del título de Economista*. Quito. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/5706/T-PUCE-5861.pdf?sequence=1>

Lopez, B. (2009). Bioestadística. En F. Téllez (Ed.), *Apuntes de Bioestadística* (Universida, pp. 35-37). Malaga: UMA. Recuperado de <https://www.bioestadistica.uma.es/baron/apuntes/ficheros/cap01.pdf>

López, Maria del Rosario, Ernesto Ruelas, Lázaro Sánchez, Marco Espinoza, Alberto Rojo, y Suria Vásquez-. 2017. «Dynamics of land use and land cover in a Mexican national park». *Madera y Bosques* 23(3):87.

Louman, Bastiaan, David Quirós, y Margarita Nilsson. 2001. *Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en America Central*. editado por B. Louman, D. Quirós, y M. Nilsson. Turrialba - Costa Rica: Cooperación Suiza al Desarrollo(COSUDE).

MAE. (2012). Manual bosque liviano. *ONU REDD*. Recuperado de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Manual-2012-Bosques-liviano-9.pdf>

MAE. (2014). Evaluación nacional forestal resultados. *Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) y el Proyecto “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático (MFSCC)” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO)*., 316. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/303519580_EVALUACION_NACIONAL_FORESTAL_DEL_ECUADOR_UN_PROCESO_EN_CONTRUCCION_HACIA_EL_MONITOREO_DE_LOS_BOSQUES_Y_LA_BIODIVERSIDAD

MAE. (2016). Programa REDD+ - SUIA. Recuperado de

<https://www.ambiente.gob.ec/el-ministerio-del-ambiente-presento-plan-de-accion-redd-bosques-para-el-buen-vivir-la-estrategia-nacional-para-la-conservacion-de-los-bosques/>

Marín, Guillermo. 2008. «Biodiversidad». *Comisión Europea* 35-38. Recuperado 16 de octubre de 2019 (<https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4770/biodiversidad.pdf>).

Mena, V. (2008). Relación entre el carbono almacenado en la biomasa total y la composición fisionómica de la vegetación en los sistemas agroforestales con café y en bosques secundarios del Corredor Biológico Volcánica Central - Talamanca, Costa Rica | Semantic Scholar. Recuperado de <https://www.semanticscholar.org/paper/Relación-entre-el-carbono-almacenado-en-la-biomasa-Mosquera/2b5e678aba096c00948c0c1622a772eb50385612#related-papers>

Mendoza, Humberto, Bernardo Ramirez, y Luis Jimenez. 2004. «Rubiaceae de Colombia». Instituto de Investigación de recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Molina, Francisco, Therese A. Markow, Octavio R. Rojas, y Alejandro Varela. 2009. «Diversidad genética». *ResearchGate* (Enero 2016):98-99. Recuperado (<file:///C:/Users/USER/Downloads/Capitulo4.pdf>).

Noguera, Á., Gonzalez, B., y Castro, G. (2012). MONITOREO APLICADO A LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE CONSERVACIÓN DE *Calycophyllum candidissimum* EN FRAGMENTOS DE BOSQUE SECO DEL SUROESTE DE NICARAGUA. *La Calera*, 11(17), 48-54. <https://doi.org/10.5377/calera.v11i17.777>

Oceana. (2001). Gases de efecto invernadero | Oceana EU. Recuperado 13 de febrero de 2020, de <https://eu.oceana.org/es/node/46897>

Orellana, L. (2008). *Regresión Lineal Simple*. Recuperado de [http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/clase regresion simple.pdf](http://www.dm.uba.ar/materias/estadistica_Q/2011/1/clase%20regresion%20simple.pdf)

Ortiz, E. (1997). Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Crecimiento y Rendimiento (FO-5218) Proyecto final: - PDF Descargar libre. Recuperado 15 de enero de 2020, de <https://docplayer.es/amp/144236439-Instituto-tecnologico-de-costa-rica-escuela-de-ingenieria-forestal-crecimiento-y->

rendimiento-fo-5218-proyecto-final.html

- Palacios, Walter A. 2004. «Los gremios forestales en los bosques tropicales húmedos del Ecuador». *Iyonia*, 1-8.
- Picard, N., Laurent, A., y Matieu, H. (2012). *Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/018/i3058s/i3058s.pdf>
- Plana, E. (2000). INTRODUCCIÓN A LA ECOLOGIA Y DINAMICA DEL BOSQUE TROPICAL. Recuperado 24 de enero de 2020, de <http://www.bio-nica.info/Biblioteca/Plana Bach 2000 Ecologia bosque tropical.pdf>
- PNUMA. 2005. *DIVERSIDAD BIOLÓGICA MANUAL DE CIUDADANÍA AMBIENTAL GLOBAL Diversidad Biológica Proyecto Ciudadanía Ambiental Global 2005*.
- RAE. (2015). Biodiversidad y conservación de la naturaleza | Hablando en Vidrio. Recuperado 22 de enero de 2019, de <https://hablandoenvidrio.com/biodiversidad-y-conservacion-de-la-naturaleza/>
- SEMPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. Quito. Recuperado de www.planificacion.gob.ec
- Riquelme, M. (2018). Coeficiente de Determinación r² - Web y Empresas. Recuperado 23 de enero de 2020, de <https://www.webyempresas.com/coeficiente-de-determinacion-r2/>
- Roldán, Laura. 2015. «Tipos de biodiversidad». *Ecología verde*, 5-7.
- San Martín, J., Villa, A., y Ramirez, C. (2002). Fenología y crecimiento vegetativo de *Beilschmiedia berteriana* (Gay) Kosterm: en la precordillera andina de Chile central (35° 52' S / 71° 06' W). *Bosque*, 23(1), 37-45. <https://doi.org/10.4206/bosque.2002.v23n1-04>
- Schlegel, B., Gayoso, J., Guerra Valdivia, J., De, M., De, L. C., De Carbono En, C., ... Mundial, M. (2000). *Universidad Austral De Chile Proyecto FONDEF D98II076 MANUAL DE PROCEDIMIENTOS MUESTREOS DE BIOMASA FORESTAL*. Recuperado de https://www.uach.cl/procarbono/pdf/manuales/guia_destructivo.pdf
- Segura. (2008). Proceso metodológico para el desarrollo de modelos alometricos para

- especies, grupos de especies y estratos de bosque del Ecuador. *ONU REDD*, (Ministerio del Ambiente), 4-9. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/269095325_Carbono_y_ecuaciones_alo_mtricas_para_grupos_de_especies_y_bosque_de_tierras_bajas_Amazonia_Ecuatoriana
- Segura, M., y Andrade, H. (2008). ¿Cómo construir modelos alométricos de volumen, biomasa o carbono de especies leñosas perennes? *Agroforestería en las Américas*, 89-93. Recuperado de <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/6935>
- Smith, T. M., y Smith, R. L. (2007). Estructura de las comunidades. *Ecología*, (Capítulo 16), 350-369. <https://doi.org/10.1007/BF02038502>
- Sonco, Ricardo. 2013. «Estudio de la diversidad alfa y beta en tres localidades de un bosque montano en la región Madidi, La Paz». *Universidad mayor de san andrés* 126.
- Taicud, K., y Collahuazo, S. (2008). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE*. Univerdidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://doi.org/http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/45>
- Torres, T., Mena, J., Álvarez, E., y Dávila, E. (2017). Carbono aéreo almacenado en tres bosques del Jardín Botánico del Pacífico, Chocó, Colombia *, *13*(1). <https://doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25110>
- Torres, T., Mena, J., y Victor, Á. (2015). Composición y diversidad florística de tres bosques húmedos tropicales de edades diferentes, en El Jardín Botánico del Pacífico, municipio de Bahía Solano, Chocó, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical*, *6*(1), 12. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v6i1.197>
- Valerio, Juvenal, y Cynthia Salas. 1998. «Selección de prácticas silviculturales para bosques tropicales». *Manual técnico. Proyecto de manejo forestal ...* 83.
- Vallejos, Hugo, Gladys Guitarra, y Michelle Lema. 2019. «Informe N° 1 Area de Conservacion y Uso Sustentable - ACUS». 39.
- Vargas, A., Mena, A., y Yañez, A. (2004). LA CAPTURA DE CARBONO EN BOSQUES. Recuperado 23 de enero de 2020, de

<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/6935>