



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

Proyecto de investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Forestal

Título del Proyecto de Investigación:

Flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca El Carmen del cantón
Balzar, provincia del Guayas, 2022.

Autor:

Axel Gerardo Moreno Morán

Director del Proyecto de Investigación:

M.Sc. Ing. For. Walter Oscar García Cox

Mocache – Los Ríos - Ecuador

2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Axel Gerardo Moreno Morán**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Axel Gerardo Moreno Morán

C.C.# 120686119-5

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **M.Sc. Ing. For. Walter Oscar García Cox**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **Axel Gerardo Moreno Morán**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca El Carmen en el cantón Balzar, provincia del Guayas, 2022**”, previo a la obtención del título de, Ingeniero Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

M.Sc. Ing. For. Walter Oscar García Cox
Director del Proyecto de Investigación

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

CERTIFICADO URKUND

El suscrito, **M.Sc. Ing. For. Walter Oscar García Cox**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de director del Proyecto de Investigación “**Flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca El Carmen en el cantón Balzar, provincia del Guayas, 2022**”, perteneciente al estudiante **MORENO MORÁN AXEL GERARDO** de la carrera de Ingeniería Forestal. Certifica el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENECYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 4%.



Document Information

Analyzed document	PROY INV AXEL GERARDO MORENO MORÁN.docx (D150325564)
Submitted	2022-11-21 01:15:00
Submitted by	Walter García
Submitter email	wgarcia@uteq.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	wgarcia@uteq@analysis.arkund.com

M.Sc. Ing. For. Walter Oscar García Cox
Director del Proyecto de Investigación



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE
SUSTENTACIÓN**

Título del proyecto de investigación:

“Flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca El Carmen del
cantón Balzar, provincia del Guayas, 2022”.

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Forestal.

Aprobado por:

Dr. Carlos Belezaca Pinargote
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

M.Sc. Edwin Jiménez Romero
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Nicolás Cruz Rosero
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mocache – Los Ríos – Ecuador

2022

AGRADECIMIENTO

Estoy agradecido con mi padre por su apoyo incondicional durante estos 5 años de carrera universitaria, por ayudarme a cumplir este sueño, el cual es convertirme en un gran profesional y ser el mejor. Con mi madre por siempre recordarme que puedo seguir adelante y alcanzar las metas que me proponga. A mi familia, por estar pendiente siempre de mí y extenderme su mano en los momentos que más los necesité.

Al M.Sc. Walter García Cox, por darme la oportunidad de ser parte de su selecto grupo de estudiantes para proyecto de tesis.

A mis amigos Jury, Marlon, Cristhian, Denilson y Jared por acompañarme durante este largo camino y por haber compartido bonitas experiencias día con día.

DEDICATORIA

Esta investigación está dedicada a mi familia. A mi padre Wellington Moreno, por las palabras de aliento, por acompañarme y ser mi soporte a pesar de las circunstancias difíciles, por brindarme su conocimiento y experiencia sobre la vida, siendo pilar en mi desarrollo como profesional. A mí madre Mercedes Morán, por estar ahí siempre para mí, por ayudarme a no decaer, por motivarme a seguir adelante y así cumplir mis metas día con día. A mí hermano Keneth Moreno por brindarme su apoyo físico y moral constantemente durante este proceso. A Jashert Moreno para que se motive y pueda lograr sus propósitos y metas, al igual que yo.

RESUMEN

En la presente investigación se realizó el estudio de diversidad de la flora arbórea. Se identificaron las especies y familias localizadas en la zona, su índice de valor de importancia y el carbono aéreo almacenado en el área de bosque nativo de la finca el Carmen en la provincia del Guayas. Se empleó un inventario forestal para tener un registro de cada uno de los individuos, tomando datos de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copas. Se instalaron en 6 ha, 6 unidades de muestreo de 500 m² con un total de 134 individuos, clasificados en seis especies (*Cecropia Peltata* L., *Guazuma Ulmifolia* Lam., *Inga spectabilis* Mart., *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit., *Pseudobombax Millei* Dugand., *Triplaris cumingiana* Fisch y Meyer) y cuatro familias (Urticaceae, Malvaceae, Fabaceae, Polygonaceae). Se obtuvo un total de carbono almacenado de 37,26 t/ha, donde la especie *G. Ulmifolia* Lam. es la que genera un mayor aporte de carbono con 15,96 t/ha, representando un IVI de 137,23. Se calcularon dos índices de diversidad, donde el índice de Shannon -Weaver plantea que es un área con diversidad baja, mientras que para el índice de Simpson muestra que esta corresponde a un área con diversidad media. El 77% de la estructura vertical de la cobertura arbórea pertenece al estrato inferior (< 10 m de altura) y por parte de la estructura horizontal el 66% se encuentra en la clase diamétrica I (10 a 20 cm).

Palabras claves: DAP, diversidad, estructura vertical, estructura horizontal, IVI.

ABSTRACT

In the present investigation, the study of diversity of the arboreal flora was carried out. The species and families located in the area, their importance value index and the aerial carbon stored in the native forest area of the El Carmen farm in the province of Guayas were identified. A forest inventory was used to have a record of each of the individuals, taking data on height, diameter at breast height (DBH) and crown diameter. Six sampling units of 500 m² with a total of 134 individuals were installed in 6 ha., classified into six species (*Cecropia Peltata* L., *Guazuma Ulmifolia* Lam., *Inga spectabilis* Mart., *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit., *Pseudobombax Millei* Dugand., *Triplaris cumingiana* Fisch and Meyer) and four families (Urticaceae, Malvaceae, Fabaceae, Polygonaceae). A total stored carbon of 37,26 t/ha was obtained, where the species *G. Ulmifolia* Lam. it is the one that generates the greatest contribution of carbon with 15,96 t/ha, representing an IVI of 137,23. Two diversity indices were calculated, where the Shannon-Weaver index suggests that it is an area with low diversity, while the Simpson index shows that it corresponds to an area with medium diversity. 77% of the vertical structure of the tree cover belongs to the lower stratum (<10 m in height) and 66% of the horizontal structure is in diameter class I (10 to 20 cm).

Keywords: DBH, diversity, vertical structure, horizontal structure, IVI.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLÍN.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	18
CAPÍTULO I.....	19
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.1. Problematización de la Investigación.....	20
1.1.1. Planteamiento del Problema	20
1.1.2. Diagnóstico.....	20
<u>Formulación del Problema</u>	20
<u>Sistematización</u>	20
1.3. Objetivos.....	21
1.3.1. Objetivo General	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
CAPÍTULO II	22
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	22
2.1. Marco Conceptual.....	23
2.1.1. Bosques.....	23

2.1.2. Servicios Ambientales de los Bosques	23
2.1.3. Cobertura Forestal Ecuatoriana	24
2.1.4. Inventario Forestal	25
2.1.5. Parcelas de Monitoreo	26
2.1.6. Carbono en la Atmósfera.....	27
2.1.7. Abundancia Relativa (Ar).....	29
2.1.8. Frecuencia Relativa (Fr).....	29
2.1.9. Dominancia Relativa (Dr).....	30
2.1.10. Índice de Valor de Importancia (IVI)	30
2.1.11. Índice de Diversidad de Shannon -Wiener (H')	30
2.1.11. Índice de Diversidad de Simpson (D).....	30
2.1.12. Ecuación Alométrica	31
2.2. Marco Referencial.....	31
CAPÍTULO III	33
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.1. Localización.....	34
3.2. Tipo de Investigación.....	35
3.3. Métodos de Investigación.....	35
3.4. Fuentes de Recopilación de Información.....	35
3.5. Diseño de la Investigación.....	36
3.6. Instrumento de Investigación.....	36
3.6.1. Inventario Forestal	36
3.6.2. Parcelas.....	36
3.6.3. Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	37
3.6.4. Altura	37
3.6.5. Copas.....	37
3.6.6. Área Basal	37

3.6.7. <i>Abundancia Relativa (Ar)</i>	38
3.6.8. <i>Frecuencia Relativa (Fr)</i>	38
3.6.9. <i>Dominancia Relativa (Dr)</i>	39
3.6.10. <i>Índice de Valor de Importancia</i>	39
3.6.11. <i>Índice de Diversidad de Shannon -Weaver (H')</i>	40
3.6.12. <i>Índice de Diversidad de Simpson (D)</i>	40
3.6.13. <i>Análisis de la Estructura Vertical del Bosque</i>	41
3.6.14. <i>Análisis de la Estructura Horizontal del Bosque</i>	41
3.6.15. <i>Análisis de Captura de Carbono o Biomasa Aérea</i>	42
3.7. Tratamiento de los Datos.....	42
3.8. Recursos Materiales.....	43
3.8.1. <i>Materiales de Campo</i>	43
3.8.2. <i>Materiales de Oficina</i>	43
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. <i>Inventario de la Flora Arbórea en el Área de Bosque Nativo</i>	45
4.2 <i>Carbono Almacenado por los Especímenes Arbóreos</i>	46
4.3 <i>Componente estructural horizontal y vertical</i>	48
4.3.1. <i>Abundancia</i>	48
4.3.2. <i>Frecuencia</i>	48
4.3.3 <i>Dominancia</i>	49
4.3.4. <i>Índice de Valor de Importancia</i>	50
4.3.5. <i>Índice de Diversidad de Shannon -Weaver</i>	51
4.3.6. <i>Índice de Diversidad de Simpson</i>	52
4.3.7. <i>Análisis de la Estructura Vertical del Bosque</i>	53
4.3.8. <i>Análisis de la Estructura Horizontal del Bosque</i>	55

CAPÍTULO V.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	59
5.1. Conclusiones.....	60
5.2. Recomendaciones	61
CAPÍTULO VI	62
BIBLIOGRAFÍA	62
5.1. Bibliografía.....	63
CAPÍTULO VII.....	69
ANEXOS	69
7.1 Fotografías de la Fase de Campo.....	70

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la finca El Carmen.....	34
Figura 2. Número de individuos por familias de la finca El Carmen.....	45
Figura 3. Cantidad de carbono almacenado por especies (t) por hectárea.....	47
Figura 4. Cantidad de carbono almacenado por familias (t) por hectárea.....	47
Figura 5. Escala porcentual de abundancia por especies en la finca El Carmen.....	48
Figura 6. Nivel de frecuencia de cada especie por parcela en la finca El Carmen.....	49
Figura 7. Comportamiento sobre la dominancia entre familias en la finca El Carmen.....	49
Figura 8. Número de árboles por estratos de altura de la finca El Carmen.....	54
Figura 9. Perfil vertical de la parcela 3 en el área de bosque nativo de la finca El Carmen de las especies <i>P. millei</i> (1, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23); <i>C. peltata</i> (2, 6); <i>L. leucocephala</i> (3, 4, 5, 9); <i>G. ulmifolia</i> (7, 8, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 24, 27, 28, 29); <i>I. spectabilis</i> (25, 30,31,33).....	54
Figura 10. Número de árboles por clase diamétrica de la finca el Carmen.....	55
Figura 11. Perfil horizontal de la flora arbórea de la parcela 3 en el área de bosque nativo la finca El Carmen.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios ambientales que provee el bosque	24
Tabla 2. Número de parcelas por hectárea.....	27
Tabla 3. Condiciones meteorológicas del área de estudio.....	34
Tabla 4. Número de individuos por especie en la finca el Carmen	46
Tabla 5. Índice de valor de importancia de la estructura horizontal por especies del área de bosque nativo de la finca el Carmen.....	50
Tabla 6. Índice de valor de importancia de la estructura horizontal por familias del área de bosque nativo de la finca el Carmen	51
Tabla 7. Comparación de diversidad florística en el área de bosque nativo de la finca el Carmen, mediante el índice de Shannon - Weaver	52
Tabla 8. Comparación de la diversidad florística en el área de bosque nativo de la finca el Carmen, mediante el índice de Simpson.....	53

ÍNDICE ANEXOS

Anexo 1.	Reconocimiento de la zona de estudio.....	70
Anexo 2.	Medición de la parcela.....	70
Anexo 3.	Cuadrar la parcela.	70
Anexo 4.	Apuntalar las estacas.....	70
Anexo 5.	Marcación de las coordenadas de la parcela con el GPS.....	71
Anexo 6.	Cerrado de la parcela con la cinta de peligro.....	71
Anexo 7.	Marcación de los árboles.	71
Anexo 8.	Coordenadas GPS.	71
Anexo 9.	Registro final de todos los datos de DAP, Ht, Hc y diámetro de las copas..	72
Anexo 10.	Estimación de la altura de los individuos.	72
Anexo 11.	Medición de las copas e los árboles.....	72

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca el Carmen en el cantón Balzar, provincia del Guayas”.				
Autor:	Axel Gerardo Moreno Morán				
Palabras claves:	DAP	Diversidad	Estructura vertical	Estructura horizontal	IVI
Fecha de publicación:					
Editorial:					
Resumen:	Se empleó un inventario forestal para tener un registro de cada uno de los individuos, tomando datos de altura, diámetro a la altura del pecho (DAP) y diámetro de copas y cálculo de carbono aéreo, se instalaron 6 unidades de muestreo de 500 m², en 6 ha. Sé evaluó la estructura vertical y horizontal, se calcularon dos índices de diversidad, el índice de Shannon -Weaver y el índice de Simpson. A forest inventory was used to have a record of each of the individuals, taking data on height, diameter at breast height (DBH) and crown diameter.and calculation of aerial carbon, 6 sampling units of 500 m² were installed, in 6 ha. The vertical and horizontal structure was evaluated, two diversity indices were calculated, the Shannon-Weaver index and the Simpson index.				
Descripción:	73 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URL:	(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)				

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se indica que las características propias del bosque están determinadas por el número de individuos que habitan en dicha cobertura vegetal, por los patrones espaciales entre suelo y dosel, por los suministros maderables y por las provisiones no maderables que puede brindarle al sector antropogénico (materias primas) para la producción industrial (1).

Es por ello que estos bosques naturales ubicados en zonas cercanas a áreas de expansión urbana, son considerados ecosistemas de importancia ambiental, social y ecológica, en razón a los innumerables beneficios que estos prestan a los habitantes. Un aspecto importante para dar esta valoración es la estructura horizontal, ya que permite gestionar una evaluación del comportamiento de los árboles de forma individual y de las especies en la superficie del bosque (2).

En Ecuador los bosques son la fuente más valiosa de riqueza, ya que poseen una inmensa diversidad de ecosistemas, flora y fauna que componen a las regiones Costa, Sierra y Oriente. Todo esto representa la verdadera relevancia que tienen cada uno de los tipos de bosques en el desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida en relación con el buen vivir (Sumak Kawsay), sin embargo, también se ha tratado de analizar las problemáticas de los mismos, acerca de las especies forestales en peligro de extinción y la implementación de estrategias para conservarlos (3).

La cobertura de bosque nativo de la finca El Carmen, es una zona nativa ubicada en el cantón Balzar, donde la presencia de vegetación arbórea representa un dosel equivalente al 45% (formaciones forestales naturales en restauración) dentro de las parcelas (3). Actualmente no se han realizado muchas investigaciones o proyectos científicos en este cantón, correspondiente a inventarios florísticos y carbono aéreo. Por ello considerando las posibles soluciones que aportó la ejecución del proyecto, es relevante tener un registro existente de dichas especies en cuanto a su estructura horizontal y vertical

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematicación de la Investigación

1.1.1. Planteamiento del Problema

La situación actual de la finca El Carmen en lo que corresponde a investigaciones científicas sobre inventarios florísticos y carbono aéreo presenta carencias, por lo que esta falta de datos generó un obstáculo en la investigación, ya que no permite conocer la gran diversidad de especies y familias que posee dentro de su área limítrofe. Es por ello que se proporcionará información fiable que servirá tanto para la comunidad forestal como para los pobladores de la localidad.

1.1.2. Diagnóstico

En este tipo de investigaciones sobre inventarios forestales y carbono aéreo es importante tener definida las variables a evaluar, integrando aspectos sobre estructura horizontal y vertical del mismo, ya que permite detallar y contener información precisa en dependencia de la situación en la que se encuentre la cobertura forestal del área de estudio.

Formulación del Problema

Se desconoce cuál es el tipo de biodiversidad florística que está integrada en el entorno de la cobertura del área de bosque nativo de la finca El Carmen.

Sistematización

- ¿Cuál es la especie que tiene un mayor impacto en cuanto a la cantidad de carbono acumulado en la finca El Carmen ubicada en el cantón Balzar, provincia del Guayas?
- ¿Cuál es el estado actual del área de bosque nativo de la finca El Carmen ubicada en el cantón Balzar, provincia del Guayas?

1.2. Justificación

Esta investigación pretende dar a conocer la situación actual en la que se encuentra la estructura horizontal y vertical en el área de bosque nativo de la finca El Carmen, el motivo que nos lleva a investigar, se debió a que existen pocos estudios o investigaciones científicas realizadas en esta área, correspondiente a cobertura arbórea y carbono aéreo acumulado. Dando como fin de este trabajo, expresar la importancia de ejecutar un inventario forestal en este tipo de zonas donde no se han visto incluidos aspectos de carácter científico, para poder conservar y aprovechar de manera sostenible sus recursos forestales. Por tanto, los conocimientos planteados en esta investigación son verídicos y serán de gran ayuda para los estudiantes de la UTEQ y para otros proyectos futuros que tengan relación con la rama forestal.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar la flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca El Carmen ubicada en el cantón Balzar, provincia del Guayas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar el inventario de la flora arbórea existente en el área de bosque nativo de la finca El Carmen.
- Calcular el carbono almacenado por los especímenes arbóreos en el área de bosque nativo de la finca El Carmen.
- Diagnosticar el componente estructural horizontal y vertical del área de bosque nativo de la finca El Carmen

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Bosques

Los bosques son ecosistemas terrestres, que ocupan el 30% de la superficie del planeta, denotando que en valor de términos de biodiversidad posee una gran importancia espacial, asociado incluso con los bosques tropicales. Donde también con el transcurso de la evolución de las sociedades agrarias, fue aumentando progresivamente la presión sobre el mismo, aprovechado como principal fuente de combustible y material de construcción, además de alimentos, medicinas y otros productos (4).

Los árboles de los bosques son denominados acueductos naturales, ya que redistribuyen hasta el 95% del agua que absorben donde más se necesita, manteniendo el agua en el suelo, evitando la erosión, luego la liberan de nuevo a la atmosfera, produciendo un efecto de enfriamiento, aunque otra de la cualidades que resalta sobre estos es la de sumidero de carbono, con una medida actual de 2,1 gigatoneladas de dióxido de carbono anualmente, manteniendo un equilibrio en el ciclo del carbono del mundo, combatiendo el cambio climático (4).

2.1.2. Servicios Ambientales de los Bosques

Los servicios ecosistémicos inciden de manera directa e indirecta en la prevención y mejoramiento del ambiente y por lo tanto en la calidad de vida de las personas. Por ende, los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios de los bosques, otros tipos de vegetación y sistemas productivos que favorecen al hombre y al funcionamiento del planeta. Estos son, por ejemplo: captación hídrica, protección del suelo, fijación de nutrientes, control de inundaciones, retención de sedimentos, fijación de carbono, belleza escénica, protección de cuencas, protección de la biodiversidad (5).

Sin embargo, se indica que la población no los reconoce, tiene escaso conocimiento sobre los servicios ambientales que presta la naturaleza, ya que son intangibles, lo que como consecuencia genera una sobreexplotación hacia los recursos naturales, propiciado a través

del uso irracional del bosque. En la tabla 1, se puede observar algunas funciones y servicios ecosistémicos, con ejemplos que permiten comprender la diferencia entre estos (6).

Tabla 1

Servicios ambientales que provee el bosque

Funciones y servicios ecosistémicos	Componentes y procesos de los ecosistemas	Ejemplos de bienes y servicios ecosistémicos
Regulación de gases	Rol del ecosistema en ciclos biogeoquímicos (e.g. CO ₂ /O ₂ , balance de la capa de ozono, etc.).	Protección UVb por O ₃ . Mantenimiento de la calidad del aire influenciada sobre el clima. Mantenimiento de un clima favorable (ej. Temperatura, precipitación). Balance de CO ₂ /O ₂ . Niveles de SOx.
Regulación del clima	Influencia sobre el clima de la cobertura del suelo y de los procesos moderados biológicamente.	Regulación de los gases de invernadero.
Mitigación de disturbios	Influencia de la estructura del ecosistema en el amortiguamiento de disturbios ambientales.	Protección a tormentas. Mitigación de inundaciones. Recuperación por sequía y otros aspectos en respuesta de la variabilidad ambiental del hábitat controlado principalmente por la estructura de la vegetación.
Regulación del agua	Papel de la cobertura vegetal en la regulación de escorrentías y descargas de ríos.	Drenaje e irrigación natural. Medios de transporte.
Suministro de agua	Filtración, retención y almacenamiento de agua dulce.	Provee de agua para uso de consumo.

Fuente: (6).

2.1.3. Cobertura Forestal Ecuatoriana

EL recurso forestal es uno de los más importantes con los que cuenta el Ecuador, en donde incluso es contemplado como uno de los ecosistemas más diversos del mundo, con un rango amplio de endemismo y diversidad de flora, contabilizada entre 20000 y 25000 especies. Sin embargo, actualmente se encuentra en una situación extrema de preocupación, debido principalmente a la elevada tasa de deforestación que registra el país, la mayor en Latinoamérica en relación de su superficie. Entre las causas y consecuencias que han provocado la pérdida de los recursos, se encuentra inmiscuido el sector agropecuario, ya que se genera desafortunadamente el crecimiento del sector agrario por incremento del área cultivada, antes que el incremento de la productividad (7).

El mismo autor interpreta que dichas actividades agropecuarias, son las que causan estos serios impactos en las condiciones ambientales. Entre los impactos más relevantes están: el 48% de los suelos sufren erosión activa y potencial, perdiéndose entre 10 y hasta 143 ha/año, adicional a eso se deforestan en promedio 70000 ha/año por actividades agrarias. El 95% de los bosques de la costa ecuatoriana han sido talados para uso de actividades forestales. La contaminación de los caudales se encuentra entre estos factores, debido al exceso de sedimentos producidos por malas prácticas forestales. Las políticas fomentan la invasión de áreas naturales nativas y la conversión de bosques en otros sistemas de producción (7).

2.1.4. Inventario Forestal

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) indica que la información forestal es necesaria para entender y evaluar la influencia de las acciones humanas sobre el medio ambiente y el cambio climático, y es esencial para tomar las decisiones más adecuadas sobre la gestión de los bosques a nivel nacional, regional y mundial (8). Durante las mediciones se recolectan muestras botánicas para la identificación de las especies de árboles en herbarios nacionales (9).

Aunque la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (ITTO) define de manera explícita a los inventarios forestales como el método de recolección y registro de los diferentes árboles forestales que conforman el bosque, por medio de pequeñas parcelas de muestreo en un área determinada. En un inventario se utilizan instrumentos como brújula, forcípulas o cintas diamétricas y clinómetro, dichos instrumentos nos permiten medir el DAP (diámetro a la altura del pecho), que es la medida promedio establecida de 1,30 de altura desde la superficie del suelo. Luego se toma la altura total del individuo (HT), por consiguiente, la altura comercial (HC), la cual está determinada por el suelo y las ramas de la copa y por último el radio de las copas al N, S, E y O (10).

2.1.5. Parcelas de Monitoreo

Son una herramienta eficaz y eficiente para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Generando información útil para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de incremento, elaborar tablas de volumen y área basal. De acuerdo a la clasificación de parcelas estas integran dos tipos, las temporales y las permanentes, como indica su nombre las temporales se miden normalmente una sola vez, aunque si se reubican podrían tener mediciones adicionales de manera que una parcela temporal puede convertirse en permanente. Al contrario, las parcelas permanentes previo a su establecimiento ya tienen como objetivo principal permitir mediciones de crecimiento por un período largo de años (11).

El tamaño de las parcelas se expresa normalmente en términos de un número de árboles o en base a una superficie de área en m^2 , o en metros lineales en el caso de las cercas vivas, árboles en líneas o en linderos. Cuando el espaciamiento de una plantación es irregular, como sucede en el bosque natural, lógicamente el tamaño de parcela debe darse en base a superficie. Aunque se define que el tamaño apropiado de parcela, varía dependiendo de los objetivos de la investigación y de las variables a medir. En ensayos de selección de especies, por ejemplo, es común utilizar parcelas netas de 16 (4x4), 25 (5x5) y 36 (6x6) árboles. A diferencia de los bosques naturales en donde normalmente se utilizan parcelas de una hectárea dividida en parcelas de 1000 m^2 (11).

Sin embargo, la forma de las parcelas puede verse fluctuada, en el caso de un inventario de diagnóstico en un bosque natural o plantación comercial, a veces se utilizan parcelas temporales circulares, pero si se trata de espaciamiento regulares es más común utilizar parcelas rectangulares o cuadradas (facilitando la demarcación y el sentido de medición de los árboles) (11).

Por lo que en base a lo anterior mencionado se acoge que en términos de dificultad y variabilidad de condiciones para determinar el tamaño de las parcelas en base al número de árboles, es más recomendable pensar en establecer parcelas en base al área (sea en m^2 para plantaciones en bloque o en metros lineales para el caso de cercas vivas), de tal forma

que para plantaciones con fines de producción de turnos cortos que se manejan sin raleos o que requieran incluso más raleos, parcelas de 400 a 500 m² pueden ser suficientes, pero si se refiere a plantaciones puras con turnos de rotación más largos para producción de madera de aserrío que requieran más de 3 raleos, se sugieren parcelas de 700 a 1000 m² (11).

Otro aspecto importa que integra a las parcelas no solo es la forma de la parcela sino también el número, donde se indica que este está determinado por el tipo y números de tratamientos y por las propias limitaciones del área. Por estas razones, no siempre es apropiado fijar un número determinado de parcelas por superficie forestal, aunque eso no significa que no sea aplicada (11).

Tabla 2

Número de parcelas por hectárea.

Rango de tamaño de cada estrato en (ha)	No. de parcelas
1 - < 5	Mínimo 2
5 - < 25	2 a 6
25 - < 50	6 a 8
50 - < 100	8 a 10
100 - < 250	10 a 15
250 - < 500	15 a 20
500 - < 1000	20 a 25

Fuente: (11)

2.1.6. Carbono en la Atmósfera

La problemática actual de la biosfera es provocada por emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero, como metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y en especial las de dióxido de carbono (CO₂). Se indica que, estas emisiones han sobrepasado la capacidad de los bosques y los océanos para secuestrar el CO₂ (un elemento clave del metabolismo de las plantas) y como consecuencia su concentración en la atmósfera ha aumentado en más de un 30% desde 1850, logrando alcanzar niveles críticos que ponen en riesgo la estabilidad climática del planeta (12).

Estudios recientes muestran que, a nivel mundial, la concentración de CO₂ en la atmósfera incrementó de 280 a 407 ppm entre la era preindustrial y el 2018, por lo que la acumulación de este gas se acrecienta a una tasa anual de 1,9 ppm, de manera que se estima que para el 2100 la concentración de CO₂ atmosférico estará en 936 ppm. En el Ecuador las emisiones del gas rondan los 85289,64 Gg, mientras que las absorciones solo llegan a 19769,68 Gg. Sin embargo, en 2012 se registró que los bosques del Ecuador absorbieron 18814,40 Gg de CO₂-eq, lo que representa el 98,48 % del total de absorciones del país (13).

Se detalla que el sector de Agricultura y Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura (USCUSS) es uno de los partícipes primordiales del Ecuador sobre captura de carbono y está compuesto por las emisiones y absorciones de CO₂ provenientes de las categorías: tierras forestales, pastizales, tierras agrícolas, humedales, asentamientos y otras tierras. Las emisiones se producen por la existencia de “cortas” (raleos o cosechas) de plantaciones forestales, de bosque nativo manejado y cambio de uso de suelo. Las fuentes de absorción de carbono son principalmente producto del crecimiento del bosque bajo un régimen de especial protección, plantaciones de especies forestales y abandono de tierras de cultivo (13).

Sin embargo, el mismo autor detalla que, estos aspectos ya mencionados no solo integran a la atmosfera en sí, también componen a los depósitos de carbono terrestres, entre los cuales están:

La biomasa integra dos aspectos los cuales son biomasa sobre el suelo (BSS) y biomasa bajo el suelo (BBS). La BSS corresponde a toda la biomasa que esté viva y que se encuentre sobre el suelo, con inclusión de tallos, tocones, ramas, corteza, semillas y follaje a diferencia de la BBS que esta comprende a toda la biomasa viva de raíces vivas. A veces se excluyen raíces finas de menos de (sugerido) 2 mm de diámetro porque con frecuencia no se pueden distinguir empíricamente de la materia orgánica del suelo o mantillo.

La materia orgánica constituye a madera muerta y mantillo. La madera muerta comprende toda la biomasa boscosa no viva no contenida en el mantillo, ya sea en pie,

superficial o en el suelo. La madera muerta comprende la que se encuentra en la superficie, raíces muertas y tocones de 10 cm de diámetro o más, o de cualquier otro diámetro utilizado por el país. Sin embargo, en el mantillo se incorpora toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo elegido por el país (por ejemplo, 10 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico. Comprende las capas de detritus, fúmica y húmica. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen en el mantillo cuando no se pueden distinguir empíricamente de él.

Los suelos son el depósito edáfico incluye a la materia orgánica del suelo, esta incorpora el carbono orgánico en suelos minerales y orgánicos (incluida la turba) a una profundidad especificada, elegida por el país y aplicada coherentemente mediante las series cronológicas. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen con la materia orgánica del suelo cuando no pueden distinguirse empíricamente de ella.

2.1.7. Abundancia Relativa (*Ar*)

La fórmula de abundancia relativa, nos indica la proporción porcentual de una especie conforme a todas las especies integrados en el sitio (parcela) es decir que permite identificar aquellas especies que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales (14).

2.1.8. Frecuencia Relativa (*Fr*)

Se considera de mucha relevancia el cálculo de la fórmula de *Fr* ya que muestra el número de veces que una especie se presenta en una cantidad dada de parcelas o puntos de muestreo, calculada por la relación porcentual entre la frecuencia de la especie y la suma de todas las frecuencias de todas las especies (15).

2.1.9. Dominancia Relativa (D_r)

El apartado de dominancia demuestra que una especie es dominante cuando tiene una gran influencia sobre la composición florística. Son especies de gran éxito ecológico y relativamente abundante dentro de la comunidad. Por lo que es obtenida a través del área basal conforme al área basal total de la muestra (15).

2.1.10. Índice de Valor de Importancia (IVI)

La composición florística se determina mediante la cuantificación del índice valor de importancia (IVI) de las especies, por lo que este consiste en la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia, dominancia y la importancia ecológica relativa de las especies de plantas en una comunidad (15).

2.1.11. Índice de Diversidad de Shannon -Wiener (H')

Este índice según muchos investigadores considera no sólo el número de especies sino su representación (cuantos individuos por especie). Este índice requiere que todas las especies estén representadas en la muestra y es muy susceptible a la abundancia (15). Es por ello que se plantean escalas para interpretar los valores de diversidad, que van desde 1 a 5, donde valores menores a 2 indican baja diversidad, de 2 a 3,5 diversidad media y valores mayores a 3,5 diversidad alta (16).

2.1.11. Índice de Diversidad de Simpson (D)

Este índice representa más que la diversidad a la dominancia, ya que comprende a parámetros inversos a la uniformidad, en donde se trata de incluir probabilidades de que dos individuos evaluados al azar en una muestra pertenezcan a la misma especie, ligado directamente a la importancia de las especies más dominantes (17). En donde la diversidad es calculada entre 0 y 1, por ende, entre más cerca del 1 se encuentre el valor resultante este tendrá mayor diversidad, caso contrario si está próximo a cero, menor será la biodiversidad (18).

2.1.12. Ecuación Alométrica

La cantidad de biomasa es importante en la evaluación de otros depósitos de biomasa ya que se correlaciona con la ubicada bajo el suelo, raíces, hojarasca y necro-masa (19). Muchos técnicos e investigadores forestales usan ecuaciones alométricas como metodología estándar para estimar los recursos forestales (combustibles del bosque, cobertura forestal y productividad del sitio en forma de madera y forraje), donde el desarrollo de la misma describe una línea curva que representa la relación entre la biomasa y el diámetro o la altura de la planta (20); además, proporciona un buen equilibrio y precisión en las predicciones con bajos requerimientos de datos (21).

2.2. Marco Referencial

Se detalla en una investigación sobre carbono acumulado en la biomasa aérea en plantaciones de *Terminalia ivorensis* (terminalia) y *Gmelina arborea* (melina) en tres haciendas de la empresa SERAGROFOREST S. A., ubicadas en los cantones Balzar (Guayas), Santo Domingo de los Colorados (Santo Domingo), Valencia (Los Ríos), Ecuador; que para determinar su estudio realizó una selección al azar en cuatro áreas de muestreo de la plantación de *T. ivorensis* y *G. arborea*, de nueve años de edad. En cada área de muestreo se establecieron cuatro parcelas de muestreo rectangulares de 500 m² (25 m x 20 m), con un total de 16 unidades de muestreo para especie en cada localidad (22).

Un punto que cabe recalcar en esta investigación es que se determinó el número de árboles por hectárea (N) en base a cada parcela de muestreo, registrando los datos de DAP (diámetro a 1,30 m sobre el suelo) y altura total de los árboles. Para estimar la biomasa y el carbono almacenados en la parte aérea de los árboles de *T. ivorensis* y *G. arborea*, primero se procedió a calcular la biomasa total (Bt), de la parte aérea, de cada especie (22).

Luego del proceso de estadístico se logró evidenciar que el promedio de la biomasa total, de la parte aérea, presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las especies y entre las localidades. La mayor biomasa total fue para la especie *G. arborea*; la localidad con mayor biomasa total fue Santo Domingo y la localidad con menor biomasa total fue Balzar,

en donde los resultados fueron superiores a $64,84 \text{ t/ha}^{-1}$ por (Magaña *et al.*, 2004) en sistemas agroforestales con café y *T. ivorensis*, a los siete años de edad, en Costa Rica (22). Donde se dedujo que la especie *G. arborea* fue la que presentó mayor cantidad de carbono almacenado y fijado, en las tres localidades estudiadas. Sin embargo, *T. ivorensis* es una especie con buen potencial para almacenar carbono (22).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en la finca El Carmen del cantón Balzar perteneciente a la provincia del Guayas cuyas coordenadas son 1°22'11" de Latitud Sur y 79°54'14" de Longitud.

Figura 1

Ubicación de la finca el Carmen.



Las condiciones meteorológicas del área se describen en la tabla 3.

Tabla 3

Condiciones meteorológicas del área de estudio.

Parámetros	Cantidad
Altitud	35 msnm
Precipitación Promedio	2142 mm
Temperatura Media Anual	26 °C
Humedad Relativa	85%

Fuente: (7).

3.2. Tipo de Investigación

La investigación que se realizó es de tipo descriptiva y exploratoria mediante la cual se analizó la diversidad florística y carbono aéreo de la finca El Carmen. Se describieron algunas de las características básicas de grupos homogéneos de fenómenos, utilizando criterios metodológicos que determinaron la estructura o comportamiento de los fenómenos estudiados, y proporcionaron información sistemática y comparable con otras fuentes. Esta metodología se utilizó para determinar la biodiversidad florística y la relación del carbono aéreo de la cobertura de bosque nativo de la zona de estudio.

3.3. Métodos de Investigación

El método de observación consistió en la observación directa dentro de la zona de estudio permitió obtener la información requerida para el desarrollo de los objetivos planteados en la investigación.

El método de síntesis es el método que dentro de la investigación permitió la recolección de datos para determinar el estado y el comportamiento de las diferentes variables. Mediante la aplicación de este método se logró obtener información fiable para el análisis de biodiversidad y carbono aéreo de la finca El Carmen.

El método analítico se utilizó para determinar los diferentes parámetros ecológicos de especies y familias mediante el análisis de diferentes variables como abundancia, frecuencia, dominancia, IVI e índice de Shannon y Simpson, lo que permitió determinar cuál es la diversidad que existe dentro del área de estudio.

3.4. Fuentes de Recopilación de Información

Para la obtención de la información presentada en el presente proyecto se utilizaron dos tipos de fuentes:

Las fuentes primarias se obtuvieron mediante recolección de datos directamente del área de estudio donde se determinó variables como diámetro, altura, abundancia etc. Las fuentes secundarias serán extraídas de artículos, revistas, publicaciones, entre otros. Todos estos documentos serán de carácter científico.

3.5. Diseño de la Investigación

La investigación es de tipo no experimental, debido a que durante el proceso de recolección de datos se observó en su estado natural, donde se registró información de altura, diámetro y especies en el trayecto.

3.6. Instrumento de Investigación

3.6.1. Inventario Forestal

El inventario forestal es una herramienta que fue utilizada para determinar diferentes variables de las especies, el proceso consistió en medir todos los árboles del área seleccionada y luego ubicarlos en un mapa topográfico.

3.6.2. Parcelas

El área total de trabajo representa a 6 ha de cobertura forestal nativa. Las parcelas de estudio se instalaron en lugares estratégicos de la cobertura forestal, constituidas por seis parcelas de monitoreo, cada una de 500 m² (20 m x 25 m), para mantener la consistencia de los datos en términos de distribución cada una de las parcelas estaban separadas unas de otras por 300 m.

3.6.3. Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Para la medición del DAP se empleó el uso de una cinta diamétrica, tomando en consideración la altura previamente establecida la cual es de 1,30 m desde el nivel del suelo del árbol, aplicándose a los árboles con $DAP \geq 10$ cm.

3.6.4. Altura

Para la medición de la altura de los diferentes tipos de especies, se consideraron dos variables de análisis distintas en este parámetro, la altura comercial, que es la altura aprovechable de la madera, donde no se incluye la presencia de notables ramificaciones y por el lado de la altura total esta representa a la altura real de todo el individuo.

3.6.5. Copas

Se midió el radio de copas de cada uno de los individuos que se encontraron dentro de cada una de las parcelas, registrando la longitud hacia el N, S, E y O.

3.6.6. Área Basal

El área basal se calculó aplicando la siguiente fórmula (19):

$$AB = 0,7854 (DAP)^2$$

Dónde:

AB = área basal (cm²)

DAP = diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo (cm).

3.6.7. Abundancia Relativa (Ar)

Para la abundancia relativa se obtuvo utilizando el número de individuos de una especie para posteriormente aplicar la siguiente fórmula (13):

$$Ar (\%) = \frac{Aa}{\text{Suma } Aa \text{ de todas las especies}} \times 100$$

Siendo:

$$Aa = \frac{\text{Número de individuos por especie}}{\text{Total de individuos}}$$

Dónde:

Ar = Abundancia relativa (%).

Aa = Abundancia absoluta.

3.6.8. Frecuencia Relativa (Fr)

En esta variable se empleó la siguiente fórmula para determinar el porcentaje (14):

$$Fr (\%) = \frac{Fa}{\text{Suma } Fa \text{ de todas las especies}} \times 100$$

Siendo:

$$Fa (\%) = \frac{\text{Número de parcelas en que se presenta cada especie}}{\text{Número total de parcelas}}$$

Dónde:

Fr = Frecuencia relativa (%)

Fa = Frecuencia absoluta

3.6.9. Dominancia Relativa (Dr)

La dominancia relativa se determinó empleando la siguiente fórmula (14):

$$Dr (\%) = \frac{Da}{\text{Suma de las áreas basales de todas las especies}} \times 100$$

Siendo:

$$Dr (\%) = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Total del área muestreada}}$$

Dónde:

Dr = Dominancia relativa (%)

Da = Dominancia absoluta (cm²)

3.6.10. Índice de Valor de Importancia

Para el índice de valor de importancia de las especies que componen la estructura del bosque se empleó la siguiente fórmula (14):

$$IVI = Ar(\%) + Fr (\%) + Dr (\%)$$

Dónde:

IVI = Índice de Valor de Importancia.

Ar = Abundancia relativa (%).

Fr = Frecuencia relativa (%).

Dr = Dominancia relativa (%).

3.6.11. Índice de Diversidad de Shannon -Weaver (H')

El índice de diversidad de Shannon se calculó empleando la siguiente fórmula (14):

$$H' = - \sum p_i \ln(p_i)$$

Siendo:

$$p_i = n/N$$

Dónde:

H' = Índice de diversidad de Shannon

p_i = Relación entre n/N .

$\ln$ = Logaritmo natural.

n = Número de especies.

N = Número total de especies.

3.6.12. Índice de Diversidad de Simpson (D)

El índice de diversidad de Simpson se calculó empleando la siguiente fórmula (14):

$$D = 1 / \sum_{i=1}^s p_i^2$$

Siendo:

$$D = 1 - \sum \left(\frac{n}{N}\right)^2$$

Donde:

D = Índice de diversidad de Simpson

Σ = Sumatoria

n= Número de individuos de la especie

N= Tamaño de la comunidad

3.6.13. Análisis de la Estructura Vertical del Bosque

Esta variable permitió determinar cuál es la estructura vertical del bosque, para esto se debe tomar la altura total de todos los árboles evaluados que se encontraron dentro del área de estudio, de acuerdo a los siguientes parámetros clasificados en las siguientes tres clases de estratos (23):

- **Estrato superior:** mayor a 20,1 m de altura total.
- **Estrato medio:** de 10,1 a 20 m de altura total.
- **Estrato inferior:** menor o igual a 10 m de altura total.

3.6.14. Análisis de la Estructura Horizontal del Bosque

En esta variable se tomó en consideración las especies que se encuentren dentro del área del bosque y que cuenten con un DAP ≥ 10 (23):

- **CLASE I:** 10 a 20 cm
- **CLASE II:** 20,1 cm a 30 cm
- **CLASE III:** 30,1 a 40 cm

- **CLASE IV:** 49,1 a 50 cm
- **CLASE V:** $\geq 50,1$

3.6.15. Análisis de Captura de Carbono o Biomasa Aérea

Para determinar la cantidad de captura de carbono de los árboles, se aplicó una ecuación alométrica, mediante el uso del DAP de cada uno de los individuos (24). En algunos casos, donde la gravedad específica no estaba disponible, la media global (ρ) para América del Sur tropical fue utilizado ($0,632 \text{ g/cm}^3$) (25):

$$AGB = p \times \exp(-1,499 + 2,148 \ln(DAP) + 0,207 (\ln(DAP))^2 - 0,0281 (\ln(DAP))^3)$$

Dónde:

AGB = Biomasa aérea

ρ = Gravedad específica de la madera en g/cm^3

exp= Exponencial

$\ln$ = Logaritmo natural.

DAP = diámetro a 1,30 m sobre el nivel del suelo (cm).

3.7. Tratamiento de los Datos

Para esta investigación se empleó una ficha de campo, donde se procedió a registrar las especies evaluadas, la altura y el DAP $\geq$ a 10 cm. Donde se determinaron parámetros para la investigación (dominancia, abundancia, IVI, índice de Shannon, estructura horizontal y vertical del bosque). Con los diferentes datos recopilados en campo se dará a conocer, los diferentes registros de diversidad dentro de la investigación. Con los datos de campo se logró generar un listado del tipo de especies integradas en la zona de estudio. Por ende, para el análisis de los datos se utilizó el programa Excel conforme a los datos registrados en campo. Por otra parte, se llevó un procesamiento de datos en el software ArcGis, realizando una interpretación de la información de la estructura horizontal y vertical de la cobertura arbórea existente en el bosque.

3.8. Recursos Materiales

3.8.1. Materiales de Campo

- GPS Garmin 62s
- Cámara fotográfica
- Cinta diamétrica
- Hojas de campo
- Lapiceros
- Sprays rojos
- Botas
- Machete
- Estacas
- Lima
- Cinta de Peligro

3.8.2. Materiales de Oficina

- Internet
- Computadora Intel Core 2 Duo
- Programas Word 2019, Excel 2019 y ArcGis 10.5.

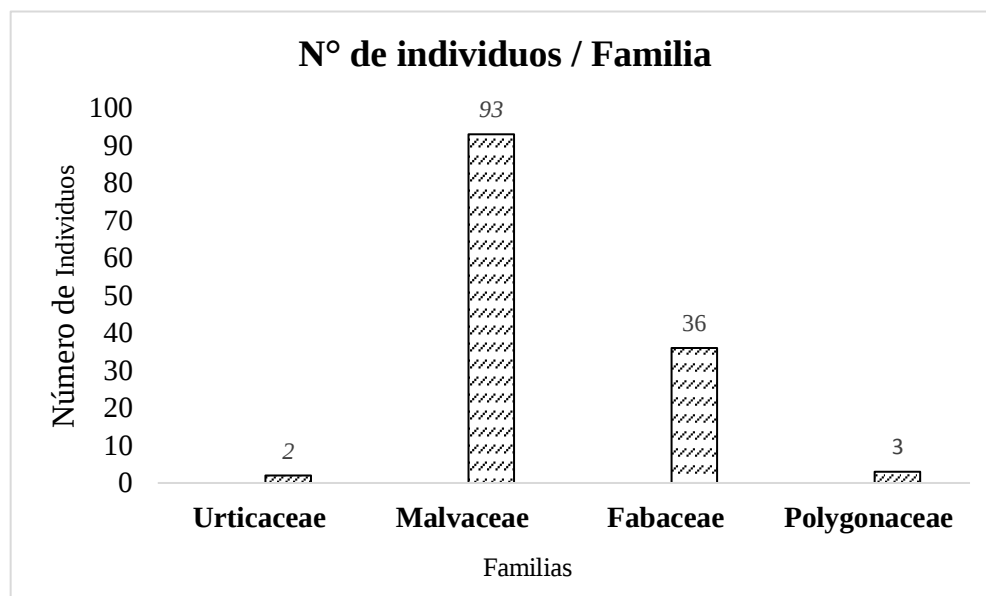
CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Inventario de la Flora Arbórea en el Área de Bosque Nativo

La información obtenida del inventario, permitió identificar un total 134 individuos (seis parcelas) en seis hectáreas, correspondientes a cuatro distintos tipos de familias. Dicha composición florística está descrita en la figura 2, formada por 26,9% de la familia Fabaceae, el 69,4% de la familia Malvaceae y el 3,7% restantes a la familia Urticaceae y Polygonaceae.

Figura 2

Número de individuos por familias de la finca el Carmen.



G. ulmifolia es catalogada principalmente por ser una especie colonizadora de este tipo de coberturas vegetales (terrenos de mediana elevación) (26), es por eso que se presenta con mayor abundancia en los registros del inventario, incluso llegando a compartir dicha característica con la especie *C. peltata*, la cual es reconocida por estar ampliamente distribuida a nivel nacional, a pesar de que esta misma no se encuentre en abundante en la zona de estudio, observada en la tabla 4.

Tabla 4

Número de individuos por especie en la finca el Carmen.

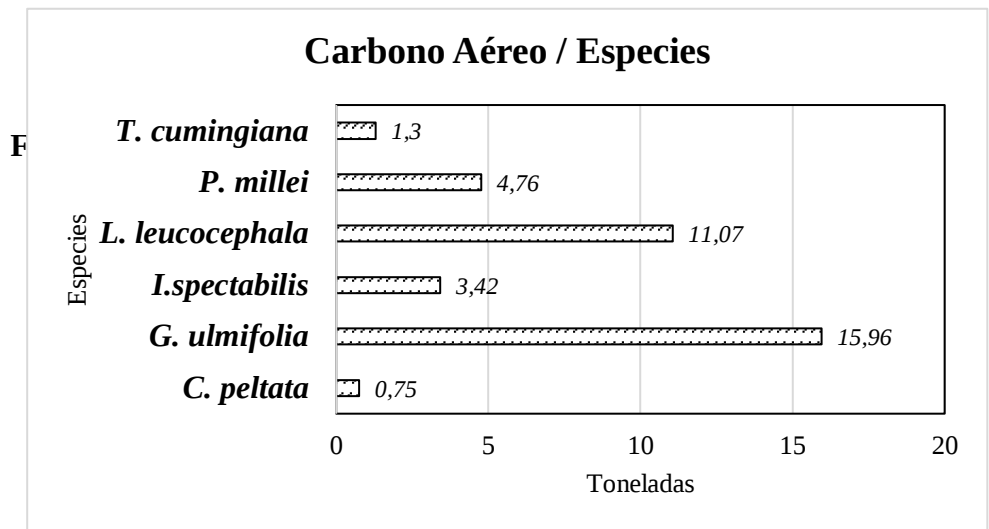
Nº	Nº de individuos	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	2	Urticaceae	<i>Cecropia Peltata</i> L.	guarumo
2	3	Polygonaceae	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch y Meyer.	fernán sánchez
3	11	Fabaceae	<i>Inga spectabilis</i> Mart.	guabo
4	13	Malvaceae	<i>Pseudobombax Millei</i> Dugand.	beldaco
5	25	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam) de Wit.	leucaena
6	80	Malvaceae	<i>Guazuma Ulmifolia</i> Lam.	guásimo

4.2 Carbono Almacenado por los Especímenes Arbóreos

El cálculo de carbono almacenado de la atmósfera mediante la ecuación alométrica, mostró que especies como *P. millei*, *L. leucocephala* y *C. peltata* son especies con una mayor capacidad de densidad para almacenar carbono con una media de (0,632 g/cm³) a diferencia de *G. ulmifolia* con (0,614 g/cm³), véase en la figura 3. Cada una de las especies contribuyó en el almacenamiento de carbono de la atmósfera, sin embargo, a nivel de especies *G. ulmifolia* solo obtiene este nivel de capacidad por tener una mayor cantidad de individuos.

Figura 3

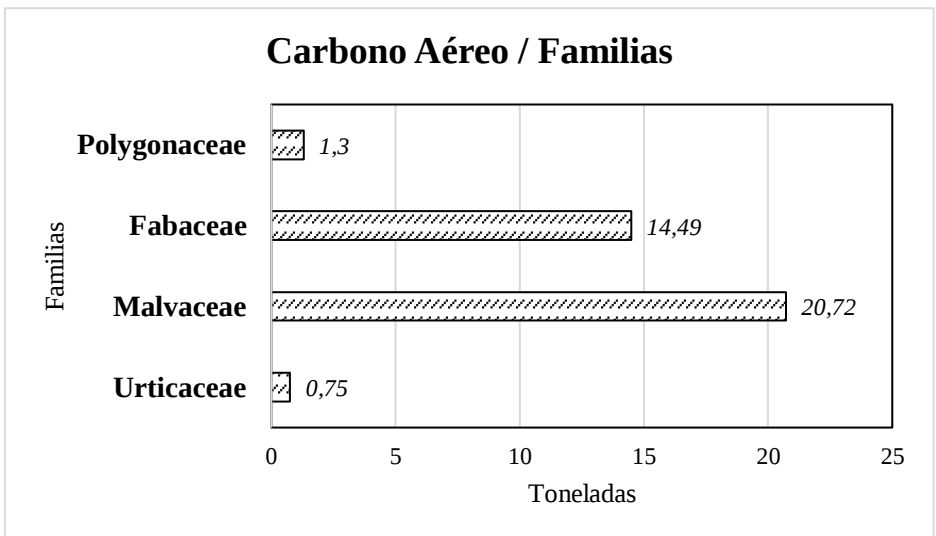
Cantidad de carbono almacenado por especies (t) por hectárea.



En la figura 4, se observa que la cantidad de carbono acumulado por la familia Polygonaceae (*T. cumingiana*) es relativamente inferior en comparación con las Urticaceae (*C. peltata*), esto es debido a que las Polygonaceae con 3 individuos captan menos carbono que si las Urticaceae tuviera 3 individuos, esto es debido a que el promedio de densidad de las Polygonaceae es de (0,530 g/cm³), mientras que el de su adverso (0,632 g/cm³).

Figura 4

Cantidad de carbono almacenado por familias (t) por hectárea.



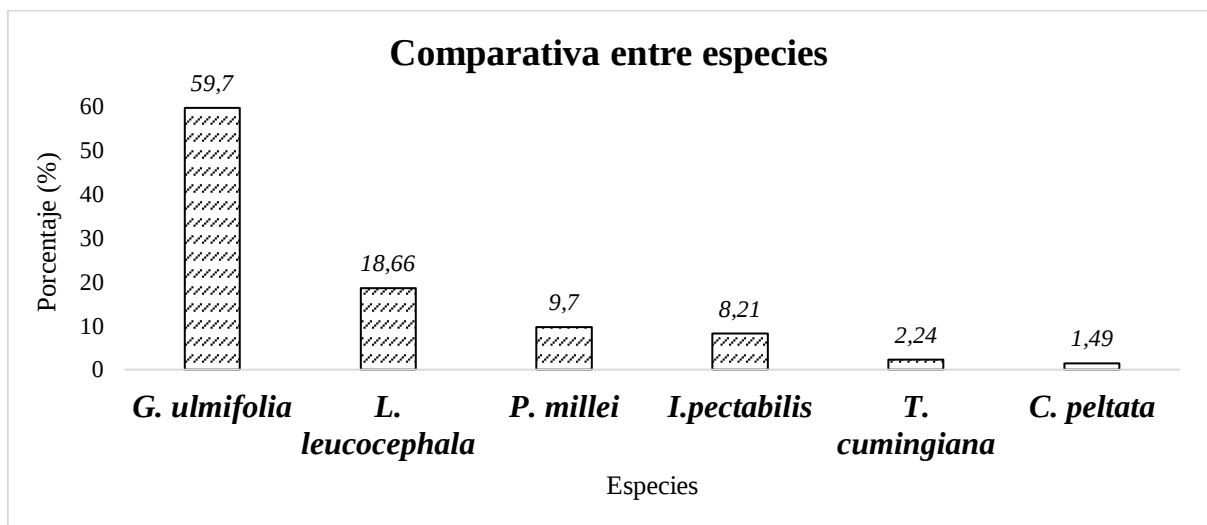
4.3 Componente estructural horizontal y vertical

4.3.1. Abundancia

De acuerdo con los datos registrados en el inventario se logró establecer que *G. ulmifolia* es una especie que se encuentra concentrada en el sitio, lo que, a diferencia de las demás especies integradas en las parcelas, esta resalta por su representatividad a nivel de comunidad arbórea, lo que connota que es una especie resiliente ante perturbaciones ambientales, véase en la figura 5.

Figura 5

Escala porcentual de abundancia por especies en la finca el Carmen.

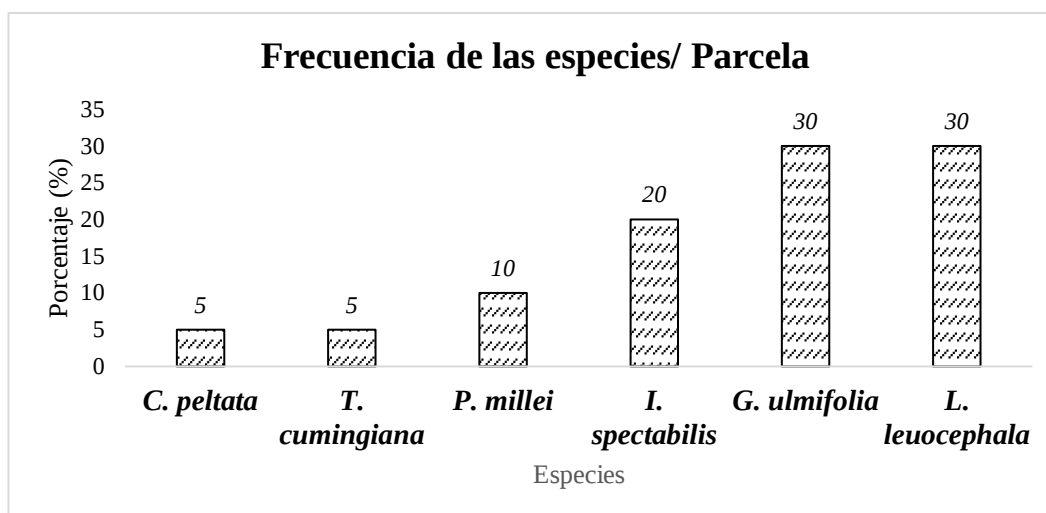


4.3.2. Frecuencia

En este caso el nivel de frecuencia espacial entre especies, es equitativa tanto para *G. ulmifolia* como para *L. leucocephala* (véase en la figura 6) ya que ambas aparecen integradas en las 6 parcelas, lo que conlleva a mostrar que tiene un 30% probabilidad, siempre de encontrarse, aunque sea un individuo de esta especie en cada parcela.

Figura 6

Nivel de frecuencia de cada especie por parcela en la finca el Carmen

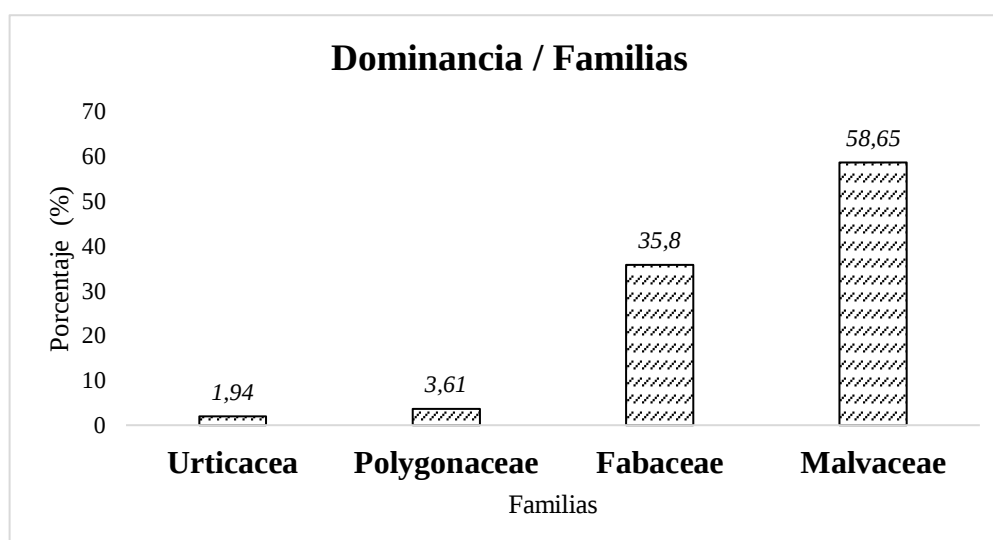


4.3.3 Dominancia

La familia Malvaceae tiene una gran influencia sobre la composición florística de la finca el Carmen, lo que determina que todas las especies contempladas en el inventario forestal, pertenecientes a esta familia, son especies con un amplio rango de éxito ecológico, indicando así su dominio sobre las demás familias. Representando 2,42 m² (58,65%) del total (4,12 m²) de masa forestal de la cobertura nativa, como se observa en la figura 7.

Figura 7

Comportamiento sobre la dominancia entre familias en la finca el Carmen.



4.3.4. Índice de Valor de Importancia

La tabla 5, muestra el orden de representatividad de las especies con estimaciones mayores de IVI, en donde solo 4 de estas especies contemplan resultados mayores al 30% de importancia ecológica en la estructura horizontal de la finca El Carmen.

Tabla 5

Índice de valor de importancia de la estructura horizontal por especies en el área de bosque nativo de la finca el Carmen.

N°	Nombre científico	Frecuencia (sp)	Frecuencia (%)	Abundancia (sp)	Abundancia (%)	Dominancia sp (m²)	Dominancia (%)	VC	VT	IVI
1	<i>G. Ulmifolia</i>	6	30	80	59,70	1,92	47,53	4,60	11,3	137,23
2	<i>L. leucocephala</i>	6	30	25	18,66	1,01	24,99	4,16	7,99	73,64
3	<i>I. spectabilis</i>	4	20	11	8,21	0,39	9,67	1,46	3,01	37,88
4	<i>P. Millei</i>	2	10	13	9,70	0,49	12,22	1,94	3,47	31,92
5	<i>T. cumingiana</i>	1	5	3	2,24	0,15	3,66	0,74	1,31	10,90
6	<i>C. Peltata</i>	1	5	2	1,49	0,08	1,93	0,30	0,60	8,42
TOTAL		20	100	134	100	4,04	100	13,21	27,7	300

La tabla 6, contiene los valores de importancia ecológica de las familias en cuanto a la estructura horizontal en el área de bosque nativo de la finca El Carmen, donde las Malvaceae y Fabaceae son las más relevantes.

Tabla 6

Índice de valor de importancia de la estructura horizontal por familias en el área de bosque nativo de la finca el Carmen.

Nº	Familia	Frecuencia a (sp)	Frecuencia (%)	Abundancia (sp)	Abundancia (%)	Dominancia sp (m²)	Dominancia (%)	VC	VT	IVI
1	Malvaceae	6	42,86	93	69,40	2,34	57,84	6,54	14,76	170,1 0
2	Fabaceae	6	42,86	36	26,87	1,48	36,51	5,62	11	106,2 3
3	Polygonaceae	1	7,14	3	2,24	0,15	3,68	0,74	1,31	13,06
1	Urticaceae	1	7,14	2	1,49	0,08	1,97	0,30	0,60	10,61
TOTAL		14	100	134	100	4,04	100	13,21	27.7	300

4.3.5. Índice de Diversidad de Shannon -Weaver

El resultante de los valores de riqueza florística observados en la tabla 7, a través del índice de Shannon demuestran que el área de bosque nativo de la finca el Carmen, tiene niveles bajos de diversidad, ya que se consideran que los valores normales están en una escala entre 2 y 3 (16).

Tabla 7

Comparación de diversidad florística en el área de bosque nativo de la finca el Carmen, mediante el índice de Shannon – Weaver.

Nombre científico	Número de individuos	P _i	P _i *ln (P _i)
<i>C. Peltata</i>	2	0,015	-0,063
<i>T. cumingiana</i>	3	0,022	-0,085
<i>I. spectabilis</i>	11	0,082	-0,205
<i>P. millei</i>	13	0,097	-0,226
<i>L. leucocephala.</i>	25	0,187	-0,313
<i>G. ulmifolia</i>	80	0,597	-0,308
Sumatoria	134	1	-1,201 * -1
Total		D* -1	1,2

4.3.6. Índice de Diversidad de Simpson

De acuerdo a el resultado obtenido y en base a lo estipulado por el índice de Simpson, se muestra que el valor 0,50 es un indicativo de diversidad media (18), influenciado, en primera instancia por la poca diversidad de especies y en segunda instancia por la predominante abundancia de *G. Ulmifolia* en el área de bosque nativo de la finca el Carmen, generando este factor de limitada diversidad, como se observa en la tabla 8.

Tabla 8

Comparación de la diversidad florística en el área de bosque nativo de la finca el Carmen, mediante el índice de Simpson.

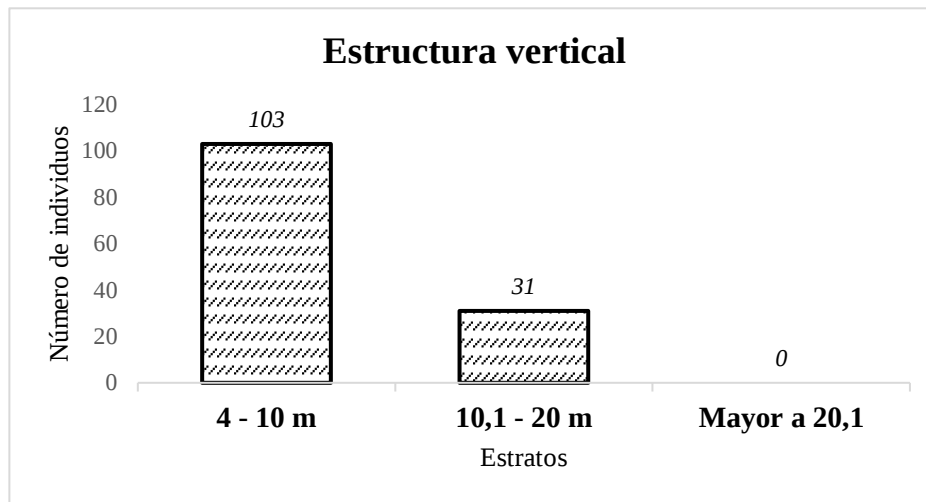
Nombre científico	Número de individuos	P_i	P_i²
<i>C. Peltata</i>	2	0,015	0,0002
<i>T. cumingiana</i>	3	0,022	0,0005
<i>I. spectabilis</i>	11	0,082	0,0067
<i>P. millei</i>	13	0,097	0,097
<i>L. leucocephala.</i>	25	0,187	0,0348
<i>G. Ulmifolia.</i>	80	0,597	0,3564
Sumatoria	134	1	1 - 0,4956
Total		1 - D	0,5044

4.3.7. Análisis de la Estructura Vertical del Bosque

Debido a que existe una mayor concentración de individuos entre la escala de 4 a 10 m de altura (estrato inferior), lo cual representa el 77% de la cobertura arbórea y solo un 23% a el estrato medio (10,1 m a 20 m), y al no existir estrato superior (véase en la figura 8), los resultados indican que es una cobertura relativamente baja del tipo bosque tropical (caducifolio) (19).

Figura 8

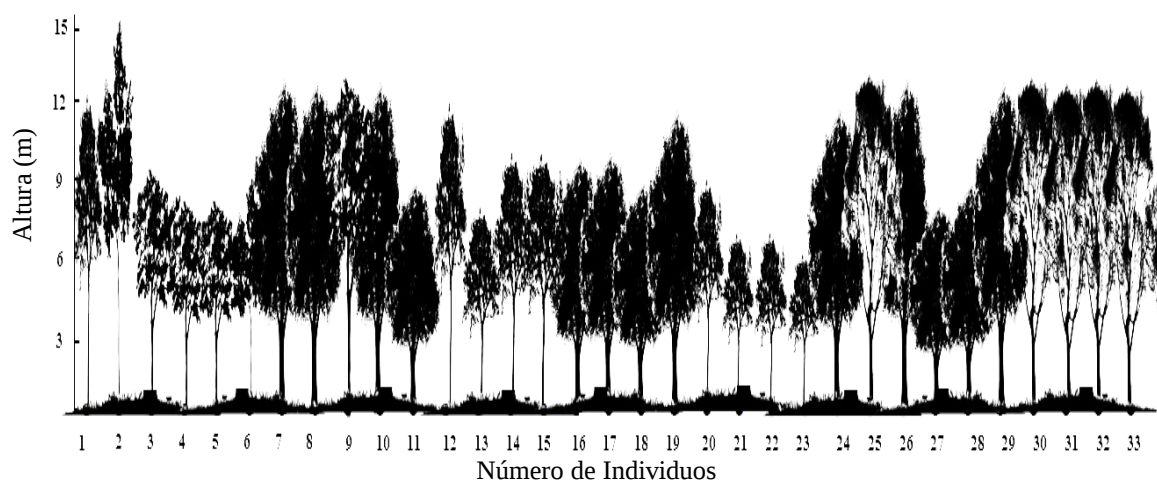
Número de árboles por estratos de altura de la finca el Carmen.



A continuación, en la figura 9, observamos una representación gráfica de la clasificación por estratos de altura, referente a la situación actual del área de bosque nativo de la finca el Carmen.

Figura 9

*Perfil vertical de la parcela 3 en el área de bosque nativo de la finca el Carmen de las especies *P. millei* (1, 12, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23); *C. peltata* (2, 6); *L. leucocephala* (3, 4, 5, 9); *G. ulmifolia* (7, 8, 10, 11, 16, 17, 18, 19, 24, 27, 28, 29); *I. spectabilis* (25, 30, 31, 32, 33).*

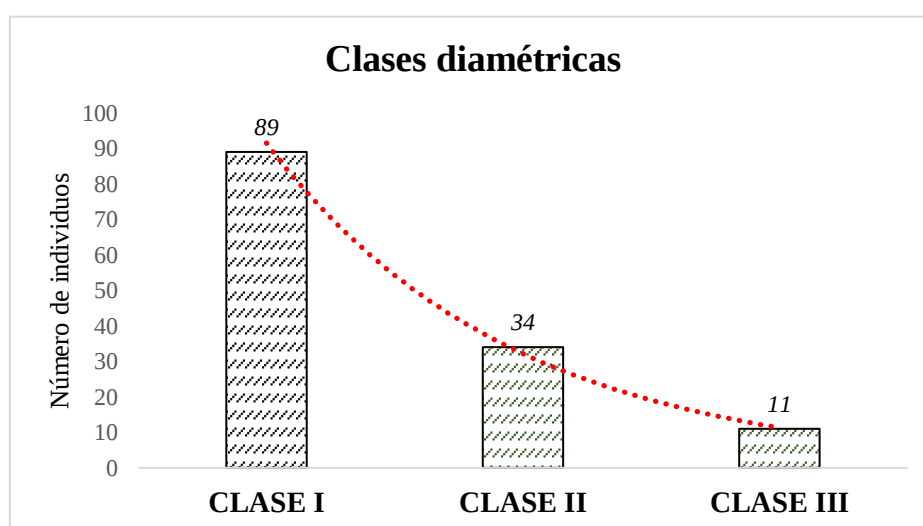


4.3.8. Análisis de la Estructura Horizontal del Bosque

En la figura 10, se presenta la distribución del número de árboles pertenecientes a la clase diamétrica conforme a su DAP. La amplitud que se aplicó para cada clase fue de 10 cm, donde el mayor número de individuos se concentra en la categoría con menor grosor y en consecuencia disminuye a medida que DAP aumenta, generando así una línea de tendencia de mayor a menor.

Figura 10

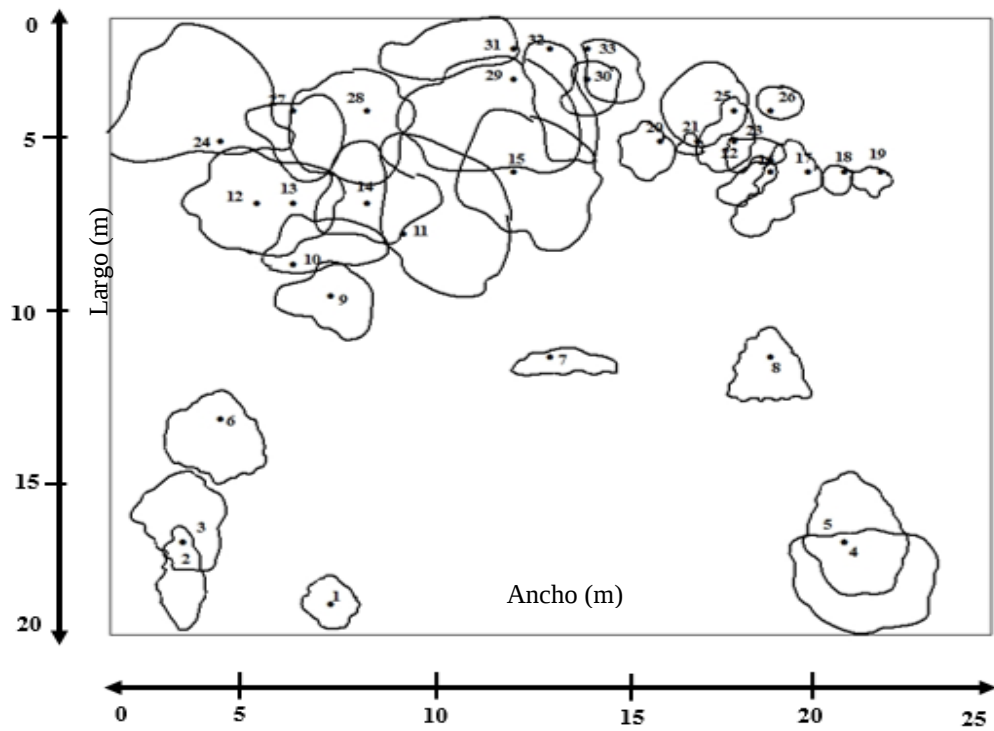
Número de árboles por clase diamétrica de la finca el Carmen.



A continuación, en la figura 11, observamos una representación gráfica de las copas de los árboles, sobre la situación actual del dosel del área de bosque nativo de la finca el Carmen, donde se puede interpretar que el dosel de la parcela 3 apenas comprende el 45% de toda el área delimitada, dicha situación también es semejante en las 5 parcelas restantes.

Figura 11

Perfil horizontal de la flora arbórea de la parcela 3 en el área de bosque nativo de la finca el Carmen.



4.4. Discusión

En el estudio realizado en el área de bosque nativo de la finca el Carmen, se identificó 6 especies diferentes, correspondientes a 4 familias. La familia Malvaceae, es la más influyente en cuanto a dominancia florística del total de la masa forestal de la finca el Carmen. Ese nivel de predominancia es contrastado por Cornejo (27) en su investigación sobre especies emblemáticas, en donde contempla a esta familia como flora representativa de la provincia del Guayas.

Se observaron tres estratos, donde el mayor número de árboles y especies corresponden al estrato inferior y el número menor para el estrato medio, cabe resaltar que no existió ningún tipo de especie con un dosel superior a 20 m de altura para el estrato superior. Este aspecto inequitativo de heterogeneidad se debe a que la disponibilidad de luz y al régimen de perturbaciones a escala espacial y temporal genera una influencia negativa para el crecimiento de los individuos, ofuscando o inhibiendo significativamente el desarrollo de los demás individuos arbóreos, dicha analogía está respaldada por los resultados de Veblen (28) entre Bambúes Chusquea y *Castilleja tenuiflora* Benth en bosques de Nothofagus chilenos.

En referencia al aspecto de diversidad esta investigación comparte lo que indican Caspersen y Pacala (34), en base a su estudio sobre los efectos de diversidad y funcionamiento de los bosques en 24000 parcelas en Estados Unidos, llegaron a la conclusión de que la riqueza de especies, produce un aumento en la productividad arbórea y el carbono aéreo. Los valores obtenidos para el IVI en el componente arbóreo de la finca el Carmen demuestran que *Guazuma ulmifolia* es la especie con mayor valor de importancia. Donde Jimenez y Mendoza (35) y Pionce *et al.* (36) obtuvieron los mismos resultados en cuanto a la misma especie, donde *Guazuma ulmifolia* fue la especie con mayor IVI entre todas las especies que integraban sus estudios, aplicados en un bosque seco de la provincia de Santa Elena y en un bosque semi-húmedo del sur de Manabí.

Los datos resultantes sobre carbono aéreo de *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* muestran que la cantidad de carbono almacenado por ambos individuos está entre 15,96 t/ha, y 11,07 t/ha, semejante a los datos obtenidos por Casanova *et al.* (37) en sistemas asociados y de

monocultivo en Venezuela, con 14,7 t/ha para *G. ulmifolia* y 10,4 tn/ha para *L. leucocephala*, aunque lo reportado por Zuluaga (38) en 7 predios de *L. leucocephala* en el departamento de Huila - Colombia, agrupado con sistemas silvopastoriles muestran valores que oscilan entre 6,22 y 7,21 t/ha, lo que resulta en valores inferiores a los obtenidos en la cobertura nativa de la finca el Carmen.

La aplicación de dos tipos de índice de diversidad, fueron el medio para interpretar los datos previamente descritos en el inventario. El índice de Shannon – Weaver mostró que el componente forestal nativo de la finca el Carmen es bajo en diversidad, con un valor de 1,2 mientras que los resultados de Soler *et al.* (29) fueron de 2,02 para el ecosistema arbustal y 2,55 para el ecosistema bosque, por lo que los datos obtenidos en la finca el Carmen indican que el nivel de diversidad de la zona de estudio está muy por debajo del nivel normal de una zona arbustal.

Sin embargo, esto hay que analizarlo desde una perspectiva, en donde se comprende que son zonas donde hay una abundante cantidad de especies, por lo que su diversidad será mayor, para consolidar esto también se comparó los datos con Mora *et al.* (39) en un bosque de Encino (*Quercus* L.) donde su diversidad sustentaba solo dos especies *Quercus elliptica* Née y *Quercus rugosa* Née, con un valor de 0,32, donde se reflejó así una muy baja diversidad para este entorno. Para el caso de Paguay *et al.* (30), el aplicó el índice de Shannon por individual a 5 parcelas en el páramo Machay en Chimborazo, donde obtuvo valores de 0,127 a 1 con diversidad aún más baja que la obtenida por la finca el Carmen.

Para el índice de Simpson se obtuvo un valor de 0,50 para el área de bosque nativo de la finca el Carmen, lo que indica un nivel medio de diversidad compartiendo resultados con otros autores como Paguay *et al.* (30) con 0,45, Dousdebis (32) con 0,58, mientras que se difiere con autores como Roman *et al.* (33) con 0,89 y Cué *et al.* (31) con 0,82, ya que presentaron valores superiores a los obtenidos por este índice, la razón de dichos valores va centrada en dos factores, en primer lugar fueron aplicadas en zonas altas de Chimborazo e Imbabura y como segundo determinante estas áreas presentaron un vasto y alto índice de diversidad de especies.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se identificó el tipo y la amplitud de diversidad arbórea con la que está estructurada el área de bosque nativo de la finca el Carmen actualmente.
- De acuerdo al objetivo planteado sobre cálculo de carbono aéreo, se dedujo cual era la especie con mayor cantidad de carbono almacenado, por lo que podemos sostener que la capacidad de almacenamiento de carbono de cada individuo está influenciada estrictamente por la densidad (g/cm^3) de cada especie o familia.
- Para concluir, se debe indicar que el componente estructural de la cobertura nativa de la finca el Carmen es un entorno que, pese a no tener un índice de diversidad alto, es un área bastante abundante de individuos forestales, asociados entre sí para un fin en común, como lo es la captación de carbono, por tanto, se puede definir que independientemente del tipo de especies o a la familia, su importancia a nivel ecológico es vital para la fauna que habita en el lugar.

5.2. Recomendaciones

- A partir de estas afirmaciones sugiero que se deben realizar más investigaciones de composición y estructura florística en el cantón Balzar, para así lograr incentivar el desarrollo investigativo sobre la importancia de las especies forestales en estas áreas nativas.
- Se sugiere utilizar el modelo alométrico empleado en esta investigación, para estudios adicionales de biomasa aérea en distintas especies de las zonas boscosas del Ecuador.
- A modo de cierre se recomienda que en futuras investigaciones se apliquen los mismos índices de diversidad, utilizados en la investigación, para determinar el componente estructural y vertical del bosque o de coberturas nativas.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

5.1. Bibliografía

1. FAO. Situación de los bosques del mundo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2011; 1. Disponible en: <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/onu/094-spa-ed2011>.
2. Krebs, J. Ecology Methodology. New York: Harper y Row Publishers; 1989. Disponible en: <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=884137>.
3. Calva, J., Ortiz, A., Pallo, C., Calapucha, J., Chango, G. Los bosques del Ecuador (Los bosques su importancia y sus limitaciones). Ecuador: Universidad Estatal Amazónica; 2020. Disponible en: https://issuu.com/calva_johnson_1997/docs/los_bosque_de_ecuador
4. FAO. 10 cosas que deberías saber sobre los bosques. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; 2017. Disponible en: <https://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/1037245/>.
5. Cuadrado, G., Campos, E. y Heredia, A. Valoración económica del servicio de producción hídrica de la Microcuenca del Río Blanco. Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2018; 13(2). Disponible en: <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/763>.
6. Aguirre, N., Alvarado, J., Ruiz, L., y Granda, J. Bienes y servicios ecosistémicos de los bosques secos de la provincia de Loja. Ecuador: Bosque Latitud Cero; 2018; 8(2). Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-tecnica-particular-de-loja/humanismo-universidad-y-cultura/bienes-y-servicios-nota-9/13984826>.
7. MAE. Proyecto de sistema nacional de control forestal. Ecuador: SENPLADES; 2016. 70p. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>
8. FAO. FRA 2020: Situación del sector forestal en la región de América Latina y el Caribe. Francia: Comisión Forestal para América Latina y el Caribe, 32ª Reunión.; 2021. Disponible en: <https://www.fao.org/3/cb6002es/cb6002es.pdf>.

9. Figueira, M., Schindler, B., Jardim, J. y Barbosa M. Rediscovery of *Chiococca insularis* (Ridley) C.M. Taylor y M.R.V. Barbosa (Rubiaceae), a species presumed extinct, on the island of Fernando de Noronha. Brazil: ResearchGate;2020; 16(5). Disponible en:
researchgate.net/publication/345007993_Rediscovery_of_Chiococca_insularis_Ridley_CMTaylor_MRV_Barbosa_Rubiaceae_a_species_presumed_extinct_on_the_island_of_Fernando_de_Noronha_Pernambuco_Brazil.
10. ITTO. Manuel práctico de inventarios forestales. Perú: Coordinadora Regional de los Pueblos Indígenas; 2010. Disponible en:
http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/3033/Technical/TFL-SPD-030-12-R1-M-Manual-Practico-InventarioForestal.pdf
11. Ugalde, L. Establecimiento y medición de parcelas para el monitoreo y evaluación del crecimiento de árboles en investigación y en programas de reforestación con la metodología del sistema MiraSilv. Costa Rica: CATIE; 2005. Disponible en:
<https://1library.co/document/zlj6rdgy-guia-establecimiento-medicion-parcelas.html>
12. Harris, J., Birjandi, J y García, A. Bosques, Agricultura y Clima: Consideraciones Económicas y Políticas. Massachusetts: Global Development And Environment Institute; 2011. Disponible en:
https://www.bu.edu/eci/files/2019/06/REDD_Spanish.pdf
13. MAE. Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ecuador: Ministerio del Ambiente Ecuatoriano; 2017. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/TERCERA-COMUNICACION-BAJA-septiembre-20171-ilovepdf-compressed1.pdf>
14. Moreno, C. Métodos para medir la biodiversidad. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; 2001; 84(1). Disponible en:
<http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
15. Soler, P., Berroterán, J., Gil, J y Acosta, R. Índice valor de importancia, diversidad y similitud florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Venezuela: Scielo; 2012. 10 (62). Disponible en:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100003.

16. Margalef, R. Homage to E. Hutchison, or why is there an upper limit to diversity. Cambridge: Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences; 1972; 21-235 (44):. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/166281>
17. Magurran, A. Ecological diversity and its measurement. New Jersey: Princeton University Press; 1988. 179. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
18. Lande, R. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. Suecia: Oikos; 1996 5-13 (76). Disponible en: <https://doi.org/10.2307/3545743>
19. Mokany, K., Raison, R., Prokushkin, S. Critical analysis of root:shoot ratios in terrestrial biomes. Springfield: Global Change Biology; 11(12). Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.001043.x>
20. Schmid T, A., Poulain, D., Krause, K., Peña, K., Schmidt, H., Schulte, A. (2009). Allometric above-belowground biomass equations for *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) natural regeneration in the Chilean Patagonia: Annals of Forest Sciences; 2009; 66- 513p. Disponible en: <https://doi.org/10.1051/forest/2009030>.
21. Ter-Mikaelian M, Korzukhin, M. Biomass equations for sixty-five North American tree species. Amsterdam: Forest Ecology and Management; 1997. 92 (97). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112797000194>.
22. González, B., Suatunche, P., y Simba, L. Carbono acumulado en la biomasa aérea en plantaciones de *Terminalia ivorensis* A. Chev (terminalia) y *Gmelina arborea* Roxb (melina), en el Litoral ecuatoriano. Ecuador: Ciencia Y Tecnología UTEQ; 2019; 12(1). Disponible en: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/313>
23. Suatunche, J., Véliz, A., Cunuhay, D. Composición Florística y estructura del Remanente de Bosque de Galería de la Corporación Agrícola San Juan, Cantón La

- Maná. Ecuador: Revista Tecnológica ESPOL; 2009; 22(1). Disponible en: <http://200.10.150.204/index.php/tecnologica/article/view/89>
24. Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J., Eamus, D. y Lescure, J. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. United States: United States Environmental Protection; 145(1). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/7772513_Tre_allometry_and_improved_estimation_of_carbon_stocks_and_balance_in_tropical_forests
25. Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S., Swenson, N., y Zanne, A. Towards a worldwide wood economics spectrum. England: Ecology letters; 2009; 12(4). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/24040698_Towards_a_Worldwide_Wood_Economics_Spectrum
26. CONABIO. Descripción de *Guazuma ulmifolia* Lam. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: 2018; 7. Disponible en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf
27. Cornejo, X. Las especies emblemáticas de flora y fauna de la ciudad de Guayaquil y de la provincia del Guayas, Ecuador. Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales. Guayaquil: 2015; 2 - 17 (2). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308333831_Las_especies_emblematicas_de_flora_y_fauna_de_la_ciudad_de_Guayaquil_y_de_la_provincia_del_Guayas_Ecuador
28. Veblen, T. Growth Patterns of Chusquea Bamboos in the Understory of Chilean Nothofagus forests and Their Influences in Forest Dynamics. Torrey Botanical Society. Estados Unidos: 1982; 474 – 487 (109). Disponible en: <https://doi.org/10.2307/2996488>
29. Soler, P., Berroterán, J., Gil, J., Acosta, R. Índice valor de importancia, diversidad y similitud florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. Maracay. Agronomía tropical: 2012; 1 -4 (62). Disponible en:

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2012000100003#:~:text=El%20%C3%ADndice%20de%20diversidad%20de,la%20sabana%20fueron%20muy%20similares.

30. Paguay, M., Román, D., Cevallos, J. Composición y diversidad de especies forestales en el páramo Machay- Chimborazo- Ecuador. *Ciencia Digital*: 2019; 15 (3). Disponible en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.1.706>.
31. Cué, J., Chagna, E., Carrión, M., Vallejos, H. Indicadores de biodiversidad del componente arbóreo de la granja Yuyucocha, Ibarra, Ecuador. *Journal Recinatur International of Applied Sciences Nature and Tourism- UTN*: 2019; 10 (1). Disponible en: <http://revistasoj.s.utn.edu.ec/index.php/recinatur/issue/view/19>
32. Dousdebés, C., EsIA y PMA del puerto de aguas profundas de posorja. Guayaquil: CARDNO:2016; 200 (1). Disponible en: <https://idbinvest.org/es/download/1496>
33. Roman, D., Caguana, J., Román, D., Cevallos, J. Estudio florístico en el ecosistema páramo de la quebrada Galgalán, comunidad de Atillo. Ecuador. *CASEDELPO*: 2020; 23 (5). Disponible: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1563/html>
34. Caspersen, J. y Pacala, S. Successional diversity and forest ecosystem function. *Ecological Research. Department of Ecology and Evolutionary Biology, Princeton University, Princeton*:2001; 895-903 (16). Disponible en: https://waingerlab.cbl.umces.edu/SupportingLiterature/LiteratureReviewDiagrams_Literature/Trees/Caspersen_&_Pacala_2001.pdf
35. Jimenez, E. y Mendoza, J. Estructura de la vegetación, diversidad y regeneración natural de árboles en bosque seco en la comuna limoncito- provincia de Santa Elena. Ecuador. *ESPOL*: 2015; 8 (1). Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17077/1/Art%C3%ADculo%20de%20grado.pdf>
36. Pionce, G., Suatunce, J., Pionce, V., Ortega, G. Inventariación de los productos forestales no maderables (PFNM) de un bosque semi-húmedo del Sur de Manabí, Ecuador. *Selva Andina Research Society*: 2018; 80 – 95 (9). Disponible en:

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2072-92942018000200004&lng=pt&nrm=iso&tlng=es

37. Casanova, F., Caamal, J., Petit, J., Solorio, F., Castillo, J. Acumulación de carbono en la biomasa de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* asociadas y en monocultivo. Venezuela. Revista Forestal Venezuela: 2010; 45 – 50 (1). Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/329192332_Acumulacion_de_carbono_en_la_biomasa_de_Leucaena_leucocephala_y_Guazuma_ulmifolia_asociadas_y_en_monocultivo
38. Zuluaga, D. Determinación de las reservas de carbono en sistemas bovinos basados en silvopastoreo y praderas sin árboles en bosque seco tropical del Departamento del Huila – Colombia. Manizales: 2020; 32 – 54 (1). Disponible en:
https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/4740/Zuluaga%20Durango_David%20Esteban_%202020.pdf?sequence=1
39. Mora, C., Burbano, O., Méndez, C. y Castro, D. Evaluación de la biodiversidad y caracterización estructural de un Bosque de Encino (*Quercus L.*) en la Sierra Madre del Sur, México. Revista Forestal Mesoamericana Kurú: 2017; 68 - 75 (14). Disponible en: <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/3154/2941>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1 Fotografías de la Fase de Campo



Anexo 1. Reconocimiento de la zona de estudio.



Anexo 2. Medición de la parcela.



Anexo 3. Cuadrar la parcela.



Anexo 4. Apuntalar las estacas.



Anexo 5. Cerrado de la parcela con la cinta de peligro.



Anexo 6. Marcación de las coordenadas de la parcela con el GPS.



Anexo 7. Coordenadas GPS.



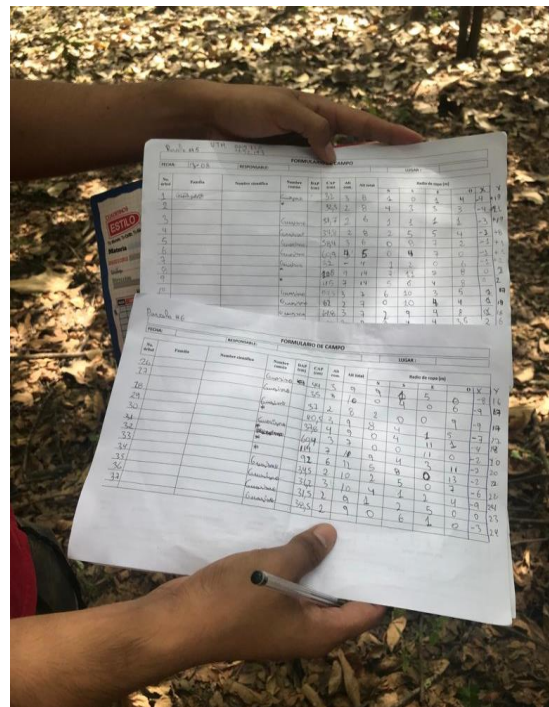
Anexo 8. Marcación de los árboles



Anexo 9. Medición de las copas



Anexo 10. Estimación de la altura de los individuos.



Anexo 11. Registro final de todos los datos de DAP, Ht, Hc y diámetro de las copas.