



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

Proyecto de integración curricular
previo a la obtención del Grado
Académico de Ingeniero Forestal.

Título del proyecto de investigación:

“ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO DE LA COBERTURA
FORESTAL DEL BOSQUE SECUNDARIO KASAMA “

Autor:

Frank Elián González Paredes

Director del proyecto de investigación:

Ing. For. Walter García Cox, M.Sc.

Quevedo - Los Ríos - Ecuador

2024



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y SESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Frank Elián González Paredes**, declaro que la investigación presentada en este documento es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada 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 normatividad institucional vigente.

Frank Elián González Paredes

C.I. 1207929595



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. For. Walter García Cox, M.Sc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Frank Elián González Paredes**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Estimación del contenido de carbono de la cobertura forestal del Bosque Secundario Kasama**”, previo a la obtención del grado académico de Ingeniero Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con todas las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.


Ing. For. Walter García Cox, M.Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

El suscrito, **Ing. For. Walter García Cox, M.Sc**, mediante el presente cumpto en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación titulado **“Estimación del contenido de carbono de la cobertura forestal del bosque secundario Kasama”** Presentado por el estudiante **Frank Elián González Paredes** egresado de la Carrera de Ingeniería Forestal que fue revisado bajo mi dirección según la resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de la herramienta antiplagio COMPILATIO la cual avala los niveles de originalidad en un 96% y similitud 4%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS

PROY INV. FRANK GONZALEZ PAREDES - ANAL ANTIPL

4%
Textos sospechosos

4% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: PROY INV. FRANK GONZALEZ PAREDES - ANAL ANTIPL.docx	Depositante: WALTER OSCAR GARCIA COX	Número de palabras: 10.130
ID del documento: 4b0a47b116ef53e3bf315e55aa19353cc55f212e	Fecha de depósito: 22/3/2024	Número de caracteres: 64.176
Tamaño del documento original: 1,42 MB	Tipo de carga: interface	
	fecha de fin de análisis: 22/3/2024	

Ing. For. Walter García Cox, M.Sc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Estimación del contenido de carbono de la cobertura forestal del bosque secundario
Kasama”

Presentado al Consejo Directivo de la Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Edison Solano Apuntes, M.Sc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Pedro Suatunce Cunuhay, M.Sc.

INTEGRANTE DEL TRIBUNAL

Ing. Edwin Jiménez Romero, M.Sc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2024

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios en primer lugar, porque es el pilar fundamental para afrontar cualquier adversidad que se presente en la vida, le agradezco por brindarme la salud, vida, fortaleza, sabiduría para no rendirme y permitir culminar con una etapa que no fué fácil, pero todo esfuerzo tiene su recompensa. A mis padres, abuelos, hermanos, primos, novia y amigos en general que siempre en todo momento de una u otra manera me hicieron saber que estaban conmigo y fueron parte de esta etapa importante de mi vida.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y a los docentes que me brindaron oportunidades valiosas en mi camino educativo. También, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi tutor de Proyecto de investigación, el Ing. For. Walter García Cox M.Sc., por compartir su valioso conocimiento, por su amabilidad y paciencia en su rol como director de tesis.

A su vez, un agradecimiento al GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas quién por parte del Ing. Roberto Rodríguez y el Ing. Henry Moreira en coordinación con el Ing. For. Edison Solano M.Sc. fueron quienes dieron el respaldo y autorización a realizar la investigación dentro del bosque secundario Kasama, también a don Franklin y la Ing. For. Marjorie Abad por ayudarme en el trabajo de campo y siempre estar a disposición de lo que ameritó la investigación.

Agradecer al Ing. For. Washington Mora M.Sc. por brindarme la ayuda necesaria con sus conocimientos adquiridos en su trayectoria en el campo forestal y profesional, a su esposa la Ing. For. Karen Acosta M.Sc. por sus consejos, a mi primo el Ing. Danny Mero por su trabajo de mantenimiento a mis equipos tecnológicos para el desarrollo de mi proyecto.

Además, agradecer Gianela, Sammy, Pedro, Juan, Michelle, Milena, Jhon, Xullyne, Karla, Henry, mi grupo de amigos y compañeros de la vida universitaria que de alguna manera me brindaron su apoyo y que pude contar con ellos en las buenas y malas durante el trayecto.

A mis amigos de infancia Alexander, Steban, Aldrin, Elián, Denisse, Karelys, Kendy, Adrián, y a Erick que desde el cielo estará contento.

Frank Elián González Paredes

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación realizado con esfuerzo y dedicación; va dedicado a cada uno de los miembros de mi familia, en especial a mis padres Hernán González y Susana Paredes, quienes siempre se han esforzado por mi bienestar y desarrollo personal, por apoyarme en mis decisiones y contribuir a mi formación como un hombre con sólidos valores y principios, y por enseñarme que con responsabilidad y dedicación puedo lograr lo que me proponga, abuelos, hermanos, tíos y primos, quienes son mi motor para seguir cumpliendo cada una de mis metas personales y profesionales. A mis abuelos paternos Francisco González y Aide Avilés, mis abuelos maternos Felipe Paredes y Ana Anchundia quienes siempre me brindaron su amor, cariño y apoyo incondicional, y tanto como mis padres y tíos son mi ejemplo a seguir, lo cual los admiro, respeto y amo con mi vida.

A mi hermano Brandon González, mi tío Marcos Macías y mi mamita María Lucas, quienes desde el cielo están orgullosos de esta meta cumplida y aunque tristemente no alcanzaron a llegar al final de esta meta y compartir este logro físicamente, sé que siempre estuvieron junto a mí espiritualmente. A mi hermana Narcisa González y mis primos Ney, Bryan, Alisson, Ariel, Elthon, Maholy, Mía, Erwin, Ana, Francisco, Alexandra, Alejandro, Milagros y Fernanda quienes forman parte de mi vida y amo mucho. A Zahid y Alejandrita que son los más pequeños de la casa y los amo con mi vida.

A mi novia la Lic. Lilibeth Quezada M.Sc., por mostrarme su amor y apoyo incondicional durante esta etapa, y darme ánimos de seguir y no rendirme ante los obstáculos que se me presenten en el camino.

Frank Elián González Paredes

RESUMEN

Este proyecto de investigación se llevó a cabo en el bosque secundario Kasama, ubicado en la parroquia Chigüilpe de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. El objetivo principal fué estimar el contenido de carbono presente en la cobertura forestal del bosque Kasama, con el fin de contribuir al conocimiento de la capacidad de secuestro de carbono de este ecosistema. La estructura vertical predominante mostró que la altura promedio de la mayoría de las especies de 13 m, no obstante, en la unidad de muestreo 3 se identificaron especies que superan los 20 m. Respecto a la distribución horizontal de los individuos muestreados, la mayoría de las especies presentan copas amplias. La distribución espacial de estas copas revela que existen áreas con densa vegetación. Las familias más abundantes fueron Urticaceae, con Moraceae también presentando una alta abundancia según el Índice de Valor de Importancia (IVI) por familia. *Pourouma guianensis* Aubl. fue la especie más abundante y dominante en la comunidad vegetal según el IVI por especies. La mayor diversidad según el Índice de Shannon se registró un 0,9147, el Índice de Simpson más alto con un promedio de 2,709. La densidad de árboles fue de 243 ha, con un área basal de 26,8 m²/ha y un volumen de 326,3 m³/ha. La familia con el mayor almacenamiento de carbono fue Moraceae, mientras que *Pourouma guianensis* Aubl. como la especie más destacada en cuanto el almacenamiento de carbono por especies, con promedios de 121,37 Mg y 112,84 Mg. Se encontró un promedio de 1,1 t/ha de carbono almacenado en hojarasca y detritus no vivos, mientras que en la biomasa del sotobosque se registró un promedio de 2,95 t/ha. El almacenamiento total de carbono orgánico fue de 3,86 t/ha⁻¹ en el rango de 0 a 15 cm y 5,84 t/ha en el rango de 15 a 30 cm. Estos resultados serán fundamentales para futuras investigaciones relacionadas con el tema.

Palabras claves: diversidad, arboles, ecosistema, especie, biomasa.

ABSTRACT

This research project was carried out in the Kasama protective forest, located in the Chigüilpe parish of the province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The main objective was to estimate the carbon content present in the forest cover of the Kasama forest, in order to contribute to the knowledge of the carbon sequestration capacity of this ecosystem. The predominant vertical structure showed that the average height of most species was 13 m, however, in sampling unit 3 species exceeding 20 m were identified. Regarding the horizontal distribution of the sampled individuals, most species have wide crowns. The special distribution of these crowns reveals that there are areas with dense vegetation. The most abundant families were Urticaceae, with Moraceae also presenting high abundance according to the Importance Value Index (IVI) per family. *Pourouma guianensis* Aubl. It was the most abundant and dominant species in the plant community according to the IVI by species. The highest diversity according to the Shannon Index was recorded at 0.9147, the highest Simpson Index with an average of 2.709. The tree density was 243 ha⁻¹, with a basal area of 26, 8 m²/ha and a volume of 326, 3 m³/ha. The family with the highest carbon storage was Moraceae, while *Pourouma guianensis* Aubl. as the most prominent species in terms of carbon storage by species, with averages of 121,37 Mg and 112,84 Mg. An average of 1.1 t/ha of carbon stored in leaf litter and non-living detritus was found, while an average of 2,95 t/ha was recorded in the understory biomass. The total organic carbon storage was 3, 86 t/ha in the range of 0 to 15 cm and 5, 84 t/ha⁻¹ in the range of 15 to 30 cm. These results will be fundamental for future research related to the topic.

Keywords: Keywords: diversity, trees, ecosystem, species, biomass.

TABLA DE CONTENIDO

Portada	i
Declaración de autoría y sesión de derechos	ii
Certificado 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 el tribunal de sustentación.....	v
Agradecimientos.....	vi
Dedicatoria	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
Tabla de contenido.....	x
Código dublín.....	xvii
Introducción	1
CAPÍTULO I.	
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de la investigación.....	4
<i>1.1.1. Planteamiento del problema.....</i>	<i>4</i>
Diagnóstico.....	4
Pronóstico.....	5
<i>1.1.2. Formulación</i>	<i>5</i>
<i>1.1.3. Sistematización del problema.....</i>	<i>5</i>
1.2. Objetivos.....	6
<i>1.2.1. Objetivo general</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2. Objetivos específicos</i>	<i>6</i>
1.3. Justificación.....	7
CAPÍTULO II.	
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8

2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. <i>Diversidad</i>	9
2.1.2. <i>Cobertura basal</i>	9
2.1.3. <i>Biomasa</i>	9
2.1.4. <i>Bosque</i>	10
2.2. Marco referencial.....	10
2.2.1. <i>Bosques nativos</i>	10
2.2.2. <i>Bosques secundarios</i>	10
2.2.3. <i>Diversidad florística</i>	10
2.2.4. <i>Funciones del bosque</i>	12
2.2.5. <i>Cambio climático</i>	12
2.2.6. <i>Ciclo de carbono</i>	13
2.2.7. <i>Fijación de carbono</i>	13
2.2.8. <i>Almacenamiento de carbono</i>	13
2.2.9. <i>Inventario forestal</i>	14
2.2.10. <i>Estructura del bosque</i>	14
2.2.11. <i>Regeneración natural</i>	15
2.2.12. <i>Bosques sumideros de carbono</i>	16
2.2.13. <i>Almacenamiento de carbono como mitigación al cambio climático</i>	16
2.2.14. <i>Valor económico fijación de carbono</i>	17
2.2.15. <i>Protocolo de Kioto</i>	18
2.2.16. <i>Revisión histórica del tema de estudio</i>	18
CAPÍTULO III.	
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Localización.....	21
3.1.1. <i>Descripción del área de estudio</i>	22
3.2. <i>Tipo de investigación</i>	22

3.3. Método de investigación.....	22
3.3.1. Método analítico.....	22
3.3.2. Método descriptivo	22
3.4. Fuentes de recopilación de información	23
3.4.1. Fuentes primarias.....	23
3.4.2. Fuentes secundarias	23
3.5. Diseño de la investigación.....	23
3.5.1. Diseño de unidades de muestreo	23
3.6. Instrumentos de investigación	26
3.6.1. Manejo del experimento	26
3.6.2. Variables a evaluar	26
3.7. Tratamiento de datos.....	33
3.8. Recursos humanos y materiales.....	33
3.8.1. Recursos humanos	33
3.8.2. Materiales de campo	33
3.8.3. Materiales de oficina.....	34
CAPÍTULO IV.	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Estructura y diversidad vegetal del bosque Kasama	36
4.1.1. Composición florística de la masa forestal del bosque.....	36
4.1.2. Índice de Valor de Importancia	37
4.1.3. Perfiles estructurales.....	39
4.2. Inventario forestal realizado en la zona de estudio.....	40
4.2.1. Carbono almacenado en la biomasa aérea	41
4.2.2. C almacenado en la hojarasca, detritus no vivos y biomasa del sotobosque	42
4.3. Carbono orgánico almacenado en el suelo	43
4.3.1. C almacenado en cada componente en la biomasa del bosque y suelo	44

4.4. Discusión	45
CAPÍTULO V.	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	47
5.1. Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones	49
CAPÍTULO VI.	
BIBLIOGRAFÍA	50
6.1. Bibliografía.....	51
CAPÍTULO VII.	
ANEXOS	57
7.1. Anexos	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Nombres, dimensiones, y descripción de las unidades de muestreo.....	25
Tabla 2. Niveles de interpretación del índice de Simpson	27
Tabla 3. Niveles de interpretación del índice de Shannon	28
Tabla 4. Familias y especies de los individuos registrados en las unidades de muestreo.....	36
Tabla 5. Cálculo del Índice de Valor de Importancia por familias dentro de las unidades de muestreo en el bosque Kasama	37
Tabla 6. Cálculo del Índice de Valor de Importancia de las especies encontradas en las unidades de muestreo del bosque protector Kasama	38
Tabla 7. Índice de diversidad de las tres unidades de muestreo del bosque Kasama	39
Tabla 8. Inventario de las especies forestales encontradas en el área de estudio	40
Tabla 9. Cantidad de biomasa aérea por familia, en el Bosque Kasama	41
Tabla 10. Cantidad de biomasa aérea por especies en el bosque Kasama	42
Tabla 11. C almacenado en la hojarasca y detritus no vivos.....	43
Tabla 12. C almacenado en la biomasa del sotobosque.....	43
Tabla 13. Análisis de Carbono orgánico almacenado en el suelo a profundidad de 0-15 cm	44
Tabla 14. Análisis de Carbono orgánico almacenado en el suelo a profundidad de 15-30 cm	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del bosque protector Kasama.....	21
Figura 2. Diseño de las unidades de muestreo	24
Figura 3. Diseño de las unidades y subunidades de muestre.....	24
Figura 4. Diseño y distribución de subparcelas dentro de las parcelas experimentales establecidas en el Bosque Kasama de acuerdo a la metodología del (MAE, 2012).....	25
Figura 5. Estructura vertical de las 3 unidades de muestreo del bosque Kasama	39
Figura 6. Estructura horizontal de las 3 unidades de muestreo en el bosque Kasama	40
Figura 7. Carbono total almacenado en los diferentes componentes del bosque Kasama.	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Delimitación de las unidades de muestreo.....	58
Anexo B. Identificación de las especies forestales.....	58
Anexo C. Medición de DAP de especies forestales	59
Anexo D. Medición del cuadrado de 50 cm para la calicata.....	59
Anexo E. Profundidad de la calicata 0-15 y 15-30 cm.	60
Anexo F. Toma de las muestras de suelo con barreno.....	60
Anexo G. Peso de submuestra de suelo en el campo.....	61
Anexo H. Muestras de sotobosque, necromasa fina y gruesa.....	61
Anexo I. Submuestras de necromasa y sotobosque secadas en la estufa del laboratorio UTEQ.....	62
Anexo J. Resultados de las muestras de suelo enviadas al INIAP para el análisis del mismo.....	62

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Estimación del contenido de carbono de la cobertura forestal del bosque secundario Kasama				
Autor:	González Paredes Frank Elián				
Palabras claves:	Diversidad	Árboles	Ecosistema	Especie	Biomasa
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2024				
Resumen:	<p>Este proyecto de investigación se llevó a cabo en el bosque protector Kasama, ubicado en la parroquia Chigüilpe de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas. El objetivo principal fué estimar el contenido de carbono presente en la cobertura forestal del bosque Kasama, con el fin de contribuir al conocimiento de la capacidad de secuestro de carbono de este ecosistema. La estructura vertical predominante mostró que la altura promedio de la mayoría de las especies de 13 m, no obstante, en la unidad de muestreo 3 se identificaron especies que superan los 20 m. Respecto a la distribución horizontal de los individuos muestreados, la mayoría de las especies presentan copas amplias. La distribución espacial de estas copas revela que existen áreas con densa vegetación. Las familias más abundantes fueron <i>Urticaceae</i>, con <i>Moraceae</i> también presentando una alta abundancia según el Índice de Valor de Importancia (IVI) por familia. <i>Pourouma guianensis</i> Aubl. fue la especie más abundante y dominante en la comunidad vegetal según el IVI por especies...</p>				
Abstract:	<p>This research project was carried out in the Kasama protective forest, located in the Chigüilpe parish of the province of Santo Domingo de los Tsáchilas. The main objective was to estimate the carbon content present in the forest cover of the Kasama forest, in order to contribute to the knowledge of the carbon sequestration capacity of this ecosystem. The predominant vertical structure showed that the average height of most species was 13 m, however, in sampling unit 3 species exceeding 20 m were identified. Regarding the horizontal distribution of the sampled individuals, most species have wide crowns. The special distribution of these crowns reveals that there are areas with dense vegetation. The most abundant families were <i>Urticaceae</i>, with <i>Moraceae</i> also presenting high abundance according to the Importance Value Index (IVI) per family. <i>Pourouma guianensis</i> Aubl. It was the most abundant and dominant species in the plant community according to the IVI by species...</p>				
Descripción:	79 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:					

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de información sobre los bosques y sus recursos son esenciales para la gestión forestal sostenible y, en general, para un desarrollo forestal equilibrado que tenga en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales (Díaz y Heyn, 2022). La importancia de los bosques en la regulación del clima es indiscutible, actúan como sumideros de carbono, absorbiendo el dióxido de carbono (CO₂) almacenándolo en diversas formas, siendo importante en la mitigación del cambio climático que ha llevado a la necesidad de cuantificar con precisión el contenido de carbono de la cobertura forestal (Mendizábal *et al.*, 2008).

El carbono es un elemento esencial para la vida, está presente en la atmósfera, la flora y fauna, en la materia orgánica inerte, los combustibles fósiles, en las formaciones rocosas y disueltas en los océanos. El ciclo de carbono se distingue por tener reservas atmosféricas reducidas, pero altamente activas y susceptibles a las perturbaciones antropogénicas, que modifican los patrones climáticos de forma que impactan directamente la vida terrestre. A pesar de su relevancia, la distribución de los bosques en el mundo no es uniforme, aproximadamente la mitad de ellos se conservan en estado relativamente intactos, y más de un tercio se encuentran en cinco países entre ellos se encuentran: Brasil, Canadá, China, Estados Unidos y la Federación de Rusia (FAO, 2020).

Los elementos esenciales que influyen en la habilidad de los bosques para almacenar carbono en forma de biomasa aérea incluyen la diversidad de especies vegetales, la edad y la prevalencia de cada estrato de la comunidad vegetal (Paipa y Triana, 2018). La correcta evaluación de la biomasa forestal es crucial, ya que permite cuantificar la cantidad de carbono y otros compuestos químicos presentes en sus componentes. Esta biomasa representa el potencial del carbono que podría ser emitido a la atmósfera o, por el contrario, conservado y capturado en un área específica cuando los bosques se gestionan con el objetivo de cumplir con los compromisos de reducción de gases de efecto invernadero (Villanueva, 2020).

La estimación del carbono se realiza a través de la biomasa, lo que ha llevado a un aumento en el desarrollo de modelos de biomasa en los últimos años, siendo probablemente más comunes para árboles individuales que para bosques enteros. Para calcular se utilizan diversos modelos de regresión y combinaciones de variables. El DAP (diámetro a la altura del pecho) es la variable que mejor se correlaciona y predice, además

es un variable fácil de medir y que se registra en la mayoría de los inventarios forestal (Villanueva, 2020).

En el presente estudio se realizó la estimación de carbono en los predios del bosque Kasama, ubicado en la prefectura de Santo Domingo de los Tsáchilas, con la finalidad de generar datos esenciales para alcanzar los objetivos del estudio. Finalmente, el estudio de la cantidad de carbono almacenado en el bosque Kasama aporta información valiosa para la mitigación del cambio climático y la implementación de estrategias de conservación orientadas a la captura de carbono.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La deforestación y la degradación forestal son asuntos apremiantes que están estrechamente vinculados con los bosques en nuestro planeta. Aproximadamente el 47% de los bosques a nivel mundial se encuentran en grave riesgo de sufrir deforestación o degradación para el año 2030. A pesar de que ambas prácticas tienen un impacto negativo en la salud de los bosques, es esencial distinguir entre ellas. Cuando un bosque sufre degradación, significa que todavía existe, pero su funcionamiento se ve comprometido. Se transforma a una versión disminuida de su estado original y su salud se deteriora hasta el punto de ya no poder mantener a la flora y fauna silvestre. Es decir, pierde su capacidad para filtrar el aire que respiramos y el agua que bebemos, así como proporcionar alimentos y refugio a los animales (Hancock, 2019).

Los bosques remanentes que se encuentran en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas cuentan con grandes beneficios para el medio ambiente, pero en la actualidad no existen muchos estudios relacionados que permitan determinar la cantidad del contenido de carbono de las especies forestales de este lugar, por lo que se pretende realizar un método no destructivo para esto se debe emplear una ecuación alométrica que permita estimar la biomasa aérea almacenada.

La caracterización y el manejo de áreas boscosas en Santo Domingo de los Tsáchilas es deficiente, en caso del bosque Kasama ubicado en los predios de la prefectura de Santo Domingo no existen estudios relacionados a la estimación del contenido de carbono que se encuentra dentro del bosque Kasama. Por esta razón se carece de información sobre la abundancia de especies, familias, tamaño y otras variables de los individuos que se localizan en la zona. La falta de información dificulta el diseño de estrategias adecuadas de conservación y gestión, lo que resalta la necesidad de llevar a cabo una investigación exhaustiva para caracterizar y comprender estos aspectos claves del ecosistema entorno a la estimación de carbono.

Diagnóstico

La demanda desmedida de madera sin una adecuada reforestación y manejo sostenible está generando una degradación ambiental significativa en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, lo cual se evidencia en la explotación de estos recursos

naturales. Esta situación pone en riesgo la biodiversidad y compromete la capacidad de los bosques para desempeñar su función crucial en la mitigación del cambio climático, al reducir su capacidad de almacenar carbono y secuestrarlo de la atmósfera. Desde una perspectiva ambiental, es importante comprender el potencial de absorción de carbono que poseen las especies forestales en áreas urbanas circundantes.

Pronóstico

El levantamiento de datos para la estimación de carbono, se llevará a cabo con fines de conservación de los bosques cercanos al cantón Santo Domingo, para así poder disminuir la emisión de carbono y gases de efecto invernadero dentro de la zona urbana de Santo Domingo.

1.1.2. Formulación

¿Cuál es el contenido de carbono presente en la cobertura forestal del bosque protector Kasama, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál es el análisis estructural del componente arbóreo del bosque protector Kasama?

¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en la hojarasca, detritus no vivo y en la biomasa de sotobosque en el bosque protector Kasama?

¿Cuál es el contenido de carbono almacenado en el suelo del bosque protector Kasama?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Estimar el contenido de carbono presente en la cobertura forestal del bosque secundario Kasama, con el fin de contribuir al conocimiento de la capacidad de secuestro de carbono de este ecosistema y apoyar iniciativas de conservación y manejo sostenible.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis estructural del componente arbóreo del bosque secundario Kasama.
- Estimar la cantidad de carbono almacenado en la cobertura forestal, en la hojarasca, detritus no vivo y en la biomasa de sotobosque en el bosque secundario Kasama.
- Determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo del bosque secundario Kasama.

1.3. Justificación

Es esencial realizar una evaluación exhaustiva de la diversidad biológica de las especies presentes en los ecosistemas forestales con el propósito de gestionar de manera eficiente los recursos forestales, establecer prácticas sostenibles y diseñar estrategias de conservación y uso sostenible de sus componentes. La recopilación de datos se convierte en un requisito fundamental para la generación de nuevos conocimientos, la cuantificación y el análisis, siendo una herramienta esencial para comprender tanto la naturaleza como los impactos provocados por la actividad humana en estos ecosistemas.

Dado que, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, existe poca investigación sobre la estimación de carbono, este estudio pretende mejorar la información existente sobre el estado de los ecosistemas forestales y almacenamiento de carbono, en el bosque Kasama. Por lo tanto, el estudio es una contribución a los proyectos locales centrados en la conservación de plantas y secuestro de carbono para futuras investigaciones, el cuál beneficia a la comunidad, como a investigadores, gestores forestales y estudiantes al proporcionar información sobre el almacenamiento de carbono en bosques secundarios, crucial para la mitigación del cambio climático.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Diversidad

Los bosques y selvas nativos representan ecosistemas de gran valor, ya que proveen recursos como madera de alta calidad, flores para la exportación, alimentos exóticos, dulces y medicamentos, además de desempeñar un papel fundamental en la protección de cuencas hidrográficas y en la regulación de la calidad y cantidad de agua dulce disponible para las comunidades locales. Estos ecosistemas albergan una notable diversidad biológica, con Argentina figurando en el puesto 17 a nivel mundial en cuanto a diversidad de plantas, con entre el 25% y el 30% de las especies siendo endémicas. Asimismo, se estima la presencia de alrededor de 9,000 especies de plantas superiores, 12,000 especies de insectos y 2,380 especies de vertebrados, incluyendo 38 especies de mamíferos y 19 de aves endémicas. De este total, se calcula que 529 especies de vertebrados (equivalente al 22% del total) y al menos 240 especies de plantas enfrentan riesgos significativos de extinción (Giménez *et al.*, 2007).

2.1.2. Cobertura basal

La cobertura basal se define como el porcentaje de área cubierta por la proyección en el suelo de la base de una planta. En el caso de arbustos ramificados desde la base y pastos, se mide a una altura de 2,5 cm desde el suelo, mientras que en árboles se toma a una altura de 1,20 cm, convencionalmente considerado como el diámetro a la altura del pecho (DAP), pudiendo utilizarse tanto el diámetro como el perímetro. Esta medida, junto con la densidad de árboles y la altura del fuste, proporciona información sobre el rendimiento en madera de un área forestal (De La Orden, 2020).

2.1.3. Biomasa

Se define como la cantidad de materia orgánica en un ecosistema, es el resultado de los procesos fotosintéticos de plantas y árboles, involucrando la luz solar, el CO₂ y el agua. La biomasa total mide toneladas por hectáreas, incluye la suma de biomasa aérea que se encuentra en el suelo compuesta por corteza, hojas, ramas y madera, y biomasa radicular, que se encuentra en la superficie del suelo (Goez, 2022). Hay algunas técnicas disponibles para estimar la biomasa forestal entre ellas la combinación de variables dendrométricas, como son la altura de los árboles, los diámetros de árboles, los diámetros de la copa, el volumen y la masa, todas estas técnicas pueden ser complejas y requerir de años para

recopilar toda la información necesaria, incluyendo que pueden tener un impacto ambiental significativo en las áreas forestales dificultando su aplicación (Goez, 2022).

2.1.4. Bosque

Una gran área cubierta de árboles, se compone de unidades llamadas rodales, que son secciones del bosque que se distinguen por su composición, edad o condición, las zonas con árboles que abarcan alrededor de tres hectáreas no se clasifican como bosques, pero pueden ser gestionadas de la misma forma (Castillo, 2013).

2.2. Marco referencial

2.2.1. Bosques nativos

Son bosques que han crecido de forma natural durante muchos años, está compuesto por especies nativas del país, se los conoce como bosques espontáneos o bosques naturales. Su origen puede darse de dos tipos: a través de semillas o brotes. El bosque alto es aquel que se origina a partir de semillas, que se producen en la parte superior de los árboles. Por lo tanto, un bosque puede tener un origen “alto” incluso si los árboles que lo componen son de baja altura, como los avellanos, boldos, entre otros. Por otro lado, el bosque bajo es aquel que se produce a partir de brotes de tocón o de raíz, y el bosque mediano se origina de manera mixta, tanto por semillas como brotes de los árboles progenitores (Arias, 2021).

2.2.2. Bosques secundarios

Bosques en etapa de regeneración natural después de haber sido completamente talado, quemado o alterado por otras actividades de conversión de la tierra, y aun no se ha recuperado por completo. Es una vegetación de madera que crece sucesivamente en tierras que originalmente fueron destruidas por intervención humana. La recuperación de este bosque depende en gran medida de la duración e intensidad del uso anterior de la tierra para la agricultura, así como de la cercanía a las fuentes de semillas para recolonizar el área alterada (Merino, 2016).

2.2.3. Diversidad florística

Se considera como un indicador de los ecosistemas, describiendo su riqueza interna, este concepto surge de una aplicación específica de la idea física de información y se

cuantifica mediante índices similares a los que se utiliza para medir la complejidad, actualmente, el uso tradicional de este término está en debate frente al concepto de biodiversidad, que tiene más implicaciones políticas que científicas. La diversidad de un ecosistema se basa en dos aspectos: la cantidad de especies presentes y el equilibrio demográfico (Ponce, 2019).

2.2.3.1. Índice de Shannon.

El índice de Shannon-Wiener se emplea como una métrica fundamental para evaluar la diversidad de especies en un ecosistema. Este índice cuantifica el grado de incertidumbre promedio en la predicción de la especie a la que pertenece un individuo seleccionado al azar de una población. Fundamentado en la teoría de la información, mide la cantidad media de información por individuo en muestras aleatorias tomadas de una comunidad donde se conoce el número total de especies. El índice presupone que los individuos se seleccionan al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Flores, 2019).

Índice de Shannon-Wiener (H'): Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra; mide el grado promedio de la incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar en una colección. $H' = -\sum (p_i \ln p_i)$. Dónde p_i es la proporción de individuos de la i -ésima especie = n_i / N (Valdez et al., 2018).

2.2.3.2. Índice de Simpson.

El índice de Simpson es una medida de diversidad biológica que se calcula como la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente de una muestra pertenezcan a la misma especie. Se expresa matemáticamente de la siguiente manera:

Donde:

$$D = \sum_{i=1}^s (N n_i) (N - 1 n_i - 1)$$

D: es el índice de Simpson.

S: es el número total de especies en la muestra.

N_i: es el número de individuos de la especie i es la muestra.

N: es el número total de individuos en la muestra.

El índice de Simpson varía de 0 a 1, donde 0 indica una diversidad infinita (máxima diversidad) y 1 indica ninguna diversidad (una sola especie presente). Un valor alto de D indica baja diversidad, mientras que un valor bajo indica alta diversidad.

Por lo tanto, el valor de D se ve afectado por la abundancia relativa de las especies en la muestra. En conjuntos de datos con muchas especies presentes en cantidades similares, el valor de D tiende a ser bajo, indicando alta diversidad. En contraste, en conjuntos de datos donde una o unas pocas especies son mucho más abundantes que otras, el valor de D tiende a ser alto, indicando baja diversidad (Kiernan, 2022).

Este índice es una medida que evalúa la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie. Este índice está influenciado principalmente por la importancia de las especies más dominantes en la comunidad. Dado que el valor del índice de Simpson es inversamente proporcional a la equidad, la diversidad se calcula como 1 menos el valor de λ . Este índice resalta la dominancia de ciertas especies en la comunidad. La fórmula para calcular el índice de Simpson es $\lambda = \sum (p_i)^2$, donde p_i es la abundancia proporcional de la especie i , obtenida al dividir el número de individuos de la especie i entre el número total de individuos en la muestra (Proporción de individuos de la i -ésima especie = n_i/N) (Valdez et al., 2018).

2.2.4. Funciones del bosque

Los bosques ofrecen muchos beneficios, no solo generan madera y una variedad de productos derivados como papel, cartulina, leña, carbón, sino que también proporcionan servicios indirectos que incluyen la regulación de los afluentes, la mitigación de la erosión del suelo y protección contra el viento (Arias, 2021).

2.2.5. Cambio climático

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio climático (CMNUCC) fue adoptada en 1992 durante la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, Brasil la cual define el cambio climático a las variaciones en los patrones climáticos que son atribuidas directa o indirectamente por las actividades humanas, lo que resulta en diversas alteraciones en la composición de la atmósfera terrestre. Estos cambios se superponen a las fluctuaciones naturales del clima que se han registrado a lo largo de períodos temporales extensos (Díaz, 2012).

2.2.6. Ciclo de carbono

El ciclo de carbono presenta dos procesos principales: el almacenamiento del carbono y el flujo del carbono, el almacenamiento se refiere a todo el carbono que se encuentra almacenado (biomasa, necromasa y materia orgánica del suelo), el flujo del carbono está en constante movimiento, y se puede cuantificar en términos de fotosíntesis, respiración de los árboles, la mortalidad de cualquier parte del árbol y la descomposición (Correa, 2015)

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son la principal preocupación ambiental a nivel global, se estima que el (CO₂) es el responsable del 71, 5% del efecto invernadero, ya sea por actividades como la quema de combustibles fósiles, los sistemas pecuarios y agrícolas, la deforestación entre otros, todas estas actividades contribuyen al calentamiento global. El cambio en el uso de la tierra ha sido una actividad principal que ha acelerado el cambio climático, siendo un objetivo de discusión en la comunidad científica (Rojas-Vargas *et al.*, 2019).

2.2.7. Fijación de carbono

Flujo del carbono a través de una zona específica que está cubierta de vegetación durante un periodo de tiempo. El flujo del carbono es la conversión de carbono inorgánico (dióxido de carbono) en compuesto orgánico por medio de los seres vivos. Este tipo de carbono está influenciado por características de la especie, la tasa de crecimiento y su longevidad, así como las condiciones del lugar, la ubicación, el clima y la rotación de cultivos (Villanueva, 2020).

2.2.8. Almacenamiento de carbono

Es la capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea que varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato. Los bosques, una vez que fijan el dióxido de carbono atmosférico en sus estructuras, lo acumulan en su biomasa y una parte lo transfieren al mantillo y al suelo por descomposición, constituyendo las reservas de carbono (Rojas-Vargas *et al.*, 2019).

2.2.9. Inventario forestal

Recopilación de datos sobre la superficie y características adicionales de las diferentes especies de árboles en una zona determinada, no solo registra variables relacionadas con el medio ambiente en función de su impacto en la producción forestal, sino que también se la puede utilizar para otros fines. A partir de los datos fácilmente accesibles, como la distribución de diámetros, especies, altura de los árboles, los niveles de crecimiento, y el número de árboles vivos y muertos se puede obtener indicadores de la diversidad estructural de los bosques. Los inventarios forestales son muy esenciales para la planificación y gestión de los recursos forestales tanto de forma cualitativa como cuantitativa (Arias, 2021).

2.2.10. Estructura del bosque

La estructura de un bosque se define por las relaciones espaciales y morfológicas que existen entre los componentes bióticos y abióticos, esta estructura es la que indica cómo se distribuyen los individuos en un espacio disponible, permitiendo así observar la competencia entre los árboles y si hay estratos que son menos competitivos que otros, junto con la diversidad de la flora y la ubicación de las especies dentro de dicha estructura, se establece como el punto inicial para diseñar un proceso de gestión sostenible (Fuel, 2020).

2.2.10.1. Estructura horizontal.

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie forestal. Esta estructura puede ser analizada mediante índices que reflejan la presencia de las especies, así como su relevancia ecológica en el ecosistema, esto implica las medidas de abundancia, de frecuencia y dominancia, donde la suma relativa resulta en el índice de valor de importancia (I.V.I) (Moncada, 2013).

La estructura de un bosque es el resultado de como las plantas reaccionan a su entorno, incluyendo las características del suelo y el clima, las particularidades y técnicas de las especies, teniendo relación con los impactos en la dinámica del bosque, todos estos son factores determinantes en la estructura horizontal, cualquier cambio en estos elementos puede desencadenar modificaciones en la estructura del bosque (Fuel, 2020).

2.2.10.2. Estructura vertical.

La estructura vertical de un bosque se define por la ubicación de varias especies de árboles que forman parte de un ecosistema y que se sitúan en lugares específicos en función de las condiciones microclimáticas, los gradientes ambientales y las perturbaciones naturales, cada uno de este ecosistema tiene una estratificación y una diversidad espacial única (Ramos *et al.*, 2017).

La estructura vertical y la composición del bosque a diferentes niveles del suelo es importante para manejar eficazmente el crecimiento y la composición florística del bosque. Según la Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO), el bosque se divide en tres estratos: el piso superior (altura mayor entre 2/3 de la altura superior del vuelo), piso medio (altura entre 2/3 y 1/3 de la altura superior del vuelo) y el piso inferior (altura menor a 1/3 de la altura superior del vuelo), cada uno de estos estratos presentan características distintas, el estrato alto tiene un dosel más o menos discontinuo con copas amplias, el estrato medio puede ser continuo o no, generalmente tiene copas tan largas como anchas, y el estrato bajo es a menudo denso, presentando copas cónicas y adelgazadas, más largas que anchas (Fuel, 2020).

2.2.11. Regeneración natural

La regeneración natural del bosque se refiere a la capacidad que tienen los árboles que para producir semillas y dar origen a nuevos individuos, manteniendo así su propia dinámica. Esta regeneración es una parte esencial y al mismo tiempo representa uno de los desafíos más significativos en la silvicultura, aunque su reconocimiento completo aún no está aceptado. Además, aunque la regeneración natural siempre está presente en un bosque, rara vez ocurre de la manera y en las condiciones que generalmente busca o necesita el ser humano (Rinaudo *et al.*, 2022).

(Colmena *et al.*, 2021) menciona que la regeneración natural es una opción muy importante para recuperar un espacio que está degradado. Para ellos basta con un número suficiente de individuos adultos que provean de semillas además de la existencia de agentes de dispersión como son las (aves, roedores, entre otros), que puedan diseminarlas por el entorno. Proteger el regenerado natural de las especies autóctonas favoreciendo su desarrollo empleando mallas resistentes para que los herbívoros salvajes o el ganado no las dañen.

2.2.12. Bosques sumideros de carbono

Bajaña (2016) menciona que los sumideros son un proceso de extracción y almacenamiento de gases de la atmósfera, las plantas son un ejemplo clave, ya que actúan como sumideros de carbono mediante el proceso de fotosíntesis, permitiéndoles absorber el dióxido de carbono, una vez que el (CO_2) es absorbido este compensa las pérdidas de gas debido a la respiración y emisiones generadas por otros procesos naturales, como la descomposición de la materia orgánica.

Los bosques tienen la capacidad de absorber CO_2 , desempeñando un papel importante con relación a la regulación de la concentración de este gas en la atmósfera, esta función permite mantener los niveles dentro del límite aceptable. Con el paso del tiempo, estos ecosistemas acumulan el carbono hasta alcanzar el equilibrio en el almacenamiento de carbono orgánico, sin embargo, el mal manejo del ecosistema, tales como la tala masiva, incendios, erosión entre otros, pueden afectar el equilibrio y el ciclo del carbono en los bosques (Sarango y Tenempaguay, 2020).

2.2.13. Almacenamiento de carbono como mitigación al cambio climático

(Arenillas *et al.*, 2018) mencionan que la tecnología de captura y almacenamiento de carbono es considerada como una de las tres estrategias clave, junto con la mejora de la eficiencia energética y promoción de fuentes de energías libres de carbono, para disminuir las emisiones atmosféricas originadas por las actividades humanas. Siendo importante para lograr el objetivo del 80% en 2050, es decir, que al llegar al año 2050 con un 80% menos de las emisiones emitidas en años anteriores, con la tecnología que se utiliza actualmente, aún se necesitan décadas para que las energías renovables puedan reemplazar a las energías fósiles, por lo tanto el almacenamiento de carbono nos permitirá seguir utilizando a corto y mediano plazo sin emisiones en la atmósfera, actualmente se conocen tres opciones de almacenamiento: el oceánico, por carbonatación mineral y geológico.

El almacenamiento geológico de CO_2 representa la etapa final del proceso de captura, transporte y almacenamiento del dióxido de carbono, proveniente de grandes emisiones generadas por consumidores de energía fósil, la necesidad de utilizar tecnologías eficientes que tenga la capacidad de almacenar grandes volúmenes de CO_2 , resalta la importancia de identificar y caracterizar de forma adecuada los sitios de almacenamiento.

Por lo tanto, cualquier actividad industrial es importante realizar los estudios necesarios para evaluar y prevenir los riesgos asociados a estas tecnologías (Arenillas *et al.*, 2018).

(Palacios *et al.*, 2019) en sus estudios mencionan que las reservas naturales cumplen un papel importante en la conservación y provisión de servicios ambientales, en Ecuador estos servicios en especial el de carbono para mitigar el cambio climático, han sido poco investigado. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) en el 2012, realizó un estudio de estimación inicial de la zonificación de los ecosistemas y la biomasa que estos almacenan, sin embargo, aún no se dispone de información completa ni actualizada sobre la variación del área ocupada por los ecosistemas, los cuales son muy importante para la planificación de política ambientales.

2.2.14. Valor económico fijación de carbono

Depende directamente de la capacidad de absorber una cantidad específica de CO₂ anualmente, es importante que la capacidad de la absorción de CO₂ pueda garantizar una valoración precisa del bosque. El análisis económico se lleva a cabo utilizando información de las actividades que realiza el productor, en el aspecto socioeconómico y el uso actual de la tierra y del área, los costos de producción de los productos de sistemas agroforestales, insumos e impactos que se producen en el sistema, también se toman en cuentan aspectos técnicos, económicos, potenciales entre otros (Villanueva, 2020).

En la valoración económica del carbono, se conocen tres categorías muy importantes: aquellos que se basan en costos evitados, en la reducción de emisiones y los que se basan en incrementar el carbono que se encuentra almacenado, la economía neoclásica utiliza metodologías para la valoración de los beneficios centrándose especialmente en la lógica “unicriterio” de costos y beneficios, buscando reducir toda una unidad monetaria y tomar decisiones que se basen en un criterio de maximización. La valoración también puede adoptar el mismo enfoque decidiendo entre varias alternativas, buscando maximizar y minimizar varios criterios que pueden ser contradictorios, estableciendo un equilibrio entre objetivos (Mora, 2011).

Por lo tanto, la valoración económica en un ecosistema implica tener indicadores que permitan proporcionar un bienestar a la sociedad, que ayude a comparar diferentes elementos y resultados que permitan a las autoridades tomar buenas decisiones (Mora, 2011).

2.2.15. Protocolo de Kioto

Celebrada en Japón en 1997, es un acuerdo climático global que busca establecer los mecanismos de regulación para los países industrializados, permitiendo pasar del reconocimiento formal del problema del cambio climático a la negociación de reducción de emisiones (Hincapié, 2023). El protocolo obliga a los países industrializados a reducir sus emisiones de efecto invernadero, además de establecer que los países deberían demostrar un progreso de su cumplimiento, reduciendo sus emisiones para minimizar los impactos en los países que están en desarrollo. Estas reacciones pueden realizarse en varios sectores económicos, promoviendo que los gobiernos cooperen, la mejora de eficiencia energética y la generación de energías renovables, mediante tres mecanismos que se utilizan para reducir las emisiones y promover un desarrollo sostenible entre ellas la implementación conjunta, el régimen de comercialización y los mecanismos de desarrollo limpio (Rodríguez, 2007).

2.2.16. Revisión histórica del tema de estudio

2.2.16.1. Evaluación del componente florístico y su estructura en el remanente de bosque secundario de la finca la Lola del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

En lo referente a diversidad y estructura (Romero, 2022) se establecieron tres unidades de muestreo de 20 x 50 (1000 m²) en el bosque de la finca la Lola ubicado en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, se tomaron en cuenta DAP mayor o igual a 10 cm donde se obtuvieron 110 individuos que pertenecían a 17 especies y 12 familias, siendo la especie más representativa *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) y las familias más comunes Bignoneaceae, Moraceae y Urticaceae. En la estructura horizontal la clase I (individuos jóvenes con DAP de 10 a 20 cm) tuvo un mayor número y en cuanto a la estructura vertical la más relevante fue el estrato superior (mayor o igual a 20,1 m) y el estrato medio de (10, 1-20 m) 53 cada uno. Los índices de diversidad mostraron valores medios, el índice de Shannon 2,135 y el de Simpson 0.768.

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

(Moreno, 2022) evaluó la diversidad de la flora arbórea en el bosque nativo de la finca El Carmen de la provincia del Guayas, identificando seis especies y cuatro familias implementando un inventario forestal para registrar datos de cada individuo incluyendo

la altura, el DAP y el diámetro de las copas. Los resultados muestran que el total de carbono almacenado en bosque nativo fue de 37,26 t/ha siendo la especie *G. Ulmofolia* Lam la mayor contribuyente de carbono almacenado con un total de 15,96 t/ha, utilizando dos índices de diversidad, un índice de diversidad baja de acuerdo al índice de Shannon-Weaver y un índice de Simpson de diversidad media. La estructura arbórea muestra que en la mayoría de los individuos se encuentran en el estrato inferior (<10 m de altura) y otra en la clase diamétrica I (10 a 20 cm).

2.2.16.3. Estimación volumétrica y del carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector tres de la finca experimental La Represa.

(Triviño, 2021) estimó el contenido volumétrico y el carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal en el sector tres de la finca experimental “La Represa” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo realizando un censo forestal lograron identificar 9 familias, 16 géneros, 16 especies y 2 398 individuos siendo la especie más representativa (*Tectona grandis* L.F) con 1 779 individuos, las especies que presentaron un mayor volumen en m³ fueron *Tectona grandis* L.F. con 635,67 m³ y *Schizolobium parahyba* con 380,89 m³, utilizando el método no destructivo se cuantificó valores en la biomasa aérea. Las especies que presentaron una mayor cantidad de carbono almacenado fueron el Pachaco (*Schizolobium parahyba* Vill.), el Laurel (*Cordia alliodora* Ruiz & Pav. Cham.) y el Fernán Sánchez (*Tripliaris cumingiana* L).

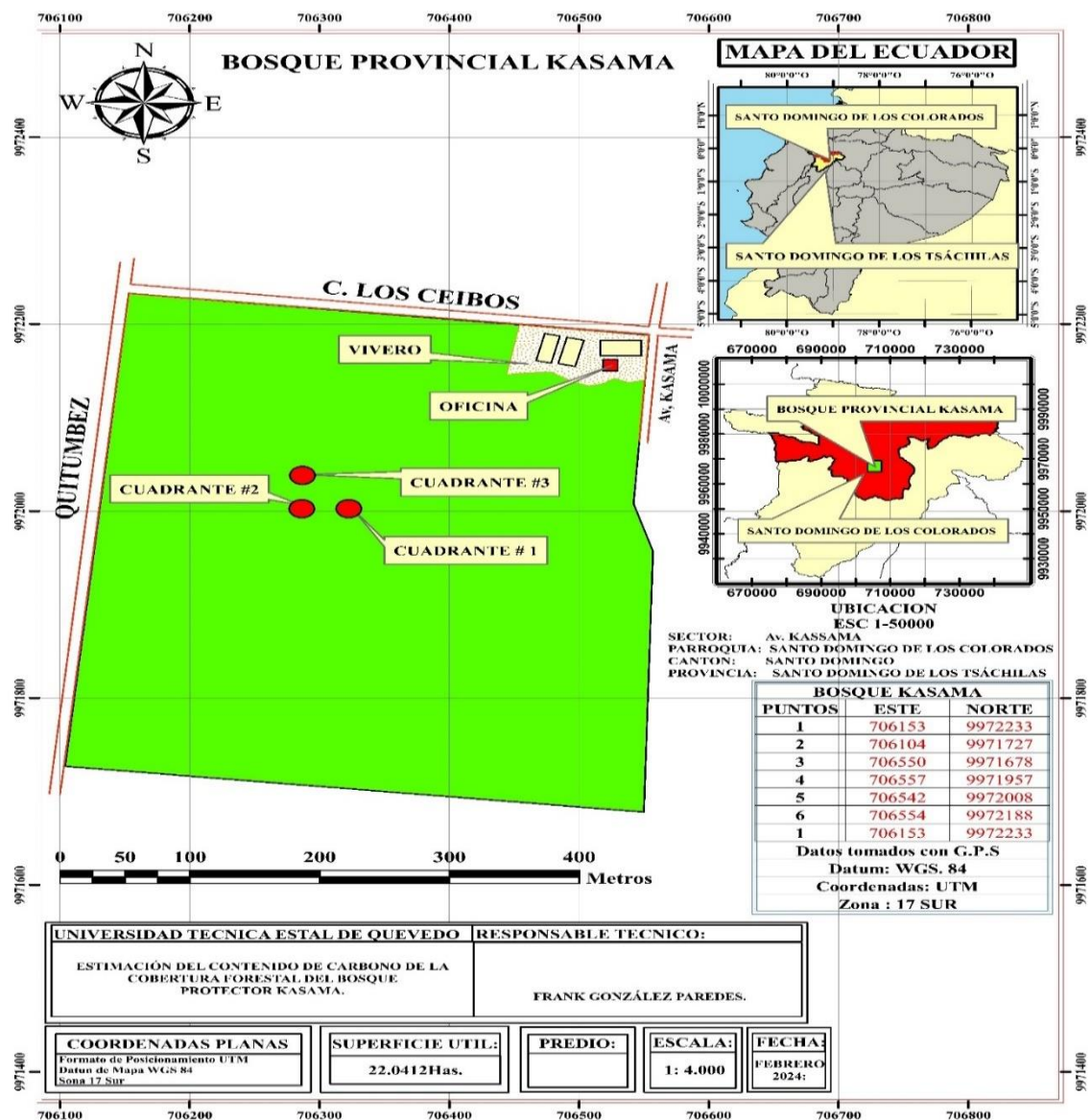
CAPÍTULO III
MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

El presente proyecto se realizó en la parroquia Chigüilpe en el km 2,5 vía a Quito tras la Unidad Educativa Kasama, cantón Santo Domingo de los Colorados, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, Zona 17 Sur con coordenadas UTM 0700451E-9969409N WGS 84 a 593 msnm. En este lugar se encuentran el Bosque secundario KASAMA que pertenece al GAD Provincial de Santo Domingo de los Tsáchilas, el cual cuenta con un predio de 17 ha.

Figura 1

Mapa de ubicación del bosque protector Kasama.



Elaboración: Autor

3.1.1. Descripción del área de estudio

3.1.1.1. Límite del área de estudio.

El cantón Santo Domingo limita al Norte con la provincia de Esmeraldas y los cantones Puerto Quito y San Miguel de los Bancos, al Sur con las provincias de Los Ríos y Cotopaxi, al Este con los cantones Quito y Mejía, al Oeste con la provincia de Manabí.

3.1.1.2. Características edafoclimáticas.

Según el informe anual 2018 del INAMHI el cantón Santo Domingo de los Colorados presenta una topografía irregular con suelos franco-arenoso, se encuentra a una altitud de 655 msnm y presenta una precipitación media anual de 2909,0 mm, la humedad relativa es de 87,8% y la temperatura promedio anual es 24,5 °C por lo que se considera en zona de vida como bh-T.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación planteada para el presente estudio se enmarca a una investigación descriptiva y no experimental. Se planteó una hipótesis que sirvió como base fundamental del estudio, la cual se comparó con los datos recopilados a nivel de campo y laboratorio. El objetivo principal es determinar la dinámica de estimación de carbono dentro del bosque secundario Kasama.

3.3. Método de investigación

Los métodos empleados para este estudio fueron los siguientes:

3.3.1. Método analítico

En este método se plantearon el análisis de las diferentes variables a nivel de campo y laboratorio con la finalidad de poder determinar resultados para los objetivos planteados al inicio de la investigación.

3.3.2. Método descriptivo

Se planteó este tipo de método para poder describir los fenómenos que se encontraron dentro del estudio y de esta manera poder determinar el comportamiento en las variables

como la estimación de carbono dentro de las áreas de estudio en del bosque protector Kasama.

3.4. Fuentes de recopilación de información

3.4.1. Fuentes primarias

Para este apartado se registraron los datos a nivel de campo para posteriormente ser llevados a laboratorio para la determinación de varios parámetros ecológicos empleando las muestras que fueron recolectadas.

3.4.2. Fuentes secundarias

Para las fuentes secundarias la información para el desarrollo de la investigación fue recopilada de diferentes bases de datos donde se obtuvieron artículos de revisión científica, libros, informes técnicos, tesis de Universidades y otros documentos de carácter científico.

3.5. Diseño de la investigación

Esta investigación cuenta con varios parámetros los cuales fueron analizados dependiendo de los objetivos planteados al inicio del estudio, al ser no experimental los datos recolectados a nivel de campo y en laboratorio fueron registrados en una ocasión.

3.5.1. Diseño de unidades de muestreo

La información necesaria para la investigación se obtuvo a través de la medición y estimación de las variables dasométricas a evaluar. Se instalaron tres cuadrantes en forma de L distribuidos en tres parcelas de 60 m x 60 m, donde se realizó el inventario forestal respecto a las variables dasométricas DAP y altura total.

La forma y dimensiones de las unidades de muestreo fueron dispuestas, siguiendo el diseño ya establecido del Manual de Campo (MAE, 2012), tal como se muestran en las (Figuras 2, 3) y (Tabla 1).

Figura 2

Diseño de las unidades de muestreo

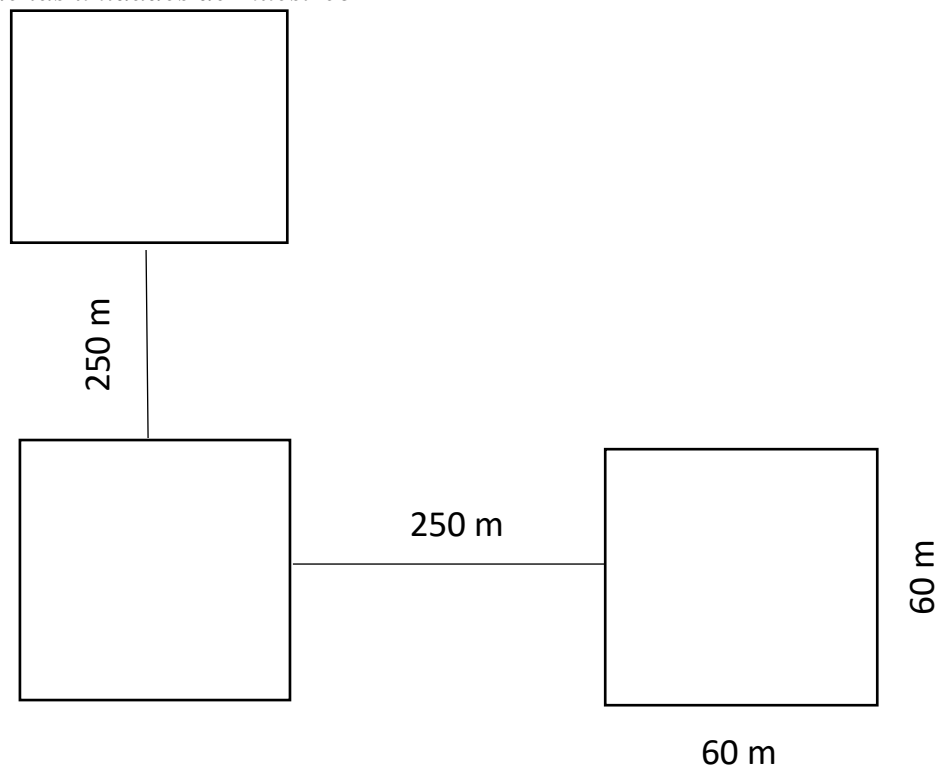
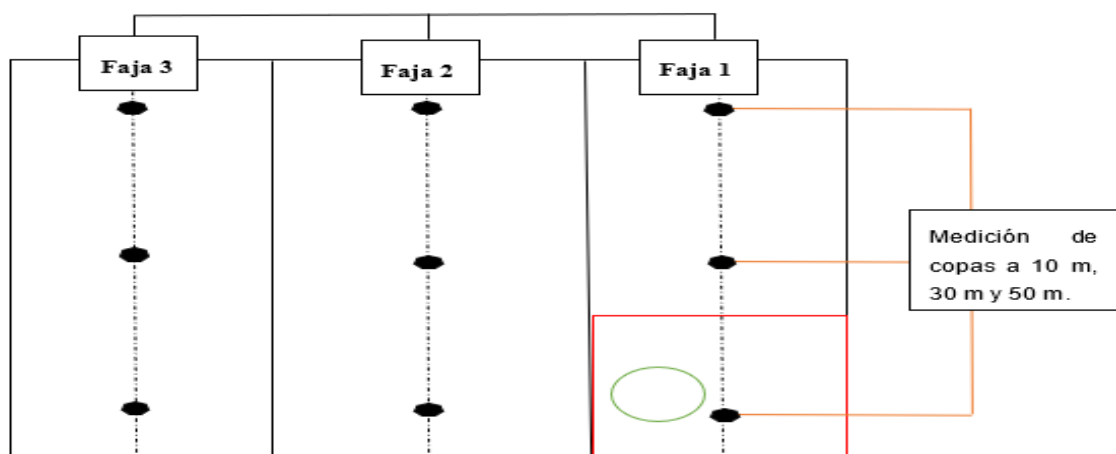


Figura 3




Diseño de las unidades y subunidades de muestreo



Fuente: (MAE, 2012)

Tabla 1

Nombres, dimensiones, y descripción de las unidades de muestreo

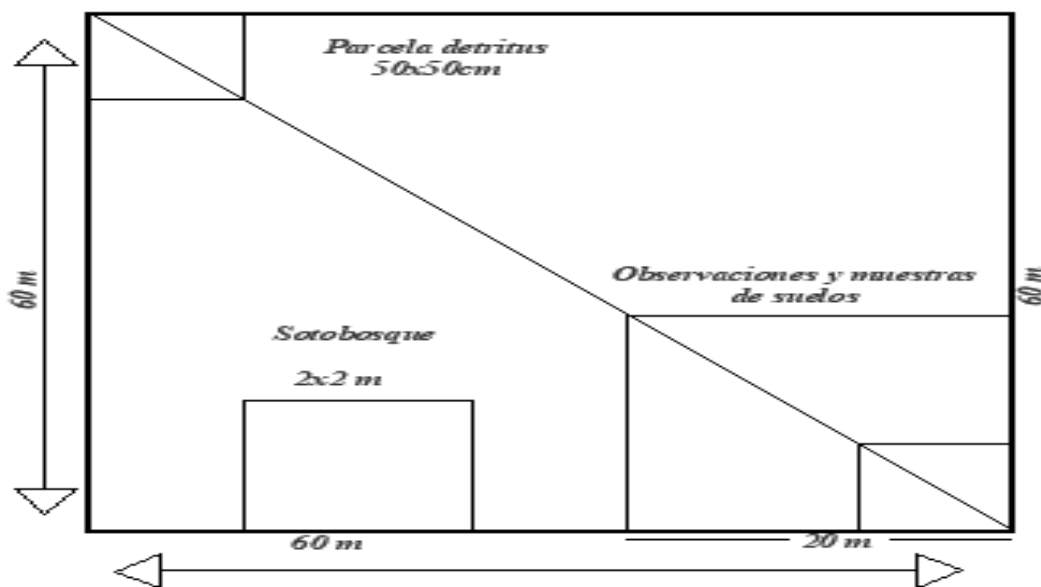
Color	Nombre	Dimensiones	Descripción
	Unidad de muestreo (UM)	60 x 60 m	Arboles con DAP mayor de 7,5 cm.
	Sub Unidades (SUM)	20 x 20 m	Árboles con DAP mayor de 2,5 y menor que 7,5 cm.
	Circular DIO	Radio de 3.96	Plántulas con DAP menores de 2,5 cm.

Fuente: (Villavicencio y Valdez, 2013)

Se establecieron dos subparcelas de 50 cm x 50 cm cada una para la recolección de hojarasca y material vegetal no vivo (DNV). Posteriormente, se demarcó una subparcela de 2 m x 2 m para el estudio del sotobosque, finalmente, se delimitó una subparcela de 20 m x 20 m para la extracción de muestras de suelo destinadas a análisis físico-químico, (Figura 4).

Figura 4

Diseño y distribución de subparcelas dentro de las parcelas experimentales establecidas en el Bosque Kasama de acuerdo a la metodología del (MAE, 2012).



Fuente: (MAE, 2012)

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Inventario Forestal.

En el trabajo de campo dentro de las unidades de muestreo se procedió a tomar los datos de diámetros, alturas comercial y total, se identificaron las especies con la ayuda de un matero de la zona para realizar el inventario forestal. El instrumento de información que fue empleado en fase de campo fueron hojas de campo de las actividades donde se procedió a realizar el registro de las diferentes variables dasométricas relacionadas con el estudio.

3.6.1.2. Colectas de muestras de necromasa fina, gruesa y sotobosque en las unidades de muestreo.

Dentro de las unidades de muestreo, en cada parcela se realizaron dos subparcelas de 50 cm x 50 cm para la medición de hojarasca y detritus no vivos, en los vértices opuestos de la parcela. También en cada parcela se realizó una subparcela de 2 m x 2 m para evaluar la biomasa del sotobosque.

3.6.1.3. Colectas de las muestras de suelo a profundidades de 0-15 y 15-30.

Se realizó una última subparcela de 20 m x 20 m donde se recolectó muestras de suelo para análisis físico-químico, en las 4 esquinas de la parcela cuadrada a dos profundidades diferentes, una muestra de 0 – 15 cm y otra de 15 – 30 cm.

3.6.1.4. Analisis de laboratorio de las muestras de necromasa fina, gruesa y de suelo.

Mientras que para la fase de laboratorio se realizó una ficha de registro donde fueron evaluadas las principales variables correspondientes al peso húmedo y seco.

3.6.2. Variables a evaluar

3.6.2.1. Índices de diversidad.

Se emplearon los índices de diversidad Simpson y Shannon, para determinar la diversidad vegetal y la similitud entre las unidades de muestreo del bosque. Estos índices se fundamentan en la abundancia relativa de especies.

a. Índice de Simpson

$$S = \frac{1}{\sum (P_i)^2}$$

Dónde:

S = Índice de Simpson.

$\frac{1}{S}$ = Probabilidad que individuos al azar de una población provenga de la misma especie.

P_i = Proporción de individuos pertenecientes a la misma especie.

b. Índice de Shannon

$$H^1 = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i - \frac{s-1}{2N}$$

Dónde:

H = Índice de Shannon

P_i = Abundancia relativa

Ln = Logaritmo natural

E = H' In S

Dónde:

E = Índice de equitabilidad

Ln: Logaritmo natural

S = Número de especies

Los valores obtenidos se emplearon para la interpretación de los parámetros de diversidad de Simpson y Shannon (Tabla 2 y 3).

Tabla 2

Niveles de interpretación del índice de Simpson

Valores	Interpretación
0 – 0,5	Diversidad baja
0,6 – 0,9	Diversidad media
1	Diversidad alta

Tabla 3

Niveles de interpretación del índice de Shannon

Valores	Interpretación
2	Diversidad baja
2 – 3,5	Diversidad media
3,5	Diversidad alta

Fuente:(Granda y Guamán, 2006).

3.6.2.2. Evaluación de la estructura horizontal y vertical.

La estructura horizontal fue evaluada utilizando la metodología descrita por (Villavicencio y Valdez, 2013), la cual considera los conceptos de Frecuencia absoluta (Fa), Frecuencia relativa (Fr), Abundancia absoluta (Aa), Dominancia absoluta (Da), Dominancia relativa (Dr) e Índice de valor de importancia (IVI).

a. Abundancia Absoluta (Aa)

(Aa) = N° de individuos de una especie

Dónde:

Aa = Abundancia Absoluta

b. Abundancia Relativa (Ar)

$$Ar = \frac{\text{n° de individuos de la especie} * 100}{\sum Aa \text{ de todas las especies}}$$

Dónde:

Ar = Abundancia relativa

Aa = Abundancia absoluta

c. Frecuencia Absoluta (Fa)

(Fa) = N° de sub-parcelas en que se presenta una especie

Dónde:

Fa = Frecuencia absoluta

d. Frecuencia Relativa (Fr)

$$Fr = \frac{Fa \text{ de las especies } a * 100}{\sum fa \text{ de todas las especies}}$$

Dónde:

Fr = Frecuencia relativa

Fa = Frecuencia absoluta

e. Dominancia Absoluta (Da)

(Da) = Área basal (Ab) de la especie

Dónde:

Da = Dominancia absoluta

f. Dominancia relativa (Dr)

$$Dr = \frac{Da \text{ de la especie}}{\sum Ab \text{ de todas las especies}} * 100$$

Dónde:

Dr = Dominancia relativa

Da = Dominancia absoluta

AB = Área basal

g. Índice de Valor de Importancia

$$IVI = Ar + Fr + Dr$$

Dónde:

IVI = Índice de valor de Importancia

Ar = Abundancia relativa

Fr = Frecuencia relativa

Dr = Dominancia relativa

3.6.2.3. *Estimación de variables dasométricas.*

Se empleó la metodología descrita por (Solano y Belezaca, 2022), la cual incluyó la realización de un inventario de las especies forestales presentes. Para la identificación de estas especies, se tuvo en cuenta su morfología. Las variables dasométricas analizadas fueron el diámetro, la altura total y la altura comercial.

3.6.2.4. *Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la cobertura forestal en el Bosque secundario Kasama.*

a. **Biomasa aérea**

Se calculó la biomasa aérea utilizando las condiciones dasométricas (altura y diámetro) de las especies forestales obtenidas durante el inventario, esta estimación del carbono almacenado en la biomasa sobre el suelo (BSS) se realizó utilizando una ecuación alométrica específica para regiones tropicales, siguiendo la metodología mencionada por Chávez-Pascual *et al.*, (2013).

$$BSS = p * \exp(-1,499 + (2,148 * \ln(D)) + (0,207 * \ln(D)^2) - (0,0281 * \ln(D)^3) * 0,001$$

Dónde:

- **BSS** = Biomasa sobre el suelo (árbol), (t/ha).
- **p** = es la densidad de Madera (g/cm³)
- **D** = es el diámetro a la altura del pecho (cm).

b. **Almacenamiento de C en la biomasa aérea.**

Para el cálculo de carbono almacenado en bosques naturales, se debe estimar los valores promedios de la biomasa aérea (t/ha) por tipo de bosques y esto se multiplica por 0,5 considerando la metodología de Pearson.

$$CA = BT * 0,5$$

Dónde:

- **CA**= Carbono aéreo en toneladas de carbono (Tc)

- **BT**= Biomasa total en toneladas (t)

3.6.2.5. *Estimación de la cantidad de carbono almacenado en la hojarasca, detritus no vivo y en la biomasa de sotobosque en el bosque secundario Kasama.*

a. **Biomasa almacenada en la hojarasca y detritus no vivos**

Se tomó una muestra de cada subparcela de 50 cm x 50 cm, ubicadas en los vértices opuestos de una parcela de 60 m x 60 m, para recolectar la hojarasca y detritus no vivos. El material recolectado de las dos subparcelas se pesó por separado utilizando una balanza gramera. La biomasa de las dos subparcelas se mezcló hasta homogenizarla y se pesaron 500 g su análisis en los Laboratorios de Microbiología, Tejidos Vegetales y Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus “La María”, donde se llevó a cabo el proceso de secado y se determinó el porcentaje de humedad.

b. **Biomasa almacenada en el sotobosque**

En la subparcela de 2 m x 2 m se recolectó y pesó la biomasa del sotobosque, que incluye tallos, ramas y hojas, registrándose en el formulario de campo. Se tomó una submuestra de este material vegetal con un peso de 1 kg, la cual fue enviada al laboratorio de Microbiología, Tejidos Vegetales y Biotecnología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus “La María”, para llevar a cabo el proceso de secado y determinar el porcentaje de humedad.

c. **Contenido de humedad para la hojarasca, detritus no vivos y biomasa del sotobosque**

Se calculó utilizando los valores obtenidos del peso fresco y seco medidos durante la etapa de laboratorio, utilizando la ecuación establecida por (Serrato Cuevas *et al.*, 2014).

$$CH = \frac{(Pfs - Pss)}{Pfs}$$

Dónde:

CH = Contenido de humedad

Pfs = Peso fresco de la submuestra (g)

Pss = Peso seco de la submuestra (g)

La biomasa seca se determinó utilizando los valores del peso fresco total y el contenido de humedad obtenidos anteriormente, estimándose en toneladas según lo indicado por (Serrato Cuevas *et al.*, 2014), utilizando la ecuación proporcionada.

$$Y = \frac{(Pft) - (Pft * CH)}{1000000}$$

Dónde:

Y = Biomasa (t)

Pft = Peso fresco total (g)

CH = Contenido de humedad

1000000 = Para transformar a toneladas

3.6.2.6. Determinación de la cantidad de carbono almacenado en el suelo del bosque secundario Kasama.

a. Almacenamiento de C en la biomasa del bosque y suelo

Para el cálculo, se utilizó la metodología descrita por (Jumbo-Salazar *et al.*, 2018), la cual implica multiplicar los valores de la biomasa total por un factor constante (0,5), y luego ingresar estos resultados en la ecuación correspondiente.

$$CA = BT * 0,5$$

Dónde:

CA = Carbono aéreo en toneladas de carbono (tc)

BT = Biomasa total en toneladas (t)

b. Análisis de C orgánico en muestras de suelo

Las muestras de suelo fueron obtenidas de la subparcela de 20 m x 20 m, donde se establecieron cinco puntos de muestreo (submuestras) ubicadas en los 4 vértices y en el centro de la misma. Estas submuestras fueron recolectadas a dos profundidades, 0-15 cm y 15-30 cm, se colocaron en bolsas plásticas con cierre hermético (ziploc), luego fueron enviadas al laboratorio bajo refrigeración (hielera) para su análisis. La determinación del contenido de carbono se realizó utilizando los valores de densidad aparente del suelo,

porcentaje de carbono orgánico, profundidad del suelo y área de muestreo, empleado la ecuación especificada por Guallpa-Calva *et al.*, (2019).

$$CC = DA * \% CO * P * S$$

Dónde:

CC = Contenido de carbono (tc/ha)

DA = Densidad aparente del suelo (g/cm³)

% = Porcentaje de carbono total (%)

P = Profundidad del suelo (cm³)

S = Superficie o área de estudio (ha)

3.7. Tratamiento de datos

Los datos cualitativos y cuantitativos fueron analizados utilizando herramientas de estadística descriptiva, como la media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación. Para este propósito, se utilizó el software Microsoft Excel, Arcgis 10.8 y AutoCAD 2021.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

- Docente director del proyecto de investigación
- Estudiante responsable del proyecto de investigación

3.8.2. Materiales de campo

- Receptor GPS navegador
- Cámara fotográfica
- Cinta diamétrica
- Cinta métrica
- Hojas de campo
- Pintura en aerosol

- Machete
- Lapicero
- Marcadores
- Hipsómetro
- Libreta de notas
- Balizas de 1,30m
- Fundas de papel
- Cinta de papel
- Barreno
- Balanza digital
- Estufa de laboratorio

3.8.3. Materiales de oficina

- Laptop
- Internet
- Hojas de papel bond
- Dispositivo de almacenamiento de información
- Impresora
- Word 2020

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estructura y diversidad vegetal del bosque Kasama

4.1.1. Composición florística de la masa forestal del bosque

En las 3 unidades de muestreo se encontraron 16 familias, 23 especies y 263 individuos con un DAP $\geq 7,5$ cm. La unidad de muestreo 3 presentó mayor diversidad en familia, especie e individuos. Las familias más destacadas por abundancia en las unidades de muestreo fueron Urticáceae con 69 individuos de las cuales 59 fueron de la especie *Pourouma guianensis* Aubl. (uva de montaña) y 10 de la especie *Cecropia peltata* L. (guarumo); Arecaceae con 63 individuos 43 de la especie *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. (tontamo palma), 20 de la especie *Iriartea deltoidea* Ruiz & Pav. (pambil) como indica la tabla 4.

Tabla 4

Familias y especies de los individuos registrados en las unidades de muestreo

N.º	Nombre común	Nombre científico	Familia	Fa
1	uva de montaña	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	Urticaceae	59
2	tontamo palma	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	Arecaceae	43
3	pambil	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	Arecaceae	20
4	copalillo	<i>Exothea paniculata</i> (Juss.) Radlk.	Sapindaceae	19
5	sangre de gallina	<i>Virola reidii</i> Little	Myristicaceae	19
6	sande	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	Moraceae	17
7	caucho	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Moraceae	16
8	guaba de montaña	<i>Inga</i> sp Mill.	Fabaceae	10
9	guarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.	Urticaceae	10
10	dedo	<i>Crateva tapia</i> L.	Capparaceae	8
11	jigua	<i>Ocotea leucoxydon</i> (Sw.) Mez	Lauraceae	8
12	huevo de potro	<i>Grias longiranchis</i> S.A. Mori & J.L. Clark	Lecythidaceae	5
13	mata Palo	<i>Ficus</i> sp Corner	Moraceae	5
14	tangare	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	5
15	beldaco	<i>Pseudobombax millei</i> (Standl.) A.	Malvaceae	4
16	motilón	<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll. Arg.	Phyllanthaceae	3
17	zapote de montaña	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave	Rutaceae	3
18	mamey de montaña	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	Sapotaceae	3
19	peine de mono	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	Malvaceae	2
20	cerebro	Indeterminada	Meristecaceae	1
21	achotillo de monte	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl	Achariaceae	1
22	caoba	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Meliaceae	1
23	guayabillo	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	Myrtaceae	1
SUMA				263

Nota: Fa = Frecuencia absoluta

4.1.2. Índice de Valor de Importancia

El análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) por familia revela que Moraceae y Urticaceae son las familias más importantes en la comunidad vegetal del bosque Kasama, con valores de 65,61% y 64,93% respectivamente. Esto indica que estas familias son las más abundantes, frecuentes y con mayor cobertura en la comunidad. En comparación a las familias Achariaceae y Myrtaceae que tienen un IVI bajo, lo que indica que son de menor relevancia en la comunidad. Por otra parte, las familias más destacadas por abundancia en las unidades de muestreo fueron Urticaceae con 69 individuos de las especies *Cecropia peltata* L. (guarumo) y *Pourouma guianensis* Aubl. (uva de montaña); Arecaceae con 63 individuos de las especies *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. (tontamo palma), *Iriartea deltoidea* Ruiz y Pav. (pambil). En las tablas 5 y 6 se presentan los IVI de las familias y especies obtenidos en base a los datos de campo tomados en las unidades de muestreo.

Tabla 5

Cálculo del Índice de Valor de Importancia por familias dentro de las unidades de muestreo en el bosque Kasama

Nº	Familias	D. ab	D. re	Aa	Ar	Da	Dr	IVI
1	Moraceae	3	13,04	38	14,45	10,388	35,78	65,61
2	Urticaceae	2	8,7	69	26,24	9,002	31	64,93
3	Arecaceae	2	8,7	63	23,95	1,54	5,3	36,95
4	Myristicaceae	2	8,7	20	7,6	2,18	7,51	22,8
5	Sapindaceae	1	4,35	19	7,22	1,535	5,29	16,36
6	Meliaceae	2	8,7	8	3,04	0,274	0,94	15,52
7	Malvaceae	2	8,7	6	2,28	0,774	2,67	12,64
8	Sapotaceae	1	4,35	3	1,14	0,412	1,42	10,25
9	Capparaceae	1	4,35	8	3,04	0,84	2,89	9,78
10	Fabaceae	1	4,35	10	3,8	0,372	1,28	8,93
11	Lecythidaceae	1	4,35	5	1,9	0,534	1,84	7,59
12	Lauraceae	1	4,35	6	2,28	0,326	1,12	7,25
13	Phyllanthaceae	1	4,35	3	1,14	0,596	2,05	7,04
14	Rutaceae	1	4,35	3	1,14	0,209	0,72	5,71
15	Myrtaceae	1	4,35	1	0,38	0,048	0,17	4,39
16	Achariaceae	1	4,35	1	0	0,008	0,03	4,25
	TOTAL	23	100	263	100	29,037	100	300

Nota: **D. ab** = Diversidad Absoluta, **D.re** = Diversidad relativa, **Aa** = Abundancia absoluta, **Ar** = Abundancia relativa, **Da** = Dominancia absoluta, **Dr** = Dominancia relativa, **IVI** = Índice de valor de importancia.

El análisis del IVI por especies, reveló que *Pourouma guianensis* Aubl. Es la más dominante en la comunidad vegetal del bosque Kasama, con un IVI de 50,89% esto indica que es más abundante, más frecuente y la que tiene mayor cobertura. Seguida de *Brosimum utile* (Kunth) Pittier que es la segunda más dominante, con un IVI de 28,23%, mientras que *Socratea exorrhiza* (Mart.) H. Wendl. Ocupa el tercer lugar con un IVI de 17,84%. También, las especies *Lindackeria laurina* C. Presl con un IVI de 0,41, superada apenas por *Psidium sartorianum* (O. Berg) Nied. Con un IVI de 0,55 y *Swietenia macrophylla* King con un IVI de 0,78 son las 3 últimas especies de la tabla que tienen un IVI muy bajo, lo que indica que son las menos importantes en la comunidad vegetal.

Tabla 6

Cálculo del Índice de Valor de Importancia de las especies encontradas en las unidades de muestreo del bosque protector Kasama

Nº	Especies	Aa	Ar(%)	Da(%)	Dr	IVI
1	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	59	22,43	8,26	28,46	50,89
2	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	17	6,46	6,317	21,76	28,23
7	<i>Ficus sp</i> Corner	5	1,90	2,942	10,14	12,04
4	<i>Virola reidii</i> Little	19	7,22	1,845	6,36	13,58
3	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	43	16,35	0,434	1,50	17,84
5	<i>Exothea paniculata</i> Juss.) Radlk.	19	7,22	1,535	5,29	12,51
6	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	20	7,60	1,1	3,79	11,39
8	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	16	6,08	1,128	3,89	9,97
9	<i>Cecropia peltata</i> L.	10	3,80	0,742	2,56	6,36
10	<i>Crateva tapia</i> L.	8	3,04	0,84	2,89	5,94
11	<i>Inga sp</i> Mill.	10	3,80	0,372	1,28	5,08
12	<i>Ocotea leucoxylon</i> (Sw.) Mez	8	3,04	0,419	1,44	4,49
13	<i>Grias longiranchis</i> S.A. Mori & J.L. Clark	5	1,90	0,534	1,84	3,74
15	<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll. Arg.	3	1,14	0,596	2,05	3,19
14	<i>Pseudobombax millei</i> (Standl.) A.	4	1,52	0,475	1,64	3,16
17	<i>Pauteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	3	1,14	0,412	1,42	2,56
19	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	2	0,76	0,3	1,03	1,79
20	Indeterminada	1	0,38	0,33	1,14	1,52
18	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave	3	1,14	0,209	0,72	1,86
16	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	5	1,90	0,066	0,23	2,13
21	<i>Swietenia macrophylla</i> King	1	0,38	0,115	0,40	0,78
22	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	1	0,38	0,048	0,17	0,55
23	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl	1	0,38	0,008	0,03	0,41
TOTAL		263	100	29,027	100	200

Nota: Aa = Abundancia absoluta, Ar (%) = Abundancia relativa, Da (%) = Dominancia absoluta, Dr = Dominancia relativa, IVI = Índice de valor de importancia.

La unidad tres presenta el mayor número de especies (riqueza) y el mayor número total de individuos (abundancia), lo que la convierte en la unidad de muestreo dominante. El índice de Simpson indica una diversidad media en las tres unidades, siendo el valor más alto 0,9147 el de la unidad tres, mientras que las unidades uno y dos presentan valores de 0,8317 y 0,8612, mientras el índice de Shannon también indica una diversidad media como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Índice de diversidad de las tres unidades de muestreo del bosque Kasama

Parámetros	UM1	UM2	UM3
Especies	16	16	20
Individuos	82	74	107
Dominance_D	0,1683	0,1388	0,0853
Simpson_1-D	0,8317	0,8612	0,9147
Shannon_H	2,278	2,396	2,709

Nota: UM1 = Unidad de muestreo uno, UM2 = Unidad de muestreo dos, UM3 = Unidad de muestreo tres.

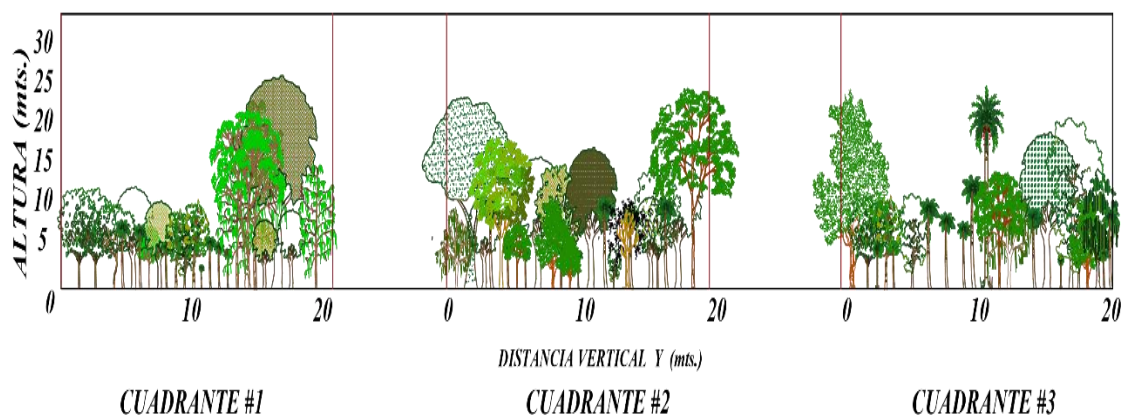
4.1.3. Perfiles estructurales

4.1.3.1. Estructura vertical de las 3 unidades de muestreo en el bosque Kasama.

En la figura 5, se muestra la distribución vertical de los árboles en el bosque Kasama, donde la mayoría de las especies tienen una altura total promedio de 13 metros, En el cuadrante 3, se encuentran especies que alcanzan alturas superiores a los 20 metros, destacando por encima de los otros cuadrantes.

Figura 5

Estructura vertical de las 3 unidades de muestreo del bosque Kasama

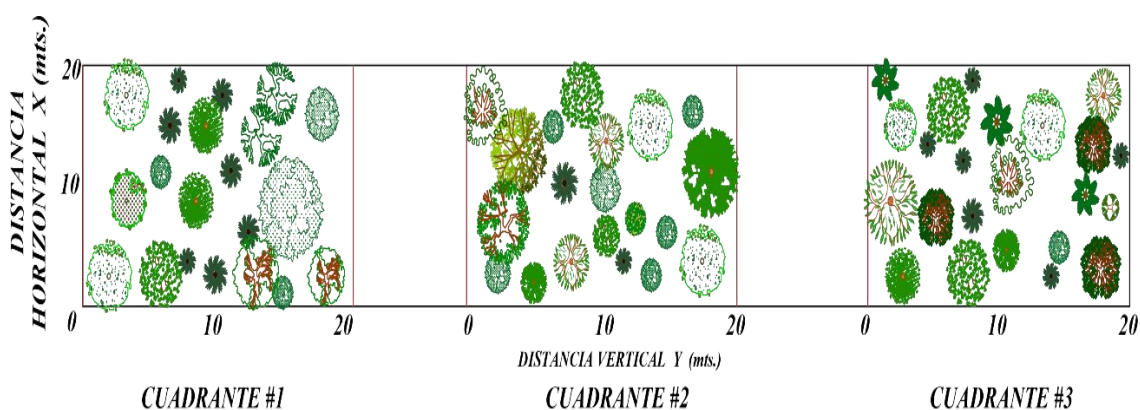


4.1.3.2. Estructura horizontal de las 3 unidades de muestreo del bosque Kasama.

En la figura 6 se muestra la distribución horizontal de los individuos registrados en las unidades de muestreo, donde la mayoría de las especies tienen copas amplias. La distribución espacial de las copas revela la presencia de áreas con densa vegetación, así como zonas más abiertas que en algunos casos, corresponden a áreas de regeneración.

Figura 6

Estructura horizontal de las 3 unidades de muestreo en el bosque Kasama



4.2. Inventario forestal realizado en la zona de estudio

Se detectó una densidad de 243 árboles por ha, donde se obtuvo un área basal de 26,8 m²/ha y un volumen de 326,3 m³/ha. Los resultados detallados se presentan en la tabla 8.

Tabla 8

Inventario de las especies forestales encontradas en el área de estudio

Nº. Parcela	Nº Árboles por parcela	Árboles/ha (ρ)	H Promedio (m)	DAP Promedio (cm)	Ab/ha (m ²)	Volumen/ha (m ³)
1	82	227	10	24	19,39	221,6
2	74	205	14	33	25,89	319,7
3	107	297	16	33	35,12	437,7
Promedio	87	243	21	30	26,8	326,3

Nota: (ρ) = Densidad, m = Metros, cm = Centímetros, m² = Metros cuadrados, m³ = Metros cúbicos, H = Altura, DAP = Diámetro a la altura del pecho, Ab/ha = Árboles por hectáreas.

4.2.1. Carbono almacenado en la biomasa aérea

La siguiente información se basa en los resultados obtenidos de la investigación, la cual muestra los resultados de carbono aéreo para 23 familias y 263 especies de árboles en el bosque Kasama.

4.2.1.1. Carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque Kasama por familias.

En la tabla 9, se observa que la familia Moraceae presenta la mayor biomasa total (BT) con 121,3710 Mg, seguida por Urticaceae (117,9580 Mg), Myristicaceae (25,5620 Mg), Sapindaceae (20,4829 Mg) y Capparaceae (10,5310 Mg). Las demás familias tienen una BT inferior a 10 Mg.

Tabla 9

Cantidad de biomasa aérea por familia, en el Bosque Kasama

N°	Familia	D. ab	BT (Mg)
1	Moraceae	3	121,3710
2	Urticaceae	2	117,9580
3	Myristicaceae	2	25,5620
4	Sapindaceae	1	20,4829
5	Capparaceae	1	10,5310
6	Phyllanthaceae	1	9,2118
7	Malvaceae	2	7,9550
9	Sapotaceae	1	7,6190
8	Lecythidaceae	1	7,3680
10	Arecaceae	2	6,9990
11	Lauraceae	1	3,9720
12	Fabaceae	1	3,5258
13	Rutaceae	1	2,8427
14	Meliaceae	2	1,8120
15	Myrtaceae	1	0,4631
16	Achariaceae	1	0,0452
TOTAL		23	347,719

Nota: D. ab = Diversidad absoluta, BT (Mg) = Biomasa total en mega gramos.

4.2.1.2. Carbono almacenado en la biomasa aérea del bosque Kasama por especies.

En cuanto a la biomasa aérea por especies, *Pourouma guianensis* Aubl. Presenta la mayor biomasa total (BT) con 112,8490 Mg, seguida por *Brosimum utile* (Kunth) Pittier (72,0390 Mg), *Ficus sp* Corner (36,3160 Mg), *Virola reidii* Little (21,2710 Mg) y *Exothea paniculata* (Juss.) Radlk. (20,4810 Mg), como se detalla en la tabla 10.

Tabla 10

Cantidad de biomasa aérea por especies en el bosque Kasama

N°	Especies	Aa	BT (Mg)
1	<i>Pourouma guianensis</i> Aubl.	59	112,8490
2	<i>Brosimum utile</i> (Kunth) Pittier	17	72,0390
3	<i>Ficus sp</i> Corner	5	36,3160
4	<i>Virola reidii</i> Little	19	21,2710
5	<i>Exothea paniculata</i> Juss.) Radlk.	19	20,4810
6	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	16	13,0160
7	<i>Crateva tapia</i> L.	8	10,5340
8	<i>Hieronyma macrocarpa</i> Müll. Arg.	3	9,2100
9	<i>Grias longiranchis</i> S.A. Mori & J.L. Clark	5	7,3680
10	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn	3	7,0190
11	<i>Pseudobombax millei</i> (Standl.) A.	4	6,1980
13	<i>Iriartea deltoidea</i> Ruiz & Pav.	20	5,6910
14	Indeterminada	1	5,2540
12	<i>Cecropia peltata</i> L.	10	5,1090
15	<i>Ocotea leucoxylon</i> (Sw.) Mez	8	3,9710
16	<i>Inga sp</i> Mill.	10	3,5290
17	<i>Casimiroa edulis</i> La Llave	3	2,4800
18	<i>Apeiba membranacea</i> Spruce ex Benth.	2	1,7670
19	<i>Swietenia macrophylla</i> King	1	1,3950
20	<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H. Wendl.	43	1,3020
21	<i>Psidium sartorianum</i> (O. Berg) Nied.	1	0,4600
22	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	5	0,4180
23	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl	1	0,0420
TOTAL		263	347,719

Nota: Aa = Abundancia absoluta, BT(Mg) = Biomasa total en mega gramos.

4.2.2. C almacenado en la hojarasca, detritus no vivos y biomasa del sotobosque

4.2.2.1. C almacenado en la hojarasca y detritus no vivos.

En el área de estudio, se obtuvo un promedio de 1,1 toneladas por hectárea (t/ha) de carbono almacenado en la hojarasca y detritus no vivos en las tres unidades de muestreo. Los resultados de esta investigación se detallan en la tabla 11.

Tabla 11*C almacenado en la hojarasca y detritus no vivos*

Nº. Parcela	PH (kg)	PHS (kg)	PS (kg)	%CH	Biomasa seca kg/m ²	C/ha	t/ha
1	0,753	0,5	0,319	42,34	752,99	3,4527	0,94
2	0,837	0,5	0,307	36,71	836,99	3,838	1,05
3	0,946	0,5	0,362	38,23	945,99	4,3385	1,18
Promedio	0,845	0,5	0,329	39,1	845,32	3,8764	1,1

Nota: PH = Peso húmedo en kilogramos, PHS = Peso húmedo de submuestras, PS = Peso seco en kilogramos, %CH = Contenido de humedad, BS = Biomasa seca, CC = Carbono almacenado en toneladas por hectárea.

4.2.2.2. C almacenado en la biomasa del sotobosque.

El C almacenado en la biomasa del sotobosque, en las tres unidades de muestreo, se registró un promedio de 2,95 t/ha. En la tabla 12 se presentan los resultados obtenidos en esta investigación.

Tabla 12*C almacenado en la biomasa del sotobosque.*

Nº. Parcelas	PH (kg)	PHS (kg)	PS (kg)	%CH	Biomasa seca kg/m ²	C/ha	t/ha
1	2,246	1	0,394	36,68	2245,99	10,3007	2,81
2	2,233	1	0,396	38,27	2232,98	10,2411	2,79
3	2,599	1	0,404	38,93	2598,98	11,9202	3,25
Promedio	2,359	1	0,398	16,93	2359,32	10,8206	2,95

Nota: PH = Peso húmedo en kilogramos, PHS = Peso húmedo de submuestras, PS = Peso seco en kilogramos, %CH = Contenido de humedad, BS = Biomasa seca, CC = Carbono almacenado en toneladas por hectárea, CO₂ = Dióxido de carbono capturado en toneladas por hectárea.

4.3. Carbono orgánico almacenado en el suelo

En las profundidades del suelo de 0-15 cm y 15-30 cm en las tres parcelas de estudio se obtuvieron 3,86 t/ha y 5,84 t/ha respectivamente, dando un total de 9,7 t/ha de C orgánico almacenado en el perfil del suelo comprendido entre 0-30cm. Las muestras de suelo analizadas para las dos profundidades presentaron textura franco-arenoso, (Tablas 13 y 14).

Tabla 13*Análisis de Carbono orgánico almacenado en el suelo a profundidad de 0-15 cm*

Profundidad 0-15 cm					
Parcela	A (ha)	%MO	%CO	DA g/cm³	CC
1	0,04	5,2	3,02	0,89	1,61
2	0,04	3,7	2,15	0,91	1,17
3	0,04	3,1	1,8	1	1,08
TOTAL 0-15	0,12	12	6,96	2,8	3,86

Nota: P (cm) = Profundidad de la muestra en centímetros, A (ha) = Área de la muestra en hectáreas, %MO = Porcentaje de materia orgánica, %CO = Porcentaje de carbono orgánico, DA (g/cm³) = Densidad aparente del suelo en gramos sobre centímetro cubico, CC = Carbono capturado en toneladas.

Tabla 14*Análisis de Carbono orgánico almacenado en el suelo a profundidad de 15-30 cm*

Profundidad de 15-30 cm					
Parcela	A (ha)	%MO	%CO	DA g/cm³	CC
1	0,04	4,6	2,67	0,94	3,01
2	0,04	1,9	1,1	0,95	1,26
3	0,04	2,3	1,33	0,98	1,57
TOTAL 15-30	0,12	8,8	5,1	2,87	5,84
SUMA TOTAL	0,24	20,8	12,06	5,67	9,7

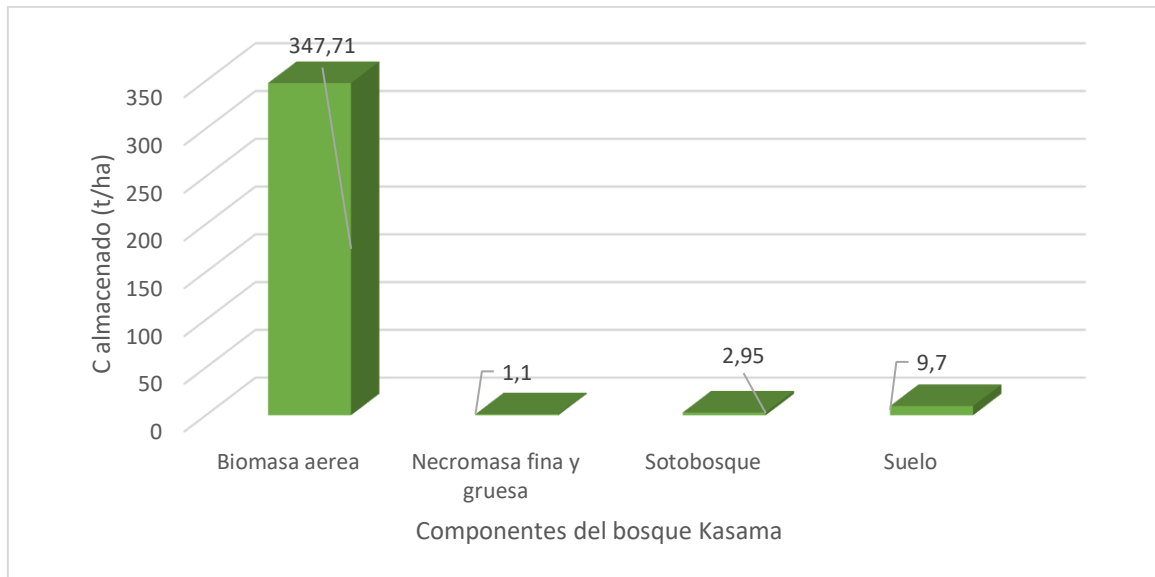
Nota: P (cm) = Profundidad de la muestra en centímetros, A (ha) = Área de la muestra en hectáreas, %MO = Porcentaje de materia orgánica, %CO = Porcentaje de carbono orgánico, DA (g/cm³) = Densidad aparente del suelo en gramos sobre centímetro cubico, CC = Carbono capturado en Toneladas.

4.3.1. C almacenado en cada componente en la biomasa del bosque y suelo

El C almacenado en todos los componentes del Bosque Kasama es de 349,756 t/ha. La mayor cantidad de C se encuentra almacenada en la biomasa aérea con un total de 336,006 t/ha, mientras que la menor cantidad de C se encuentra almacenada en la Necromasa del bosque con un total de 1,1 t/ha, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7

Carbono total almacenado en los diferentes componentes del bosque Kasama.



4.4. Discusión

La familia que presentó mayor abundancia fue Urticaceae, el análisis del IVI por familia revela que Moraceae y Urticaceae encabezan la lista con altos valores. Mientras que por especie se determinó que para la mayor abundancia presento la especie *Pourouma guianensis* Aubl., por otra parte, análisis del IVI por especies, reveló que *Pourouma guianensis* Aubl. Es la más dominante en la comunidad vegetal. Carranza (2021) en su investigación realizada en el bosque secundario ubicado en el sendero ecológico de la finca experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la principal especie fue el *Roseodendron donnell-smithii* (Rose) Miranda y para la familia fue Fabaceae. Para el índice de diversidad de especies Molina (2020) en su estudio en el bosque secundario de la finca “Murocomba” propiedad de la UTEQ, ubicada en el cantón Valencia reporto que la familia y la especie que presentaron mejores resultados fueron *Henriettella tuberculosa* Donn. Sm. Y Melastomataceae.

Para el índice de Shannon se reportó mayor cantidad en UM3 con 0,9147 y para el índice de Simpson fue también la UM3 con un promedio de 2,709. Romero (2022) en su estudio investigativo en el bosque de la finca la Lola ubicado en el cantón Quevedo, obtuvo resultados acerca del índice de Shannon con 2,135 y Simpson con 0,768. Gaona (2019) presento resultados similares con una diversidad media, según el índice de Shannon y una alta diversidad según el índice de Simpson.

Para la densidad de 243 árboles por ha, donde se obtuvo un área basal de 26,8 m²/ha y un volumen de 326,3 m³/ha. Villalobos (2020) en su investigación llevada a cabo en el bosque secundario en la zona norte de Costa Rica, donde reporto resultados de 132 árboles/ha. Méndez y Picado (2006) realizaron un estudio en un bosque dentro de la comunidad de Nandarola, Nicaragua que presentaron resultados similares a los de los estudios anteriores mencionados.

Para el carbono almacenado la familia que obtuvo un mayor resultado fue Moraceae y en la especie *Pourouma guianensis* Aubl. Con promedios de 121,37 Mg/ha y 112,85 Mg/ha respectivamente. Almeida (2019) determino en un estudio realizado cantón Pedro Vicente Maldonado, reporto que la especie *Gmelina arborea* Roxb. Presento la mayor cantidad de 725,68 MgC/ha. Arroba (2021) en su estudio realizado en la cobertura forestal del sector uno de la finca experimental la Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo el *Vitex gigantea* Kunt. El cuál registró el promedio más alto con 373,30 Tm/B y 186,65 Tm/C, seguido por el *Schizolobium parahybum* Vell. Con 189,09 Tm/B y 94,54 Tm/C.

Dilas y Huamán (2020) en su investigación sobre la captura de carbono en un bosque montano de neblina del Perú, encontraron un promedio de 6,72 toneladas de carbono por hectárea (tC/ha) almacenadas en la hojarasca. En contraste, la presente investigación halló un total de 1,1 tC/ha almacenadas en la hojarasca y detritus no vivos, lo que representa una diferencia de aproximadamente 5 tC/ha con respecto al estudio de (Dilas y Huamán, 2020). El almacenamiento de carbono en la biomasa del sotobosque alcanzó 2,95 toneladas por hectárea (tC/ha), un valor que difiere de las 2,93 tC/ha reportadas por Morales et al., (2020) en un bosque templado de Durango, México.

La cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo a dos profundidades fue de 3,86 t/ha de 0 – 15 cm y 5,84 t/ha de 15 – 30 cm, dando un total de 9,7 t/ha de C almacenado en el perfil de 0 – 30 cm. Gualpa-Calva et al. (2019) en su estudio realizado en dos sistemas de uso de la tierra de la Reserva Huayrapalte en el contenido de carbono es mayor de 20 – 30 cm en el suelo de pastizal, con el 21,64% superior al valor de 126,42 tC/ha del bosque a la misma profundidad. Llanos y Escandón (2016) mencionan la importancia de realizar el análisis del carbono orgánico debido a que el suelo desempeña un papel crucial en la mitigación del cambio climático, ya que actúa como un sumidero de carbono, ayudando a reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el bosque Kasama, la mayoría de las especies alcanzan una altura promedio de 13 m, aunque en la unidad de muestreo tres se registraron especies que superan los 20 m, destacándose respecto a las otras unidades. La distribución horizontal muestra que la mayoría de las especies tienen copas amplias, con áreas de vegetación densa. El análisis del Índice de Valor de Importancia (IVI) destaca la preeminencia de Urticaceae, con *Pourouma guianensis* Aubl. como la especie más abundante, lo que muestra su importancia en la comunidad vegetal del bosque. La densidad arbórea y el área basal indican una estructura densa y saludable en el bosque secundario de Kasama
- La familia Moraceae y la especie *Pourouma guianensis* Aubl. presentaron los promedios más elevados con respecto al almacenamiento de carbono por familia y especie respectivamente en el bosque secundario Kasama. Los valores altos de carbono almacenado por hectárea sugieren una capacidad considerable del bosque para actuar como sumidero de carbono. En cuanto a C almacenado en la hojarasca, detritus no vivo y sotobosque presentaron valores bajos.
- Además, se detalla la cantidad de carbono orgánico en el suelo a diferentes profundidades, la cual fue de 3,86 t/ha en el rango de 0 a 15 cm y 5,84 t/ha en el rango de 15 a 30 cm, dando como resultado la suma de total de 9,7 t/ha en ambas muestras, siendo la mayor la muestra de profundidad de 15 a 30 cm, lo que proporciona información crucial sobre la distribución del carbono en el perfil del suelo del bosque secundario Kasama.

5.2. Recomendaciones

- Realizar investigaciones sobre las especies endémicas y especies no identificadas del bosque Kasama y también potenciar el manejo del bosque realizando unidades de muestreo permanentes para así tener conocimiento de la dinámica de regeneración del mismo.
- Realizar estudios en diversas áreas del Bosque Secundario Kasama con la finalidad de conocer las variaciones de la cantidad de C almacenado en la cobertura forestal. También implementar diferentes metodologías a diferentes alturas para comparar el C almacenado en la hojarasca, detritus no vivos y en la biomasa del sotobosque del Bosque Secundario Kasama.
- Realizar análisis de C orgánico en el suelo a diferentes profundidades en otras aéreas del Bosque secundario Kasama.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Almeida, S. (2019). Dinámica de almacenamiento de carbono en plantaciones forestales de melina (*Gmelina arborea* Roxb), Cantón Pedro Vicente Maldonado, Periodo 2012 – 2018. [Proyecto de Investigación]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Arenillas, A., Eguilior, S., Fernández-Canteli, P., García, J., Hurtado, A., Mediato, J. F., Nita, R., Recreo, F., y Rovira, M. J. (2018). El almacenamiento de CO₂: mitigación del cambio climático. Plataforma Tecnológica Española Del CO₂, December, 5–11.
- Arias Alcívar, M. (2021). Composición florística y estructural del bosque nativo secundario ubicado en el recinto Jalligua Alto de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua, provincia de Cotopaxi. 593, 1–2.
- Arroba, B. (2021). Estimación volumétrica y del carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector uno de la finca experimental la Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo [Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Bajaña, S. (2016). Estructura vegetal del bosque y su contribución a la captación de carbono en la reserva Pedro Franco Dávila Jauneche-Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 13.
- Carranza, A. (2021). Caracterización del bosque secundario ubicado en el sendero ecológico de la finca experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. [Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Castillo Guizado, J. (2013). Inventario de especies arbóreas del bosque nativo San José de las Palmas, parroquia San Pablo, cantón San Miguel, provincia de Bolívar. 131.
- Chávez-Pascual Edwin, Rodríguez Gerardo, Carrillo José, Enríquez José, Chávez José, y Campos Gisela. (2013, Septiembre 26). Factores de expansión de biomasa aérea para *Pinus chiapensis* (Mart.) Andresen. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 1273–1284. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4nspe6/v4spe6a18.pdf>
- Colmena, G., Colomina, D., Melero, M., Peiteado, C., y Rodríguez, G. (2021). Manual de restauración forestal para personas que quieren curar la naturaleza.

- Correa, J. (2015). Almacenamiento de carbono en bosques naturales en la microcuenca El Padmi, provincia de Zamora Chinchipe. Universidad Nacional De Loja, 1–75.
- De La Orden, E. (2020, March). Conceptos de ecología, la comunidad vegetal. Editorial Científica Universitaria.
- Díaz Cordero, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37(2), 227–240.
- Díaz Lezcano, M. I., y Heyn Chaparro, J. M. (2022). Estimación del contenido de carbono en la cobertura forestal de un bosque secundario del distrito de Curuguaty, Paraguay. *Revista de La Sociedad Científica Del Paraguay*, 27(2), 55–71. <https://doi.org/10.32480/rscp.2022.27.2.55>
- Dilas, J. O., y Huamán, A. O. (2020). Captura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú. *Alpha Centauri*, 1(3), 13–25. <https://doi.org/10.47422/ac.v1i3.16>
- Flores, S. (2019). Relevamiento de flora del área protegida Bosque de Bolognia para la obtención de un índice de diversidad Shannon Wiener a través de una aplicación móvil. *Fides Et Ratio*, 17(137), 215–238.
- Fuel, M. A. (2020). Estructura y composición florístico de un bosque secundario en la microcuenca media del río Nangulví. 34.
- Gaona, T. (2019). Composición florística y estructura del bosque húmedo tropical del refugio de vida silvestre marino costero Pacoche. año 2018 [Proyecto de Investigación previa la obtención del Grado Académico de Magíster en Manejo Forestal Sostenible.]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Giménez, M. A., Hernández, P., Gerez, R., y Ríos, N. A. (2007). Diversidad vegetal en siete unidades demostrativas del Chaco semiárido argentino. *61 Madera y Bosques*, 13(1), 61–78.
- Goez, W. (2022). Estimación de biomasa forestal de bosques mediterráneos. 2022–2023.
- Granda, V., y Guamán. Silvia. (2006). Composición florística, estructura, endemismo y etnobotánica de los bosques secos “algodonal” y “la ceiba” en los cantones macará y zapotillo de la provincia de Loja. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. www.darwinnet.org/1_4.htm

- Gualpa-Calva, M., Gualpe-Arias, O., Rosero-Haro, S., y Morocho-Lema, V. (2019). Carbono almacenado en el suelo de dos sistemas de uso de la tierra de la Reserva Huayrapalte. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias*, 5, 143–162.
- Hancock, L. (2019). La degradación de los bosques: por qué afecta a las personas y la vida silvestre. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>
- Hincapié, S. (2023). Gobernanza ambiental global y derechos de la naturaleza en América Latina. *Revista Derecho Del Estado*, 54, 277–305. <https://doi.org/10.18601/01229893.n54.09>
- Jumbo-Salazar, Arévalo, C. D., y Ramírez-Cando, L. J. (2018, March 1). Carbon measurement of the natural forest arbóreo stratum, Tinajillas-Limon Indanza. *Granja*, 27(1), 51–63. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.04>
- Kiernan, D. (2022). Natural resources biometrics (SUNNY College of Environmental science and Forestry, Ed.; Vol. 1). LibreTexts. <https://LibreTexts.org>
- Llanos, E., y Escandón, J. (2016). “Almacenamiento de Carbono en el suelo bajo tres tipos de cobertura vegetal en los páramos andinos en la Cuenca del Río Paute” [Tesis previa a la obtención del título de: Ingenieros Agrónomos]. UNIVERSIDAD DE CUENCA.
- MAE. (2012). Manual de Campo proyecto Evaluación Nacional Forestal y el programa nacional conjunto Bajo la cooperación del Programa “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático.” In Ministerio del Ambiente del Ecuador (Vol. 1, pp. 3–91). <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Manual-2012-Bosques-liviano-9.pdf>
- Méndez, Á., y Picado, E. (2006). Análisis de tres estados sucesionales del bosque seco deciduo, desarrollado sobre campos agrícolas abandonados, Nandorola, Nicaragua. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA.
- Mendizábal, L., Ramírez, J., Alba, J., Héctor, C., y Elba, R. (2008). Cambio Climático y Comunidades Forestales. *Foresta Veracruzana*, 10(2), 49–56.
- Merino Castillo, J. (2016). Composición florística, índice de similitud y uso sostenible del bosque secundario en dos áreas de la Amazonía Ecuatoriana. 1–155.

- Molina, A. (2020). Composición florística y estructural del bosque secundario de regeneración natural en la finca “Murocomba” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo [Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Moncada Laureano, M. (2013). Estructura horizontal y valoración económica del bosque de terraza baja de la comunidad nativa Puerto Alegre, Rio Amazonas, Loreto - Perú. 1–2.
- Mora, R. (2011). Valoración económica de las plantaciones de teca (*Tectona grandis*) y balsa (*Ochroma pyramidale*) en tres cantones del Litoral Ecuatoriano. 76.
- Morales, M. Á., Nájera, J. A., Escobedo, M., Cruz, F., Hernández, F., y Vargas, B. (2020). Carbono retenido en biomasa y suelo en bosques de El Salto, Durango, México. Investigación y Ciencia de La Universidad Autónoma de Aguascalientes, 20(80), 5–13.
- Moreno, A. (2022). Flora arbórea y carbono aéreo en el área de bosque nativo de la finca El Carmen del cantón Balzar, provincia del Guayas, 2022.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). El estado de los bosques del mundo 2020. In El estado de los bosques del mundo 2020. FAO and UNEP. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>
- Paipa Ríos, N. A., y Triana Gómez, M. A. (2018). Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque húmedo tropical en Paimadó, Chocó. Ingenierías USBMed, 9(1), 18–29. <https://doi.org/10.21500/20275846.3180>
- Palacios, I., Castro, S., y Rodríguez, F. (2019). Almacenamiento de carbono como servicio ambiental en tres Reservas Naturales Del Ecuador. Revista Geoespacial, 16(1), 1. <https://doi.org/10.24133/geoespacial.v16i1.1275>
- Ponce Bravo, S. (2019). Diversidad Florística y estado de regeneración natural del bosque “Jardín de los sueños” provincia de Cotopaxi.
- Ramos Reyes, J. C., Treviño Garza, E. J., Buendía Rodríguez, E., Aguirre Calderón, O. A., y López Martínez, J. I. (2017). Productividad y estructura vertical de un bosque templado con incidencia de incendios forestales. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 8(43), 064–088. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v8i43.66>

- Rinaudo, T., Muller, A., y Morris, M. (2022). Manual de Regeneración natural asistida por la comunidad (FMNR), World Vision Australia, 2018.
- Rodríguez, L. (2007). Protocolo de Kyoto: debate sobre el ambiente y desarrollo en las discusiones sobre el cambio climático. *Gestión y Ambiente*, 10(2), 117–129.
- Rojas-Vargas, E. P., Silva-Agudelo, E. D., Guillén-Motta, A. Y., Motta-Delgado, P. A., y Herrera-Valencia, W. (2019). Carbono almacenado en estrato arbóreo de sistemas ganaderos y naturales del municipio de Albania, Caquetá, Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 35–46. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9515>
- Romero, D. (2022). Evaluación del componente florístico y su estructura en el remanente de bosque secundario de la finca la lola del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.
- Sarango Gonzales, F., y Tenempaguay Guncay, W. (2020). Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea, Necrosama (Hojarasca) y suelo en un bosque de pino en la comuna Paquizhapa (Provincia de Loja). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 1–163.
- Serrato Cuevas, R., Adame Martínez, S., López García, J., y Flores Román, D. (2014). Carbono Organico De La Hojarasca En Los Bosques De La Reserv-5344964. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 29–45.
- Solano, E., y Belezaca, C. (2022). Floristic and structural composition of secondary native forest remnants in the western Cordillera of the Ecuadorian Andes. *International Journal of Health Sciences*, 14257–14268. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns1.8645>
- Triviño, W. (2021). Estimación volumétrica y del carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector tres de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b8764797-a3b2-4ae4-9952-0aa58010649f/content>
- Valdez, C., Guzmán, M., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M., y Rocha, A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Biología Tropical*, 4(66).
- Villalobos, R. (2020). El manejo forestal del bosque secundario como alternativa de uso de la tierra en la zona norte de Costa Rica.

Villanueva Morán, I. (2020). Estimación volumétrica y del carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector cuatro de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. 593, 1–2.

Villavicencio, L., y Valdez, J. (2013, July). Analysis of three structure in the traditional coffee agroforestry system in San Miguel, Veracruz, México. *Agrociencias*, 413–423. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30237410.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo A. Delimitación de las unidades de muestreo.



Anexo B. Identificación de las especies forestales.



Anexo C. Medición de DAP de especies forestales



Anexo D. Medición del cuadrado de 50 cm para la calicata.



Anexo E. Profundidad de la calicata 0-15 y 15-30 cm.



Anexo F. Toma de las muestras de suelo con barreno.



Anexo G. Peso de submuestra de suelo en el campo.



Anexo H. Muestras de sotobosque, necromasa fina y gruesa.



