



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

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

Título del Proyecto de Investigación:

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

Autor:

WAGNER SEBASTIÁN TRIVIÑO JIMÉNEZ

Director del Proyecto de Investigación:

M.Sc. Ing. For. Walter García Cox

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Wagner Sebastián Triviño Jiménez**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

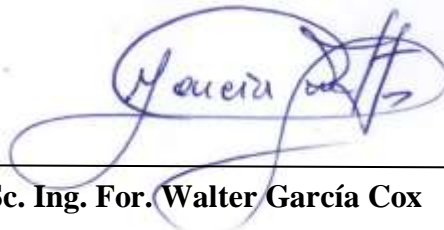
La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Wagner Sebastián Triviño Jiménez

AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **M.Sc. Ing. For. Walter García Cox**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Wagner Sebastián Triviño Jiménez**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, **“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”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



M.Sc. Ing. For. Walter García Cox
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

CERTIFICACIÓN

El suscrito, **M.Sc. Ing. For. Walter García Cox**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en calidad de Director del Proyecto de Investigación titulado “**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**”, de autoría del estudiante **TRIVIÑO JIMÉNEZ WAGNER SEBASTIÁN** de la carrera de Ingeniería forestal.

CERTIFICA: el cumplimiento de los parámetros establecidos por el SENESCYT, y se evidencia el reporte de la herramienta de prevención de coincidencia y/o plagio académico (URKUND) con un porcentaje de coincidencia del 3%.



Document Information

Analyzed document	TESIS WAGNER SEBASTIÁN TRIVIÑO JIMENEZ PARA URKUND.docx (D115977887)
Submitted	2021-10-21 19:47:00
Submitted by	Walter Garcia
Submitter email	wgarcia@uteq.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	wgarcia.uteq@analysis.orkund.com

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "García Cox", written over a horizontal line.

M.Sc. Ing. For. Walter García Cox
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“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”

Presentado al Consejo Académico como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO FORESTAL.

Autor:

Wagner Sebastián Triviño Jiménez

Aprobado por:

FIDEL TROYA ZAMBRANO
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

FABRICIO MEZA BONE
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

EDISON SOLANO APUNTES
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2021

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a Dios por sus bendiciones y darme las fuerzas para continuar.

A mi papá Santos Triviño Ulloa, a mi mamá Janet Jimenez Mora juntos me dieron el apoyo incondicional, consejos de superación a lo largo de mi vida y sobre todo en el transcurso de este proceso académico.

A mis amigos mas cercanos quienes hicieron de este proceso académico una experiencia mas llevadera.

A mis compañeros de curso que se convirtieron en amigos quienes hicieron de las clases una experiencia inolvidable.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a las personas que estuvieron en este largo proceso de aprendizaje de manera física y moralmente, dándome animos para no desfallecer.

A mi padre Santos Triviño Ulloa, quien con su apollo incondicional me dio el animo y aliento para poder alcanzar muchas de mis metas propuestas a lo largo de mi vida.

Mi madre Janet Jimenez Mora, que con su cuidado y enseñanza de buenos valores hicieron que tomara acciones con responsabilidad y cumplir la meta de obtener el titulo de tercer nivel.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a la facultad de Ciencias Agropecuarias, a la carrera de Ingeniería Forestal y cada uno de los docentes que compartieron sus conocimientos y aportaron con mi formación profesional, en especial al M.Sc. Ing. For. Walter García Cox, mi tutor de tesis por la paciencia y los consejos con los que me ha sabido guiar.

RESUMEN

El propósito de esta investigación es dar a conocer la necesidad de realizar estudios sobre el contenido de biomasa, carbono y la diversidad florística, para implementar nuevas formas de manejar los bosques plantados con incentivos para la conservación como productos de los servicios ecosistémicos que los bosques plantados proveen. La presente investigación tiene como objetivo la estimación del contenido volumétrico 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, perteneciente a la parroquia San Carlos, Quevedo, provincia de Los Ríos. Dentro de un rango de 19,91 ha, implementando la metodología de censo forestal se lograron identificar 9 familias, 16 géneros, 16 especies y 2.398 individuos arbóreas (≥ 10 cm); destacando como la especie más representativa Teca (*Tectona grandis* L.F.) con 1.779 individuos. Se contabilizó un volumen cúbico de 1.234,66 m³, siendo las especies que presentaron mayor volumen Teca (*Tectona grandis* L.F.) con 635,67 m³ y Pachaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake) con 380,89 m³. Mediante el método no destructivo se cuantificó una biomasa aérea de 19,91 Tn/haB y 541,17 Tn/totalesB, mismas que almacenan un contenido de carbono de 13,59 Tn/haC y 270,58 Tn/totalesC, las especies que presentaron una mayor cantidad de carbono almacenado fueron Pachaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) con 48,65 Tn/C, Laurel (*Cordia alliodora*) con 38,29 Tn/C y Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* Fisch. y C.A.Mey) con 30,54 Tn/C.

Palabras claves: carbono, censo forestal, especies forestales, toneladas

ABSTRACT

The purpose of this research is to make known the need to carry out studies on the content of biomass, carbon and floristic diversity, to implement new ways of managing planted forests with incentives for conservation as products of the ecosystem services that planted forests provide. The objective of this research is to estimate the volumetric and carbon content of the aerial biomass of the forest cover of sector three of the experimental farm "La Represa" owned by the State Technical University of Quevedo, belonging to the San Carlos parish, Quevedo, Los Ríos province. Within a range of 19.91 ha, by implementing the forest census methodology, 9 families, 16 genera, 16 species and 2,398 tree individuals (≥ 10 cm) were identified; highlighting as the most representative species Teak (*Tectona grandis* L.F.) with 1,779 individuals. A cubic volume of 1,234.66 m³ was recorded, the species that presented the highest volume were Teak (*Tectona grandis* L.F.) with 635.67 m³ and Pachaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake) with 380.89 m³. By means of the non-destructive method, an area biomass of 19.91 Tn / haB and 541.17 Tn / totalB was quantified, which store a carbon content of 13.59 Tn / haC and 270.58 Tn / totalC, the species that presented a greater amount of stored carbon were Pachaco (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake) with 48.65 Tn / C, Laurel (*Cordia alliodora*) with 38.29 Tn / C and Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana* Fisch. y CAMEy) with 30,54 Tn / C.

Keywords: carbon, forest census, forest species, tons

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
CÓDIGO DUBLÍN.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.	Problema de investigación.....	3
1.1.1.	Planteamiento del problema	3
1.1.2.	Formulación del problema.....	3
1.1.3.	Sistematización del problema	3
1.2.	Objetivos.....	4
1.2.1.	Objetivo general.....	4
1.2.2.	Objetivos específicos	4
1.3.	Justificación	5

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco conceptual.....	7
2.1.1.	Biomasa	7
2.1.2.	Bosque	7
2.1.3.	Carbono.....	7
2.1.4.	Extensión forestal	8
2.1.5.	Secuestro de carbono	8
2.1.6.	Sumidero de carbono	9
2.2.	Marco teórico.....	9
2.2.1.	Almacenamiento de carbono	9
2.2.2.	Ciclo del carbono.....	10
2.2.3.	Carbono en la hojarasca.....	12
2.2.4.	Carbono en el suelo	12
2.2.5.	Biomasa de madera muerta.....	12
2.2.6.	Estimación volumétrica	13
2.2.7.	Carbono en suelo y densidad aparente del suelo	13
2.3.	Marco referencial.....	14

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización.....	16
3.2.	Tipo de investigación.....	17
3.2.1.	No experimental.....	17
3.2.2.	Investigación descriptiva	17
3.2.3.	De campo	17
3.3.	Método de investigación.....	18

3.3.1.	Método inductivo.....	18
3.3.2.	Método analítico.....	18
3.4.	Fuente de recopilación de información.....	18
3.4.1.	Primaria.....	18
3.4.2.	Secundaria.....	18
3.5.	Diseño de la investigación.....	18
3.5.1.	Fase de campo.....	18
3.5.1.1.	Identificación de las especies forestales presentes en el sector tres.....	18
3.5.1.2.	Determinación del volumen maderero del sector tres.....	19
3.5.1.2.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP).....	19
3.5.1.2.2.	Altura.....	19
3.5.2.	Fase post-campo.....	19
3.5.2.1.	Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres.....	19
3.5.2.1.1.	Cálculo de carbono.....	19
3.5.2.1.2.	Cálculo de la biomasa aérea.....	20
3.6.	Instrumentos de investigación.....	20
3.7.	Tratamientos de los datos.....	21
3.8.	Recursos humanos y materiales.....	21
3.8.1.	Materiales de campo.....	21
3.8.2.	Materiales de oficina.....	21
3.8.3.	Software.....	22

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados.....	24
4.1.1.	Identificar las especies forestales existentes en el sector tres de la finca experimental “La Represa”.....	24

4.1.2.	Determinar el volumen de madera del sector tres de la finca experimental “La Represa”.....	25
4.1.3.	Estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres de la finca experimental “La Represa”.....	26
4.2.	Discusión	27
4.2.1.	Especies forestales existentes en el sector tres de la finca experimental “La Represa”.....	27
4.2.2.	Volumen de madera del sector tres de la finca experimental “La Represa”	28
4.2.3.	Carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres de la finca experimental “La Represa”.....	29

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	32
5.2.	Recomendaciones	33

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía.....	35
------	-------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1.	Anexos	39
------	--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proceso de almacenamiento industrial del carbono.....	10
Tabla 2. Condiciones edafoclimáticas.....	17
Tabla 3. Ficha de recolección de datos.....	20
Tabla 4. Especies forestales en el sector tres.....	24
Tabla 5. Volumen de madera en el sector tres.....	25
Tabla 6. Carbono almacenado en biomasa aérea en el sector tres.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del carbono.....	11
Figura 2. Representación esquemática de algunos procesos y elementos claves del ecosistema terrestre bajo el suelo que impactan al ciclo del carbono.....	11
Figura 3. Ubicación y localización de la finca experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.....	16
Figura 4. Volumen de madera sector tres (m ³).....	26
Figura 5. Contenido de carbono sector tres.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Toma de diámetro en las especies forestales.....	39
Anexo 2. Toma de altura en las especies forestales.....	39
Anexo 3. Realizando el censo forestal.....	40

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	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
Autor:	Wagner Sebastián Triviño Jiménez
Palabras clave:	carbono, censo forestal, especies forestales, toneladas
Fecha de publicación:	
Editorial:	
Resumen: (hasta 300 palabras)	<p>El propósito de esta investigación es dar a conocer la necesidad de realizar estudios sobre el contenido de biomasa, carbono y la diversidad florística, para implementar nuevas formas de manejar los bosques plantados con incentivos para la conservación como productos de los servicios ecosistémicos que los bosques plantados proveen. La presente investigación tiene como objetivo la estimación del contenido volumétrico 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, perteneciente a la parroquia San Carlos, Quevedo, provincia de Los Ríos. Dentro de un rango de 19,91 ha, implementando la metodología de censo forestal se lograron identificar 9 familias, 16 géneros, 16 especies y 2.398 individuos arbóreas (≥ 10 cm); destacando como la especie más representativa Teca (<i>Tectona grandis</i> L.F.) con 1.779 individuos. Se contabilizó un volumen cúbico de 1.234,66 m³, siendo las especies que presentaron mayor volumen Teca (<i>Tectona grandis</i> L.F.) con 635,67 m³ y Pachaco (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S. F. Blake) con 380,89 m³. Mediante el método no destructivo se cuantificó una biomasa aérea de 19,91 Tn/haB y 541,17 Tn/totalesB, mismas que almacenan un contenido de carbono de 13,59 Tn/haC y 270,58 Tn/totalesC, las especies que presentaron una mayor cantidad de carbono almacenado fueron Pachaco (<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) con 48,65 Tn/C, Laurel (<i>Cordia alliodora</i>) con 38,29 Tn/C y Fernán Sánchez (<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. y C.A.Mey) con 30,54 Tn/C.</p>
Descripción:	55 hojas A4: dimensiones, 29 x 21 cm
URI:	

INTRODUCCIÓN

El dióxido de carbono (CO_2) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos del bosque gracias a la fotosíntesis, donde tiene lugar la generación de materias primas como la glucosa, permitiendo la aparición del follaje, ramas y demás estructuras necesarias para el desarrollo del árbol (Benjamín y Masera, 2001). Una vez que los bosques fijan en sus estructuras vivas el dióxido de carbono atmosférico, lo acumulan en su biomasa y parte lo transfieren al mantillo y al suelo por descomposición, constituyendo las reservas de carbono.

La composición florística, la edad y la abundancia de población de cada estrato por comunidad vegetal son los principales factores que influyen en la capacidad que tienen los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea (Paipa y Triana, 2018). una estimación indirecta del material vegetal permite inferir dicha cantidad de biomasa a partir de relaciones alométricas que toman como base el tamaño y dimensiones de los árboles; siendo este el método más práctico que se puede emplear.

Las áreas forestales tienen como objetivo almacenar el carbono atmosférico ya que actúan como sumideros de CO_2 al momento de capturar este gas de la atmósfera mediante el proceso de fotosíntesis, llegando acumular en sus tejidos el carbono fijado, por tanto, dada la capacidad de los bosques para realizar esta acción en beneficio del bienestar del planeta, se afirma que cumplen un papel muy importante como estrategia para regular la concentración de CO_2 en la atmósfera del planeta hasta niveles aceptables (Sarango y Tenempaguay, 2020). Con el tiempo la acumulación de carbono en los ecosistemas forestales globales alcanza un valor de almacenamiento de carbono orgánico en equilibrio, el mal manejo del ecosistema llevado a cabo por actividades como talas masivas, incendios, erosión, laboreo, ganadería, entre otros, afligen el comportamiento del carbono en los ecosistemas forestales

El Ecuador es un país con gran riqueza biológica, tiene un gran potencial de vida, el cual constituye su mayor patrimonio, y un gran reto, por la responsabilidad de su conservación. La diversidad florística abarca los atributos de las comunidades que permiten su comprensión y comparación, tiene dos componentes principales: la riqueza de especies y el espacio demográfico entre ellas (Chávez, 2020). Estos procesos dentro de los bosques son poco conocidos, se han hecho esfuerzos a nivel global, para entenderlos y describirlos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En lo que respecta las plantaciones de la finca experimental La Represa, no existe un registro de algún estudio realizado con anterioridad acerca de la estimación volumétrica y el contenido de carbono de la biomasa aérea forestal. La información que se obtendrá de la presente investigación será de una gran importancia científica para futuros proyectos relacionados a la estimación volumétrica y el contenido de carbono en la finca experimental La Represa.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el volumen y el contenido de carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector tres de la finca experimental La Represa?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál es el volumen de madera en la cobertura forestal del sector tres de la finca experimental La Represa?
- ¿Cuál es el contenido de carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector tres de la finca experimental La Represa?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

- Estimar el volumen y el contenido de carbono de la biomasa aérea dentro de la cobertura forestal del sector tres de la finca experimental La Represa.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las especies forestales existentes en el sector tres de la finca experimental “La Represa”.
- Determinar el volumen de madera del sector tres de la finca experimental “La Represa”.
- Estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres de la finca experimental “La Represa”.

1.3. Justificación

La elevada concentración de CO₂ en la atmósfera del planeta se ha convertido en una las amenazas más serias y con repercusiones casi irreversibles para el medio ambiente global, conllevando al desarrollo progresivo del fenómeno del calentamiento global, mismo que según se prevé tendrá un impacto negativo sobre la salud de los seres humanos repercutiendo en la seguridad alimentaria, la actividad económica, el agua y otros recursos naturales e incluso en la infraestructura física. Motivos suficientes por el cual se ha visto necesario llevar a cabo la elaboración del presente trabajo de investigación enfocado en la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea de una plantación forestal. Esperando de esta manera la obtención de resultados confiables en la estimación del contenido volumétrico y del carbono de la biomasa aérea de la cobertura forestal mediante el empleo del método no destructivo en el sector tres de la finca experimental “La Represa” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, perteneciente a la parroquia San Carlos, Quevedo, provincia de Los Ríos. Los beneficiarios del presente proyecto son los investigadores y estudiantes de la carrera de ingeniería forestal, quienes podrán acceder a los resultados obtenidos y que deseen desarrollar investigaciones relacionadas con el contenido de carbono en la biomasa aérea de la zona de Quevedo.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Biomasa

La biomasa es toda materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta. La biomasa aérea viva puede ser calculada por medio de métodos destructivos o bien utilizando modelos alométricos ya establecidos. Mientras que la determinación de la biomasa aérea no viva debe hacerse determinando la biomasa de madera muerta y la biomasa de mantillo o necromasa. El mantillo comprende toda la biomasa no viva con un diámetro inferior a un diámetro mínimo (por ejemplo, 10 cm), que yace muerta, en varios estados de descomposición sobre el suelo mineral u orgánico, comprende las capas de detritus, fúmica y húmica. Las raíces finas vivas (de tamaño inferior al límite de diámetro sugerido para la biomasa bajo el suelo) se incluyen en el mantillo cuando no se pueden distinguir empíricamente de él (Pachauri *et al.*, 2014).

2.1.2. Bosque

La concepción tradicional de bosque nativo como proveedor de madera y su valoración a través de los inventarios forestales, debe ser ampliada a una definición que integre al bosque como un ecosistema interrelacionador de un sinnúmero de factores todavía no bien conocidos. El bosque es uno de los recursos naturales más importantes con que cuenta el Ecuador para su desarrollo; constituye una unidad ecosistémica formada por árboles, arbustos y demás especies vegetales y animales resultado de un proceso ecológico espontáneo que interrelaciona otros recursos como el agua, la biodiversidad, el suelo, el aire, el paisaje, etc (Barrantes *et al.*, 2001).

2.1.3. Carbono

El carbono es único en la química porque forma un número de compuestos mayor que la suma total de todos los otros elementos combinados. Con mucho, el grupo más grande de estos compuestos es el constituido por carbono e hidrógeno. Se estima que se conoce un mínimo de 1.000.000 de compuestos orgánicos y este número crece rápidamente cada año. Aunque la clasificación no es rigurosa, el carbono forma otra serie de compuestos

considerados como inorgánicos, en un número mucho menor al de los orgánicos. El carbono elemental existe en dos formas alotrópicas cristalinas bien definidas: diamante y grafito. Otras formas con poca cristalinidad son carbón vegetal, coque y negro de humo. El carbono químicamente puro se prepara por descomposición térmica del azúcar (sacarosa) en ausencia de aire. Las propiedades físicas y químicas del carbono dependen de la estructura cristalina del elemento (Lapeyre *et al.*, 2004)

2.1.4. Extensión forestal

La extensión de los recursos forestales conocido como el primer indicador para determinar la ordenación forestal sostenible. Se refiere a la necesidad general de mantener los recursos forestales adecuados (bosques de varios tipos y características, incluyendo otras tierras boscosas y árboles fuera del bosque) para promover los objetivos sociales, económicos y ecológicos de los bosques y la actividad forestal en un país o región. Los propósitos perseguidos al monitorear la extensión y las características de los recursos forestales son entender y reducir la deforestación no planificada, restaurar y rehabilitar paisajes forestales degradados, evaluar la importante función de la captura de carbono por los bosques, otras tierras boscosas y árboles fuera del bosque, y designar los bosques para fines distintos (Rivas *et al.*, 2010).

2.1.5. Secuestro de carbono

Se trata de la remoción del carbono de la atmósfera, mediante la fotosíntesis de las plantas y su almacenamiento como formas de materia orgánica estables y de larga vida en el suelo. Para que esto ocurra, es necesario que los agricultores tomen conciencia de la necesidad de efectuar cambios en las prácticas agrícolas tradicionales, buscando aportar más materia orgánica, que ésta sea más estable, y/o que retarde su descomposición (Redagrícola, 2018).

Es importante destacar que estas prácticas tienen grandes beneficios tanto en la productividad agrícola como en la mitigación del cambio climático. Pero si el agricultor decide dejar de hacerlas y volver a realizar sus antiguas prácticas, el carbono orgánico que se había almacenado en el suelo, es nuevamente liberado a la atmósfera. Por lo que es sumamente importante que el cambio sea permanente (Redagrícola, 2018).

2.1.6. Sumidero de carbono

Los niveles atmosféricos de dióxido de carbono (CO_2) se pueden reducir con la disminución de emisiones o removiendo el dióxido de carbono de la atmósfera para almacenarlo en reservas terrestres y ecosistemas acuáticos. El sumidero de CO_2 se define como el proceso o la actividad que implica la remoción de gases de invernadero de la atmósfera. La conversión de largo plazo de praderas y áreas forestales para terrenos de cultivo (y también para uso pastoril) ha resultado en cuantiosas pérdidas históricas de carbón del suelo globalmente. No obstante, existe un potencial fundamental que permite incrementar el contenido de carbono del suelo mediante la rehabilitación de suelos degradados y la amplia adopción de diversas prácticas de conservación del suelo, las cuales están siendo adoptadas en la actualidad. La conversión y el cultivo de tierras se han denominado como almacenes determinantes de gases invernaderos a la atmósfera. Se estima que estos todavía son responsables de alrededor de un tercio de las emisiones (FAO, 2017).

2.2. Marco teórico

2.2.1. Almacenamiento de carbono

Las especies vegetales, como un medio importante para captar y almacenar el carbono, han sido reconocidas ampliamente en la producción agrícola y forestal y fue aprobada como una estrategia importante de mitigación del cambio climático. El secuestro de carbono, por medio de los sistemas de uso de la tierra, incluido los sistemas agroforestales (SAF), gira en torno a la interacción de procesos ecológicos y biológicos, como la fotosíntesis, la respiración y la descomposición. Se ha registrado que los SAF pueden modificar el microclima, es decir, mitigar las condiciones climáticas extremas de temperatura, de precipitación, de vientos fuertes o de alta radiación solar; asimismo, son viables para la agricultura, por la combinación de especies leñosas maderables, cultivos agrícolas y ganado; por lo anterior, estos sistemas de producción se pueden adecuar a las exigencias del ambiente (Marín *et al.*, 2016).

Según Sanz (2013) el proceso de almacenamiento industrial del carbono comprende tres fases: captura, transporte y almacenamiento, como se describe en la tabla 1.

Tabla 1. Proceso de almacenamiento industrial del carbono.

Tipo	Descripción
Captura	Son muy diversas las fuentes emisoras de CO ₂ . En la medida en que solo se pueden capturar (con la tecnología actual) los gases procedentes de fuentes fijas, los principales emisores proceden de la industria y de las centrales térmicas de producción de electricidad. Las tecnologías para la captura son muy variadas.
Transporte	Como el almacenamiento se debe llevar a cabo en lugares especialmente aptos para ello, lo normal será que deba realizarse un transporte del carbono desde el lugar de captura al emplazamiento de almacenamiento. Antes del transporte, el carbono debe ser comprimido para reducir su volumen y que llegue al emplazamiento de almacenamiento con la presión necesaria para su inyección.
Almacenamiento	Se puede llevar a cabo en diversos tipos de almacén subterráneo. Los principales son los yacimientos agotados de gas o petróleo, las formaciones salinas profundas y las capas de carbón profundas o no explotables. La inyección se realiza sobre rocas porosas que hacen de almacén, a más de ochocientos metros de profundidad (porque a partir de esa profundidad la presión permite almacenar el gas en volúmenes mucho menores que los requeridos en superficie).

Fuente: Sanz (2013).

2.2.2. Ciclo del carbono

El ciclo básico del carbono de los sistemas vivos (Figura 1), involucra los procesos de fotosíntesis y respiración. Por medio de la fotosíntesis las plantas absorben el dióxido de carbono de la atmósfera y lo usan para fabricar carbohidratos (azúcares), esto con la ayuda de la energía del sol. Como parte del ciclo, los animales comen plantas (u otros animales), tomando los carbohidratos como alimento. Luego, por medio de la respiración, tanto las plantas como los animales descomponen los carbohidratos liberando el dióxido de carbono a la atmósfera (Rainforest Alliance, 2017).

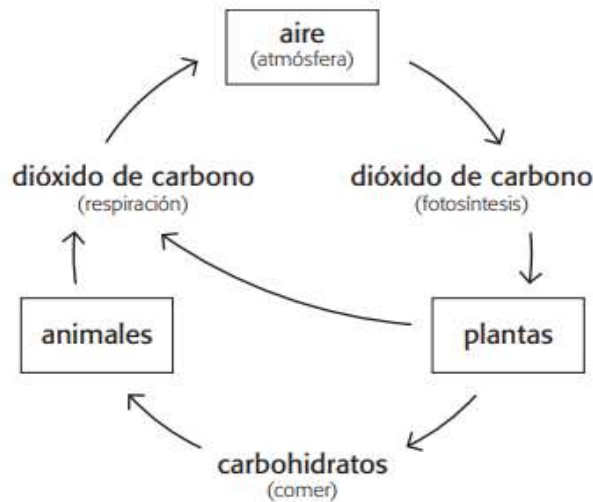


Figura 1. Ciclo del carbono (Rainforest Alliance, 2017).

Los ecosistemas bajo el suelo son diversos y heterogéneos. Los procesos y mecanismos que operan son complejos, frecuentemente acoplados y varían ampliamente en las escalas temporales y espaciales. El estudio de los procesos biogeoquímicos debajo del suelo es especialmente difícil porque están ocultos directamente de observaciones y mediciones in situ. A pesar de la complejidad y la variabilidad dependiente del ecosistema, hay elementos y procesos críticos que afectan el ciclo del carbono en la mayoría de los ecosistemas bajo el suelo (Figura 2) (Serrato *et al.*, 2014).

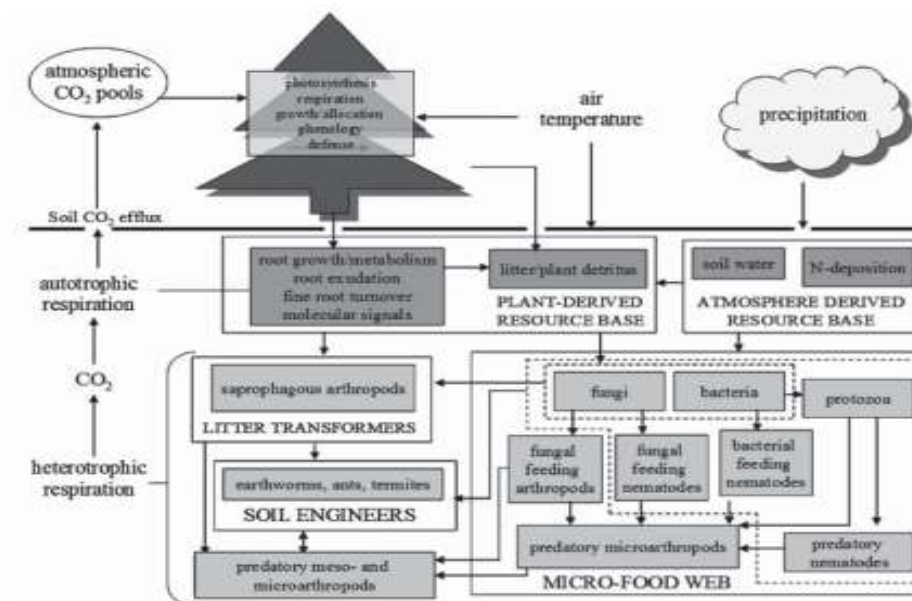


Figura 2. Representación esquemática de algunos procesos y elementos claves del ecosistema terrestre bajo el suelo que impactan al ciclo del carbono (Pritchard, 2011).

2.2.3. Carbono en la hojarasca

Se conoce que los suelos forestales son los mayores depósitos de carbono en los ecosistemas terrestres. Contienen cuatro veces la cantidad de carbono de la vegetación. Por tal motivo, merecen atención especial cuando se estudia el secuestro de carbono. Así, es sabido que el carbono del suelo se encuentra en la hojarasca, razón por la cual es fundamental conocer el contenido de carbono en este depósito, ya que a su vez es una fuente importante de C, N y P fácilmente mineralizables para el metabolismo microbial en ecosistemas forestales (*Serrato et al.*, 2014).

2.2.4. Carbono en el suelo

Los suelos de los bosques pueden almacenar grandes cantidades de carbono que podrían liberarse a la atmósfera por la deforestación. En las zonas de vida húmedas y secas, los sitios cultivados después de haber sido deforestados normalmente pierden de 60-70 por ciento del carbono inicial contenido en los bosques maduros. Además, la disponibilidad o la cantidad de C que se encuentre en el suelo van a depender de la materia orgánica que este posea y la densidad aparente del mismo (Aguilar, 2011).

Los componentes mayoritarios de la materia orgánica generalmente son lignina, hidratos de carbono, proteínas, péptidos y aminoácidos libres, grasas, ceras y resinas. El porcentaje de materia orgánica determinado en un suelo se relaciona con la cantidad añadida de residuos frescos, forma y composición de los tejidos y posterior transformación por los microorganismos. La cantidad adicional se relaciona con la abundancia y naturaleza de la vegetación, lo que incluye clima (temperatura y precipitación) que afectan la producción de biomasa (Aguilar, 2011).

2.2.5. Biomasa de madera muerta

La madera muerta es un término común que se utiliza para referirse a las ramas derribadas, árboles muertos en pie, troncos, tocones, etc. y en general a cualquier resto xiloso que se encuentra en los bosques templados y tropicales. Es frecuente que este término sugiera la idea de desecho o basura, reflejando la concepción que se tiene en las sociedades modernas,

las cuales han mostrado una incapacidad general en manejar los materiales residuales producto de sus diversas actividades, calificándolos de inservibles y contaminantes (Delgado y Pérez, 2002).

2.2.6. Estimación volumétrica

Es posible utilizar variables dendrométricas de fácil colecta como el diámetro normal o diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total del árbol, que, asociadas a las ecuaciones volumétricas, permiten estimar el volumen de madera del árbol, a través de ecuaciones matemáticas construidas para la especie y localización en estudio. En ese sentido, ecuaciones volumétricas también pueden ser utilizadas para calcular el volumen máximo de madera aserrada que puede obtenerse a partir de madera en rollo (Imaña *et al.*, 2019).

Para una determinación rápida de las existencias madereras de un rodal o cuartel, así como para la cubicación de árboles apeados, es posible construir tarifas de cubicación, ecuaciones en las cuales las variables independientes se obtienen de forma sencilla, siendo que la variable dependiente es el volumen de madera. En otro tiempo, las relaciones entre variables medidas directamente (diámetros, alturas) y variables estimadas con ecuaciones (volúmenes) se expresaban por medio de tablas de volúmenes, si bien, desde la introducción de los medios informáticos en el inventario forestal, dichas relaciones se plasman en forma de ecuaciones que serán integradas en las diversas aplicaciones informáticas auxiliares de la gestión forestal (Imaña *et al.*, 2019).

2.2.7. Carbono en suelo y densidad aparente del suelo

La densidad aparente del suelo es la relación que existe entre la masa del sólido y el volumen total ocupado por el sólido y por el espacio poroso. La masa del sólido se determina pesando la muestra a 105 °C, y el volumen total se deduce del cilindro que fue utilizado para la toma de muestras (Soriano y Pons, 2001). Para determinar la densidad aparente del suelo se pueden realizar dos distintas metodologías. Una requiere la utilización de equipo que genere radiaciones (sin embargo, deberán realizarse cálculos para eliminar los valores de contenido de agua en suelo que se obtienen) y el otro método, más empleado, es el del cilindro metálico (Aguilar, 2011).

2.3. Marco referencial

Estrella (2016) evaluó la diversidad florística, biomasa aérea y el almacenamiento de Carbono (C) en un bosque siempre verde de tierras bajas de 300 a 400 msnm ubicado en la provincia de Napo en la Amazonia Ecuatoriana, mediante la implementación de parcelas temporales de muestreo con una área de 625 m². Los resultados mostraron un promedio de concentración de 249,7 Mega gramos de Carbono por hectárea (Mg/ha). Con un índice de diversidad alta de acuerdo al índice de Shannon de 3,711 y un índice de Simpson de 0,93. Las familias botánicas que más contribuyen al almacenamiento de carbono resultaron: Myristicaceae, Arecaceae y Lauraceae, mientras que las especies que más secuestran carbono fueron: *Iriartea deltoidea*, *Ocotea sp.* y *Tessmannianthus sp.*

Aguilar (2011) encontró resultados donde los valores de biomasa en la madera muerta fueron de 7,80 t/ha en bosques primarios, 5,84 t/ha en bosques de 15-30 años, 3,26 t/ha en bosques mayores de 30 años y de 3,42 en bosques de 5-15 años. El carbono orgánico almacenado en el suelo fue mayor en bosques de más de 30 años (109,24 tC/ha), seguido por bosques primarios (92,29 tC/ha), 15-30 años (88,01 tC/ha) y por último bosques de 5-15 años (78,48 tC/ha). Se encontraron diferencias estadísticas ($\alpha=0,05$) en la biomasa de mantillo acumulada en bosques primarios respecto a bosques de 5-15 años. Las tendencias mostraron un aumento en la cantidad de biomasa acumulada en la capa de mantillo conforme aumenta el estadio sucesional. La biomasa de madera muerta no mostró diferencias estadísticas respecto a la edad del bosque ($\alpha=0,05$).

Castañeda *et al.* (2012) realizaron un pre-muestreo y con apoyo de un Sistema de Geoposicionamiento Global (GPS) se establecieron 15 sitios circulares de 500 m² con un radio de 12,61 m de manera sistemática, con espaciamiento de 100 m entre sitios, donde se midieron todos los árboles muertos a causa del incendio, tanto derribados como en pie a partir de 7 cm de DAP.

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El trabajo se realizó en la finca experimental “La Represa” propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (U.T.E.Q) que se encuentra localizada en el km 7,5 de la vía Quevedo-Babahoyo, en el recinto Fayta, de la parroquia San Carlos, del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. Esta finca cuenta con diferentes áreas dedicadas a investigación, producción y conservación de recursos naturales; permitiendo así que los estudiantes universitarios puedan realizar sus diferentes prácticas e investigaciones. Posee también diferentes zonas como; vivero forestal, banco de germoplasma, sistemas agroforestales, orquideario, área de producción de abonos orgánicos, laguna, área de cacao, banco de especie, plantación de teca, plantación de pachaco, cultivo de naranja, plantación de melina. El clima que prevalece en este sitio es seco-tropical (Tigrero, 2013). En la figura 3 se detalla el área donde fue realizado el proyecto de investigación en este caso la finca experimental la Represa que se encuentra ubicada en el recinto Fayta del cantón Quevedo.

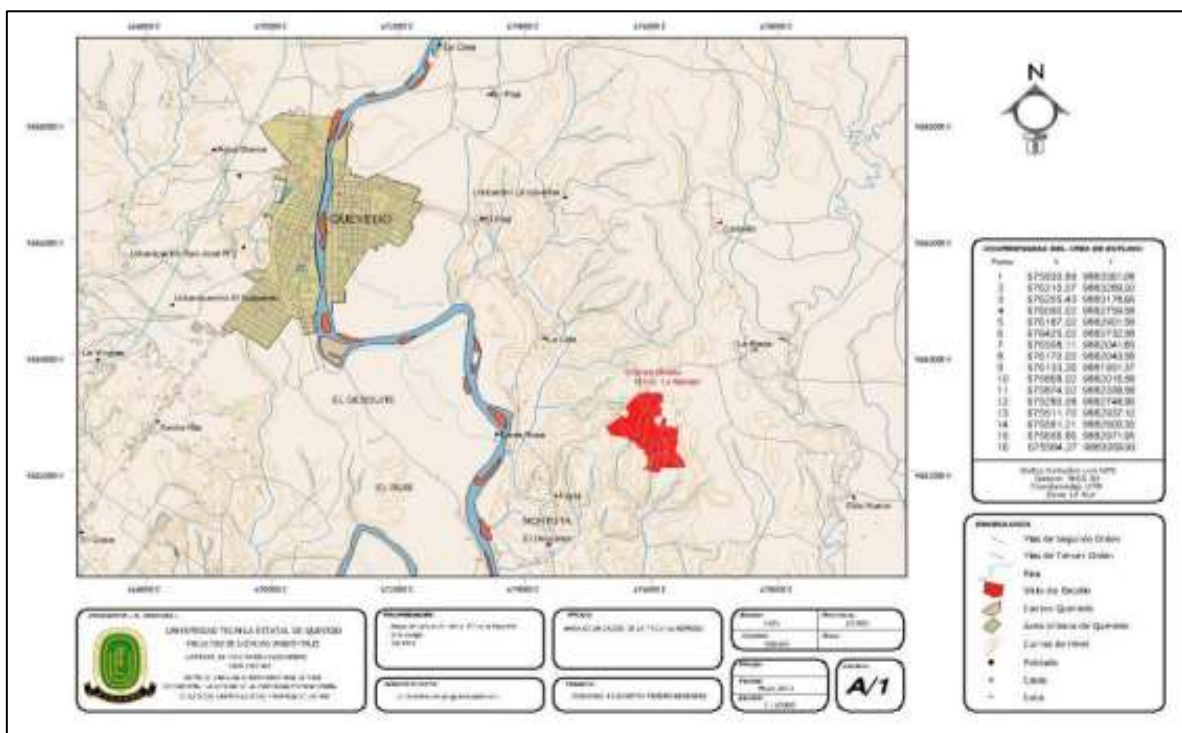


Figura 3. Ubicación y localización de la finca experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Fuente: (Tigrero, 2013).

Según Vera (2015) las condiciones edafoclimáticas que presenta el área de estudio son:

Tabla 2. Condiciones edafoclimáticas.

Condiciones edafoclimáticas	
Latitud	01° 05* S
Longitud	79° 27" W
Altitud	75 m.s.n.m.
Precipitación promedio	269,12 mm
Temperatura media anual	24,93 °C
Humedad relativa	85,5%
Heliofanía media anual	84,325 h/luz
Zona de vida	bh-T
Topografía	Irregular
Textura del suelo	Franco-arenoso a arcilloso

Fuente: (Vera, 2015).

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. No experimental

El presente proyecto de investigación fue de carácter no experimental, esto debido a que se realizó sin manipular deliberadamente variables. Esta se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para analizarlos con posterioridad.

3.2.2. Investigación descriptiva

Esta se caracteriza por analizar las características de una población o fenómeno sin entrar a conocer las relaciones entre ellas.

3.2.3. De campo

Para la recopilación de datos de campo se deben evidenciar las fuentes primarias para un propósito específico. Es un método de recolección de datos cualitativos encaminado a comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural.

3.3. Método de investigación

3.3.1. Método inductivo

Este método se puede definir como el proceso que permitió obtener datos de la realidad y estudiarlos tal y como se presentan, sin manipular las variables.

3.3.2. Método analítico

Consistió en la observación de las plantas en su ambiente natural (*in situ*), la misma que permitió definir la estructura, y estado de conservación de bosque remanente nativo.

3.4. Fuente de recopilación de información

3.4.1. Primaria

Información obtenida a través de la recopilación de resultados directa *in situs* .

3.4.2. Secundaria.

Información extraída de libros, revistas científicas, artículos científicos, tesis y boletines.

3.5. Diseño de la investigación

La investigación se realizó sin manipular las variables. Es decir, la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural y por ello el diseño de investigación transversal recolecta datos en un solo momento, en un tiempo único.

3.5.1. Fase de campo

3.5.1.1. Identificación de las especies forestales presentes en el sector tres

Un censo forestal consiste en la recolección sistemática de datos sobre los recursos forestales de una zona determinada. Permite la evaluación del estado actual y sienta las bases del análisis y la planificación, que constituyen el punto de partida de una gestión forestal sostenible. Para esta variable se utilizó un censo forestal total en todo el sector tres de la finca experimental La Represa, donde se procedió a la evaluación de diferentes parámetros con la finalidad de obtener mejores resultados.

Las variables evaluadas fueron las siguientes: diámetro a la altura del pecho (DAP; a 1,30 m desde el suelo) del fuste y altura del fuste de cada árbol. Datos como el área basal (m^2 /ha) $G: 0.7854 * DAP^2$ y volumen (m^3 /ha) $V: G * H * f$ podrán determinar la cantidad de carbono almacenado en el suelo.

3.5.1.2. Determinación del volumen maderero del sector tres

3.5.1.2.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para la evaluación de esta variable se utilizó una cinta métrica en la que se tomó medida del diámetro del árbol a la altura de 1,30 m.

3.5.1.2.2. Altura

Para la evaluación de la altura se utilizó una vara de 1 m de largo la cual fue ubicada al comienzo del fuste. Cabe mencionar que en esta variable se evaluó desde el inicio del fuste hasta la copa del árbol.

3.5.2. Fase post-campo

3.5.2.1. Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres

3.5.2.1.1. Cálculo de carbono

Para el cálculo del carbono, a partir de la cantidad de biomasa, se utilizó la fracción de carbono de 0,47, y para la biomasa aérea forestal fue:

Cantidad de carbono = cantidad de biomasa x 0,47.

3.5.2.1.2. Cálculo de la biomasa aérea

Para calcular la biomasa aérea de palmeras y árboles, se emplearon las ecuaciones alométricas recomendadas por Hughes *et al.* (2000).

Hughes *et al.* (2000) indica la siguiente fórmula para indicar la cantidad de biomasa aérea para árboles:

$$\text{Biomasa aérea} = 0,0673 \times (P \times \text{DAP}^2 \times \text{altura})^{0,976}$$

Dónde:

DAP = diámetro a la altura del pecho (cm).

P = densidad básica de las especies.

3.6. Instrumentos de investigación

Se recopiló información de los árboles, los cuales fueron marcados con spray, se midieron los diámetros utilizando una cinta diamétrica y con el hipsómetro se registró las alturas totales. Para la recolección de los datos en el proyecto de investigación se utilizó la tabla 3 que se indica a continuación:

Tabla 3. Ficha de recolección de datos.

#	Nombre común	DAP (cm)	HT (m)	Observaciones
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7				
---	--	--	--	--

3.7. Tratamientos de los datos

Para el análisis de datos se utilizaron datos estadísticos de medida central (media y mediana), variabilidad (percentil, desviación estándar y coeficiente de variabilidad) los cuales se utilizaron para describir el contenido del carbono y la biomasa aérea.

Para el tratamiento de los datos obtenidos en la investigación se utilizaron los siguientes programas:

- Microsoft Excel
- InfoStat

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Materiales de campo

- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Cintas adhesivas
- Cuaderno
- Cuerdas
- Etiquetas auto adhesivas
- Flexómetro
- Libreta de campo
- Machete
- Aerosol

3.8.2. Materiales de oficina

- Dispositivo de almacenamiento
- Hojas de papel bond

- Ordenador
- Internet
- Carpetas

3.8.3. Software

- Microsoft Word
- Programa estadístico InfoStat
- Microsoft Excel
- Mendeley

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Identificar las especies forestales existentes en el sector tres de la finca experimental “La Represa”

En el sector tres de la finca experimental “La Represa” se lograron identificar 2.398 individuos arbóreos pertenecientes a 16 especies, 16 géneros y 9 familias dentro de 19,91 ha, la especie mas representativa fue Teca con 1.779 individuos representando mas de la mitad de la población total (Tabla 4).

Tabla 4. Especies forestales en el sector tres.

N°	Nombre Científico	Nombre Común	Familia	# Árboles
1	<i>Tectona grandis</i> L.f	Teca	Lamiaceae	1.779
2	<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	Guayacán blanco	Bignoniaceae	77
3	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Melina	Lamiaceae	151
4	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. y C.A.Mey	Fernán Sánchez	Polygonaceae	39
5	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Tachuelo	Rutaceae	28
6	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb	Balsa	Malvaceae	53
7	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	Pachaco	Fabaceae	148
8	<i>Pouroma benoist</i>	Uva de monte	Urticaceae	10
9	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Bombón	Fabaceae	1
10	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	Boraginaceae	1
11	<i>Cecropia sciadophylla</i>	Guarumo	Urticaceae	27
12	<i>Inga spp</i>	Inga	Fabaceae	29
13	<i>Inga edulis</i>	Guaba	Fabaceae	17
14	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr	Samán	Fabaceae	9
15	<i>Castilla elastica</i>	Cuacho	Moraceae	5
16	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Sapan de palomo	Cannabaceae	24
SUMA				2.398

4.1.2. Determinar el volumen de madera del sector tres de la finca experimental “La Represa”

En el sector tres de la finca experimental “La Represa” de 2.398 individuos se pudo contabilizar un volumen de 1234,66 m³. De las 16 especies arbóreas las que tuvieron mayor cantidad de metros cúbicos fueron Teca con 635,67 m³ y Pachaco con 380,89 m³ (Tabla 5 y Figura 4).

Tabla 5. Volumen de madera en el sector tres

N°	Nombre Vulgar o Común	N° de Individuos	Volumen (m ³)
1	Teca	1779	635,67
2	Melina	151	61,61
3	Balsa	53	7,1
4	Guayacán blanco	77	44,14
5	Pachaco	148	380,89
6	Fernán Sánchez	39	44,04
7	Uva de monte	10	0,96
8	Samán	9	2,42
9	Sapan de palomo	24	11,72
10	Cuacho	5	1,47
11	Guaba	17	5,15
12	Inga	29	8,98
13	Guarumo	27	9,42
14	Tachuelo	28	19,55
15	Laurel	1	0,98
16	Bombán	1	0,56
SUMA		2398	1234,66
PROMEDIO			77,17

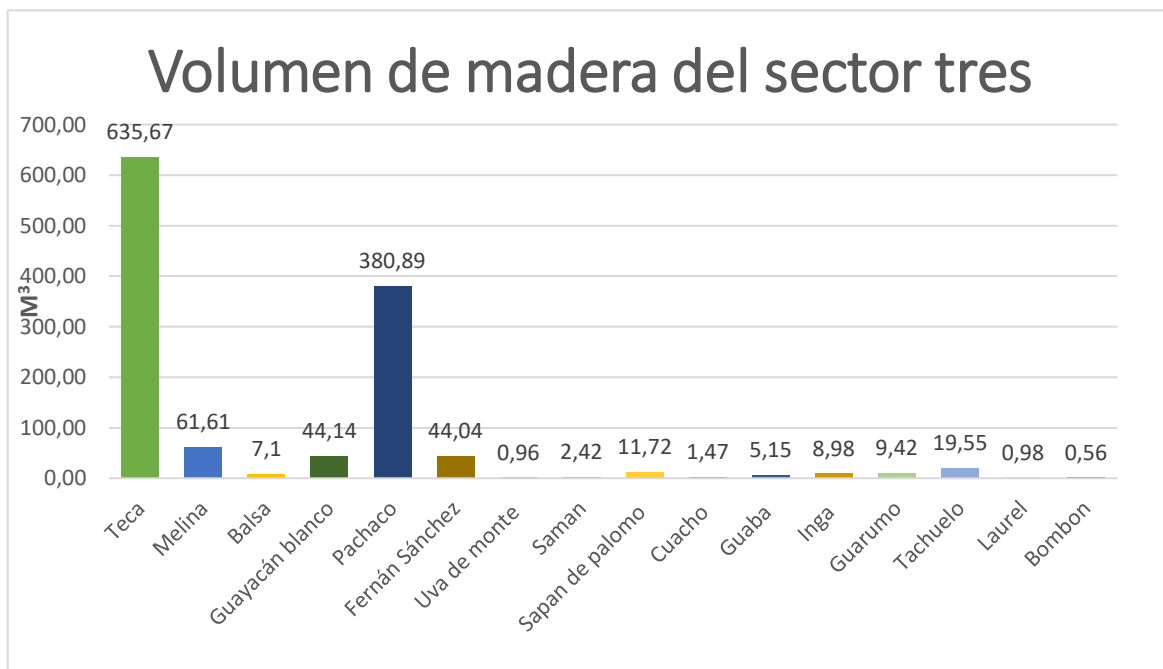


Figura 4. Volumen de madera sector tres (m³).

4.1.3. Estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres de la finca experimental “La Represa”

De 19,91 ha ubicadas en el sector tres de la finca experimental “La Represa” se pudo cuantificar un contenido de carbono de 13,59 Tn/haC y 270,58 Tn/totalesC almacenados en 19,91 Tn/haB y 541,17 Tn/totalesB. Las especies que tuvieron mayor contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea fueron Pachaco con 48,65 Tn/C, Laurel con 38,29 Tn/C y Fernán Sánchez con 30,54 Tn/C (Tabla 6 y Figura 5).

Tabla 6. Carbono almacenado en biomasa aérea en el sector tres

N°	Nombre Común	PDAP (m)	PHT (m)	Bta	CC
1	Teca	0,19	14,42	22,95	11,47
2	Melina	0,2	14,61	26,21	13,1
3	Balsa	0,14	12,94	10,66	5,33
4	Guayacán blanco	0,2	15,43	27,52	13,76
5	Pachaco	0,34	19,74	97,3	48,65
6	Fernán Sánchez	0,28	17,79	61,08	30,54
7	Uva de monte	0,13	9,1	6,38	3,19
8	Samán	0,18	13,56	18,31	9,15

N°	Nombre Común	PDAP (m)	PHT (m)	Bta	CC
9	Sapan de palomo	0,23	13,33	29,04	14,52
10	Cuacho	0,2	13,2	22,31	11,16
11	Guaba	0,21	10,18	18,8	9,4
12	Inga	0,18	13,48	18,33	9,17
13	Guarumo	0,19	15,48	24,52	12,26
14	Tachuelo	0,24	15	37,4	18,7
15	Laurel	0,32	18	76,58	38,29
16	Bombón	0,26	15	43,78	21,89
Total				541,17	270,58

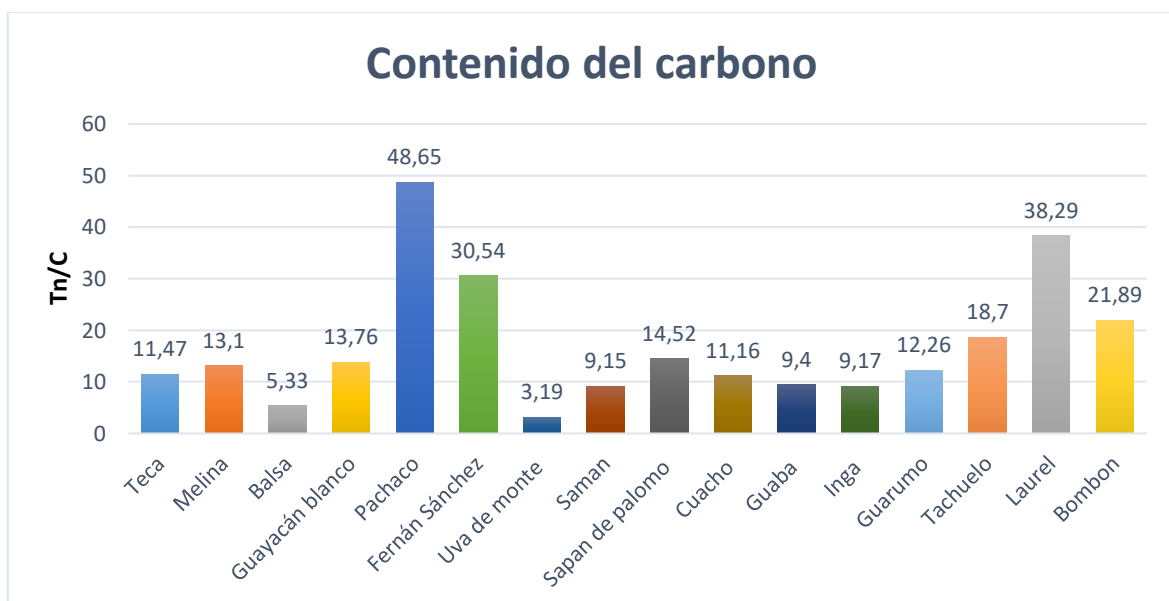


Figura 5. Contenido de carbono sector tres.

4.2. Discusión

4.2.1. Especies forestales existentes en el sector tres de la finca experimental “La Represa”

La finca experimental “La Represa” al estar ubicada en el cantón Quevedo provincia de Los Ríos posee un alto valor de biodiversidad, presentando especies forestales de importancia económica, cultural y ambiental. El motivo de este proyecto investigativo ha sido el de poder identificar las especies arbóreas encontradas en el sector tres de este importante sitio

dedicado a la investigación de especies de gran valor y poder calcular el volumen cubico de dichas especies para poder cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea.

En 19,91 ha se lograron identificar 2.398 individuos arbóreos encontrados en 9 familias, 16 generos y 16 especies, procedentes del sector tres de la finca experimental “La Represa”, caracterisandose como las especies mas representativas Teca con 1.779 individuos respresentando mas de la mitad de la población total. Valores superiores a los expuestos por Guerra (2016) en su proyecto en el canton jipijapa pudo identificar mediante el uso de 14 unidades de muestro, 247 individuos almacenados en 19 familias, 28 géneros, 32 especies. Las familias que registraron el mayor número de especies fueron la Mimosaceae con 5 especies y Fabaceae con 3 especies respectivamente, siendo las especies de mayor relevancia *Citrus sinensis* con el 13,36% de la población total, *Inga spectabilis* con el 11,74% de la población total y *Mangifera indica* con el 11,74% de la población analizada. Las diferencias numéricas pueden atribuirse a la diferencia metodológicas como lo son el censo y las unidades de muestro aplicadas a las distintas investigaciones.

4.2.2. Volumen de madera del sector tres de la finca experimental “La Represa”

Suatunce *et al.* (2009) en su estudio sobre el crecimiento de especies arbóreas tropicales pertenecientes a la Universidad Tecnica Estatal de Quevedo, ubicada en la finca experimental “La Represa” analizo 40 especies arbóreas en cuatro diferente fases por 10 unidades cada una. Presenta una alta similitud de especies forestales entre las que destacan Tachuelo, Melina, Fernan Sanchez, Balsa, Inga y Laurel. Características encontradas también en el trabajo realizado por Muñoz (2016) en la finca Murocomba, en el canton Valencia provincia de Los Rios, mediante parcelas de monitormiamiento permanente, obtuvo 180 individuos divididos en 29 especies forestales; presentando similitud de especies encontradas, estas similitud de especies es atribuible a la cercanía de las zonas estudios.

En el sector tres de la finca experimental “La Represa” se pudo estimar un volumen de 1.234,66 m³ en 2.398 individuos procedentes de 9 familias, 9 generos y 16 especies arbóreas, siendo las que tuvieron mayor cantidad de metros cúbicos Teca con 635,67 m³ y Pachaco con 380,89 m³. Valores superiores a los obtenido por los que Suatunce *et al.* (2009) reporto

en su estudio realizado en la finca experimental “La Represa” mediante el empleo de parcelas en 40 especies arbóreas, donde cuantifico un volumen de 138,40 m³ en 225 m². La diferencia en volumen se puede atribuir a la diferencia de arboles estudiados, a pesar de que en el presente estudio se censaron una gran cantidad de arboles muchos de estos era de edades inferiores, mientras que en el estudio realizado por Suatunce los arboles aunque en cantidades menores tienen rangos de edad superiores a los 20 años.

4.2.3. Carbono almacenado en la biomasa aérea del sector tres de la finca experimental “La Represa”

En el sector tres de la finca experimental “La Represa” se pudo cuantificar un contenido de carbono de 13,59 Tn/haC y 270, 58 Tn/totalesC almacenados en 19,91 Tn/haB y 541,17 Tn/totalesB, proveniente de 19,91 ha. Concha *et al.* (2007) en su estudio evaluó la biomasa aérea en diferentes sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.); con el propósito de conocer el potencial de captura de carbono por cada sistema, con diferentes edades de 5, 12 y 20 años. Los resultados en captura de carbono en cada sistema agroforestal varían desde 26.2 t C/ha para el sistema de 5 años hasta 45.07 t C/ha del sistema de 12 años. Los sistemas agroforestales de 12 y 20 años representan el 66.7% de los sistemas que presentan reservas de carbono por encima de los 40 t C/ha; mientras que los sistemas de 5 años se encuentran con reservas de carbono por debajo de los 30 t C/ha. Concha presenta valores superiores en carbono almacenado debido a la variedad de especies que presentan los sistemas agroforestales, siendo un impulso a la captura de carbono a comparación de las planraciones de monocultivos.

Lapeyre *et al.* (2004) determinó la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra, con la finalidad de conocer el potencial de captura de carbono. Los sistemas de uso de la tierra evaluados fueron: Bosque primario, Bosque secundario de diferentes edades, sistemas agrícolas y sistemas agroforestales. El carbono total en el bosque primario fue de 485 tm C ha⁻¹, superando ampliamente las reservas del bosque secundario de 50 años (234 tm C ha⁻¹) y de bosque descremado de 20 años (62 tm C ha⁻¹). Los sistemas agroforestales secuestraron entre 19 a 47 tm C ha⁻¹, dependiendo de la cantidad de especies forestales, tipo de cultivo, edad y tipo de suelo y recuperan el potencial de captura en forma productiva. Los sistemas agrícolas capturaron poco C (5 tm C ha⁻¹), además generan fugas de gases efecto

invernadero (GEI) cuando se usan agroquímicos y quema de rastrojos, entre otros. En el presente trabajo con un rango de 13,59 Tn/haC menores a los atribuibles a los sistemas agroforestales pero mayores a los sistemas agrícolas, se puede explicar debido que a pesar de que los arboles plantados almacenan mayor carbono que los sistemas agrícolas, siguen siendo un monocultivo que no presenta la interacción presente en los sistemas agroforestales.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En el sector tres de la finca experimental “La Represa” dentro de 19,91 ha se contabilizaron 2.398 individuos pertenecientes a 16 familias, 16 géneros y 9 familias ubicadas en 19,91 ha. Siendo la especie mas representativa Teca con 1.779 individuos arbóreos.
- En el sector tres de la finca experimental “La Represa” dentro de 19,91 ha se determinó el volumen de madera procedente de 2.398 individuos, obteniéndose un total de 1.234,66 m³, las especies que presentaron mayor cantidad volumétrica fueron Teca con 635,67 m³ y Pachaco con 380,89 m³.
- La biomasa aérea procedente de la finca experimental “La Represa” fue de 19,91 Tn/haB y 541,17 Tn/totalesB (19,91 ha), mismas que almacenan un contenido de carbono de 13,59 Tn/haC y 270, 58 Tn/totalesC (19,91 ha). Las especies con mayor reencion de carbono fueron Pachaco con 48,65 Tn/C, Laurel con 38,29 Tn/C y Fernán Sánchez con 30,54 Tn/C.

5.2. Recomendaciones

- Analizar la biomasa total de la finca experimental “La Represa” para poder cuantificar el carbono almacenado en el sector.
- Realizar un estudio con las diferencias en la captura de carbono según las distintas especies.
- Realizar estudios del carbono almacenado en la biomasa mediante el método destructivo.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Aguilar, H. (2011). *Biomasa sobre el suelo y carbono orgánico en el suelo en cuatro estadios de sucesión de bosques en la Península de Osa, Costa Rica* [Tesis]. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Barrantes, G., Chaves, H., y Vinueza, M. (2001). El Bosque en el Ecuador-Una visión transformada para el desarrollo y la conservación. In *Quito, Ecuador*. Comafors.
- Benjamín, J., y Masera, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3–12.
- Castañeda, J., Gallegos, A., Sánchez, M., y Domínguez, P. (2012). Biomasa aérea y posibles emisiones de CO₂ después de un incendio; caso del bosque "La Primavera", Jalisco, México. *Ra Ximhai*, 8(3), 1–15.
- Chávez, M. (2020). *Diversidad florística y estructura del bosque secundario en la hacienda PB54 Plantabal S. A., cantón La Maná, provincia de Cotopaxi*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Concha, J., Alegre, J., y Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6(1), 75–82.
- Delgado, L., y Pérez, R. (2002). La madera muerta de los ecosistemas forestales. *Foresta Veracruzana*, 4(2), 59–66.
- Estrella, L. (2016). *Diversidad florística, concentración de biomasa aérea y carbono (C) en un bosque siempre verde tierras bajas de 300 a 400 msnm., en la amazonia ecuatoriana*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- FAO. (2017). *¿Qué es el Secuestro de Carbono?* Portal de Suelos de La FAO.
- Guerra, F. (2016). *Aprovechamiento forestal y su efecto en la estructura y diversidad de un bosque en transición del cantón Jipijapa. Año 2015. Plan de conservación de especies*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Hughes, R., Kauffman, J., y Jaramillo, V. (2000). Ecosystem-scale impacts of deforestation and land use in a humid tropical region of Mexico. *Ecological Applications*, 10(2), 515–527.

- Imaña, J., Antunes, O., y Riesco, G. (2019). Selección de una ecuación volumétrica para *Eucalyptus urophylla* ST Blake en la región central del estado de Goiás, Brasil. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 16(39), 2–9.
- Lapeyre, T., Alegre, J., y Arévalo, L. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1,2), 35–44. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v3n1-2/a06v3n1-2.pdf>
- Marín, M., Andrade, H., y Sandoval, A. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 351–360.
- Muñoz, J. (2016). Estudio de la biodiversidad vegetal y topográfica: Caso de estudio, finca Murocomba, Valencia, Ecuador. *Revista Interamericana de Ambiente y Turismo - RIAT*, 12(2), 150–160. <https://doi.org/10.4067/riat.v12i2.353>
- Pachauri, R., Allen, M., Barros, V., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., Church, J. A., Clarke, L., Dahe, Q., y Dasgupta, P. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Paipa, N., y Triana, M. (2018). Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea de un bosque húmedo tropical en Paimadó, Chocó. *Ingenierías USBMed*, 9(1), 18–29.
- Rainforest Alliance. (2017). *Guía para el Educador, Actividad 2: El Ciclo del Carbono*.
- Redagráfica. (2018). *El secuestro de carbono en los suelos*. Redagráfica.
- Rivas, P., Dávalos, P., Álvarez, O., y Itzelcoaut, M. (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010 informe Nacional México*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Sanz, Í. (2013). La captura y almacenamiento de carbono: una novedosa técnica de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero regulada por la Unión Europea. *Derecho PUCP*, 70, 165–186.
- Sarango, F., y Tenempaguay, W. (2020). *Estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea, necromasa (hojarasca) y en el suelo en un bosque de pino en la comuna*

Paquizhapa (provincia de Loja) [Tesis]. Universidad Politécnica Salesiana.

Serrato, R., Adame, S., López, J., y Flores, D. (2014). Carbono orgánico de la hojarasca en los bosques de la reserva de la Biósfera Mariposa Monarca, caso santuario sierra Chincua, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(1), 29–45.

Soriano, M., y Pons, V. (2001). Prácticas de edafología y climatología. In *Ediciones Universidad Politécnica de Valencia*. Ediciones Universidad Politécnica de Valencia.

Suatunce, P., Díaz, T., y García, L. (2009). Crecimiento De Especies Arbóreas Tropicales En La Colección De La Universidad Técnica Estatal De Quevedo. *Ciencia y Tecnología*, 2(2), 21–27. <https://doi.org/10.18779/cyt.v2i2.82>

Tigrero, J. (2013). *Diseño de una guía de aviturismo para la Finca Experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, cantón Quevedo, provincia Los Ríos*. [Tesis]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Vera, T. (2015). *Implementación de un colibritario en la finca experimental “La Represa” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, cantón Quevedo, provincia Los Ríos*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1. Toma de diámetro en las especies forestales.



Anexo 2. Toma de altura en las especies forestales.



Anexo 3. Realizando el censo forestal .

