



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 Investigación:

“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”.

Autora:

Villanueva Moran Ivanna Anabella

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, **Ivanna Anabella Villanueva Moran**, 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.

Ivanna Anabella Villanueva Moran

AUTOR

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Walter García Cox** , Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el egresado **Ivanna Anabella Villanueva Moran**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado, **“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”**, 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, **Ing. 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 cuatro de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo**”, de autoría del estudiante **VILLANUEVA MORAN IVANNA ANABELLA** 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 2%.



Document Information

Analyzed document	PROYECTO DE INVESTIGACION IVANNA PARA URKUND.docx (D115975244)
Submitted	2021-10-21 19:15:00
Submitted by	Walter Garcia
Submitter email	wgarciac@uteq.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	wgarciac.uteq@analysis.urkund.com

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Garcia Cox", with a stylized flourish.

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 cuatro 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:

Ivanna Anabella Villanueva Morán

Aprobado por:

Fidel Troya Zambrano, PhD.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Fabricio Meza Bone, PhD.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Pedro Suatunce Cunuhay

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Al creador de todas las cosas por haberme dado la vida, fortaleza, bendiciones y permitirme llegar hasta esta altura de mi formación profesional.

A mi familia especialmente a mis padres Jofre Villanueva y Sandra Moran por ser el pilar fundamental que son fuente de inspiración, respeto y admiración, quienes me demostraron su amor y apoyo incondicional.

A la memoria de mi abuelita Dolores Carriel que no le alcanzo la vida para ver como construía mi vida profesional, por ser el pilar fundamental de la familia Moran, fruto de nobles virtudes, enseñanzas y valores que los mantendré conmigo el resto de mi vida.

Ivanna Villanueva Moran

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, por guiarme en el camino y fortalecerme espiritualmente para empezar un camino lleno de éxito.

- Muestro mis más sinceros agradecimientos a mis profesores quienes compartieron sus enseñanzas para una mejor formación académica a mi tutor de proyecto Ing. Walter García Cox, quien con su conocimiento y su guía fue una pieza clave para que pudiera desarrollar una clave de hechos que fueron imprescindibles para cada etapa de desarrollo del trabajo.
- A mis compañeros Sebastián Triviño, Michael Arias, Jordán Barreiro, Brayan Arroba, Lady Defaz, Dany Calero, Byron Tobar, Bagner Flores, Dayanara Morales, María Enríquez, Aracely Sánchez y demás compañeros quienes a través del tiempo fuimos fortaleciendo una amistad y creando una familia, muchas gracias por toda su colaboración, por convivir todo este tiempo conmigo, por compartir experiencias, alegrías, frustraciones, llantos, tristezas, peleas, celebraciones y múltiples factores que ayudaron a que hoy seamos como una familia, por aportarme confianza y por crecer juntos en este proyecto, muchas gracias.
- Por último, quiero agradecer a la base de todo, a mi familia, en especial a mis padres, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y mi constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

¡Muchas gracias por todo!

RESUMEN

El dióxido de carbono (CO_2) es uno de los gases de efecto invernadero que más contribuye al calentamiento global, este gas se encuentra constantemente en aumento, la necesidad actual de conservar los bosques para reducir la tasa de aumento de CO_2 en la atmósfera requiere de mediciones y monitoreo, siendo el punto de partida la estimación de biomasa en el ecosistema. El objetivo de esta investigación fue estimar el contenido volumétrico y del carbono en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La finca experimental La Represa se localiza en la parroquia San Carlos, Quevedo, provincia de Los Ríos. Se realizó un censo forestal en 21,27 ha que abarca el sector cuatro. En la investigación se realizó el cálculo de carbono almacenado en la biomasa mediante la norma establecida por la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), multiplicándose por el factor de 0,5. En el censo forestal se se identificaron 13 familias, 18 géneros, 18 especies y 2.834 individuos; la teca fue la especie más representativa con 1.011 individuos y guayacán blanco con 797 individuos. Se obtuvo un volumen total de 2.752,39 m^3 , guayacán blanco presentó el mayor volumen 1.187,37 m^3 seguido de la teca con 870,64 m^3 . La biomasa aérea total fue de 1.027,18 Tn con un contenido de carbono de 513,61 Tn, las especies que presentaron mayor almacenamiento de carbono fueron pachaco con 74,75 Tn/totales y uva con 52,68 Tn/totales.

Palabras claves: censo forestal, volumen, carbono, biomasa aérea.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) is one of the greenhouse gases that contributes the most to global warming, this gas is constantly increasing, the current need to conserve forests to reduce the rate of increase of CO₂ in the atmosphere requires measurements and monitoring, the starting point being the estimation of biomass in the ecosystem. The objective of this research was to estimate the volumetric and carbon content in the aerial biomass of sector four of the experimental farm La Represa, owned by the State Technical University of Quevedo. The experimental farm La Represa is located in the San Carlos parish, Quevedo, Los Ríos province. A forest census was carried out in 21,27 ha covering sector four. In the research, the calculation of carbon stored in biomass was carried out using the standard established by the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), multiplying by the factor of 0,5. In the forest census, 13 families, 18 genera, 18 species and 2.834 individuals were identified; teak was the most representative species with 1.011 individuals and white guayacán with 797 individuals. A total volume of 2.752,39 m³ was obtained, white guayacán presented the highest volume 1.187,37 m³ followed by teak with 870,64 m³. The total aerial biomass was 1.027,18 Tn with a carbon content of 513,61 Tn, the species that presented the highest carbon storage were pachaco with 74,75 Tn / total and grape with 52,68 Tn / total.

Keywords: forest census, volume, carbon, aerial biomass.

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.....	4
1.1.1.	Diagnóstico.....	4
1.1.2.	Pronóstico	4
1.1.3.	Formulación del problema.....	4
1.1.4.	Sistematización del problema.....	4
1.2.	Objetivos	5
1.2.1.	General	5
1.2.2.	Específicos.....	5
1.3.	Justificación.....	6

CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.	Marco conceptual	8
------	------------------------	---

2.1.1.	Cambio climático	8
2.1.2.	Efecto invernadero	8
2.1.3.	Gases de efecto invernadero.....	8
2.1.4.	Sumidero	9
2.1.5.	Ciclo del carbono.....	10
2.1.6.	Fijación de carbono	10
2.1.7.	Biomasa	11
2.1.8.	Biomasa aérea.....	11
2.1.9.	Diversidad florística	11
2.1.10.	Composición florística	12
2.1.11.	Altura (h)	12
2.1.12.	Diámetro.....	12
2.1.13.	Área basal.....	12
2.2.	Marco referencial	13
2.2.1.	El carbono en el Ecuador.....	13
2.2.2.	Plantaciones forestales sumideros de carbono	13
2.2.3.	Almacenamiento de carbono	14
2.2.4.	Estimación de la captura de carbono en plantaciones forestales.....	14
2.2.5.	Valorización económica de la fijación de carbono	15
2.2.6.	Especies forestales de mayor importancia en la zona 4 de la Finca Experimental “La Represa”.....	15
2.2.6.1.	Melina (<i>Gmelina arborea</i>).....	15
2.2.6.2.	Teca (<i>Tectona grandis</i> L.f).....	17
2.2.6.3.	Guayacan (<i>Tabebuia chrysantha</i>).....	18
2.2.6.4.	Balsa (<i>Ochroma pyramidale</i>)	19
2.2.6.5.	Laurel (<i>Cordia alliodora</i>).....	21

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización de la zona de estudio.....	24
3.2.	Tipo de investigación	25
3.3.	Métodos de investigación.....	25
3.3.1.	Método Deductivo.....	25
3.3.2.	Método inductivo	26

3.3.3.	Método analítico.....	26
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	26
3.4.1.	Fuentes primarias	26
3.4.2.	Fuentes secundarias.....	26
3.5.	Diseño de la investigación.....	26
3.5.1.	Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa	27
3.5.2.	Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa	27
3.5.3.	Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa	28
3.5.4.	Variables a evaluar	28
3.6.	Instrumentos de investigación	28
3.7.	Tratamiento de los datos.....	29
3.8.	Recursos humanos y materiales	29
3.8.1.	De campo.....	29
3.8.2.	Materiales de oficina	30
3.8.3.	Software.....	30

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados	32
4.1.1.	Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa	32
4.1.2.	Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa	33
4.1.3.	Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa	35
4.2.	Discusión.....	37
4.2.1.	Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa	37
4.2.2.	Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa	37

4.2.3.	Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa	38
--------	--	----

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	41
5.2.	Recomendaciones	42

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía.....	44
------	-------------------	----

CAPÍTULO VII. ANEXOS

7.1.	Anexos.....	51
------	-------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climatológicas y edafológicas del cantón Quevedo.	25
Tabla 2. Ficha de recolección de datos.	29
Tabla 3. Diversidad florística en el sector cuatro de la finca experimental "La Represa".	32
Tabla 4. Volumen de madera del sector cuatro.	33
Tabla 5. Contenido de carbono en la biomasa aérea del sector cuatro.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo del carbono	10
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.....	24
Figura 3. Diversidad florística del sector cuatro.	33
Figura 4. Volumen de madera del sector cuatro.....	35
Figura 5. Contenido del carbono en el sector cuatro.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos tomados en campo en la finca experimental “La Represa”	51
Anexo 2. Medición de diámetros de las especies maderables.....	55
Anexo 3. Toma de alturas de las especies maderables.....	55
Anexo 4. Anotación de los datos obtenidos.	56

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	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.
Autor:	Ivanna Anabella Villanueva Moran
Palabras clave:	censo forestal, volumen, carbono, biomasa aérea.
Fecha de publicación:	
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), 2021.
Resumen: (hasta 300 palabras)	El dióxido de carbono (CO ₂) es uno de los gases de efecto invernadero que más contribuye al calentamiento global, este gas se encuentra constantemente en aumento, la necesidad actual de conservar los bosques para reducir la tasa de aumento de CO ₂ en la atmósfera requiere de mediciones y monitoreo, siendo el punto de partida la estimación de biomasa en el ecosistema. El objetivo de esta investigación fue estimar el contenido volumétrico y del carbono en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. La finca experimental La Represa se localiza en la parroquia San Carlos, Quevedo, provincia de Los Ríos. Se realizó un censo forestal en 21,27 ha que abarca el sector cuatro. En la investigación se realizó el cálculo de carbono almacenado en la biomasa mediante la norma establecida por la IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), multiplicándose por el factor de 0,5. En el censo forestal se se identificaron 13 familias, 18 géneros, 18 especies y 2.834 individuos; la teca fue la especie más representativa con 1.011 individuos y guayacán blanco con 797 individuos. Se obtuvo un volumen total de 2.752,39 m ³ , guayacán blanco presentó el mayor volumen 1.187,37 m ³ seguido de la teca con 870,64 m ³ . La biomasa aérea total fue de 1.027,18 Tn con un contenido de carbono de 513,61 Tn, las especies que presentaron mayor almacenamiento de carbono fueron pachaco con 74,75 Tn/totales y uva con 52,68 Tn/totales.
Descripción:	71 hojas A4: dimensiones, 29 x 21 cm
URI:	

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el cambio climático es uno de los problemas ambientales más graves al que se enfrenta la humanidad, el calentamiento global se ha convertido en una amenaza a todos los ecosistemas mundiales, comprometiendo su desarrollo sostenible (Echeverría *et al.*, 2018). El Informe del Grupo Intergubernamental de expertos científicos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicado en el 2007 determina que para asegurar la estabilidad climática es necesario disminuir las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera; es por esta razón que la biomasa representa un gran aporte para la disminución del cambio climático en el planeta; ya que captura el dióxido de carbono y lo fija el carbono al suelo, siendo una de las características de importancia de la biomasa.

El dióxido de carbono es uno de los gases de efecto invernadero que más contribuye al calentamiento global; la tasa de incremento de este gas por año es de una p.p.m (parte por millón (Ospina *et al.*, 2013). Ante la preocupación por el constante aumento de este gas, se han implementado diferentes estrategias para capturar el carbono (reforestación, restauración, crecimiento de bosques) y reducir la concentración de este en la atmósfera (actualmente su concentración es de 400 partes por millón). La necesidad actual de conservar los bosques para reducir la tasa de aumento de CO₂ en la atmósfera requiere de mediciones y monitoreo, siendo el punto de partida la estimación de biomasa dentro de un sistema forestal.

La estimación adecuada de la biomasa de un bosque es un elemento de gran importancia, ya que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos presentes en cada uno de los componentes (Schlegel *et al.*, 2001), y representa la cantidad potencial de carbono que puede ser liberado a la atmósfera, o conservado y fijado en una determinada superficie, cuando los bosques son manejados para alcanzar los compromisos de mitigación de gases de efecto invernadero.

El carbono se puede estimar a través de la biomasa, por eso los modelos de biomasa han aumentado en los últimos años, y posiblemente sean más los desarrollados para árboles individuales que para bosque (Fonseca *et al.*, 2009). Para estimar la biomasa se utilizan varios tipos de modelos de regresión y combinación de variables, siendo el DAP (diámetro

de la altura al pecho) la variable que mejor se correlaciona y predice la biomasa. Además, el DAP es una variable de fácil medición y que se registra en la mayoría de los inventarios forestales.

La finca experimental “La Represa” ubicada en la parroquia San Carlos del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, cuenta con diferentes áreas dedicadas a investigación, producción y conservación de recursos naturales. Esta finca pertenece a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cuenta con 92 ha repartidas en 4 sectores, permitiendo así que los estudiantes universitarios puedan realizar sus diferentes prácticas e investigaciones.

Debido a la falta de información referente al carbono contenido en la biomasa aérea correspondiente al sector 4 de la finca previamente mencionada, en el presente proyecto de investigación busca realizar una estimación volumétrica de la biomasa aérea de la cobertura forestal de dicho sector, mismo parámetro que se encuentra estrechamente relacionado con la estimación del carbono contenido en la biomasa aérea de la cobertura forestal.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Diagnóstico

No existe información actual del contenido volumétrico del carbono contenido en la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector cuatro de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

1.1.2. Pronóstico

Se pronostica que la estimación volumétrica del carbono contenido en la biomasa aérea en el sector cuatro de la finca de la finca experimental La Represa es relativamente alta.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la estimación volumétrica del carbono contenido en la biomasa aérea en el sector cuatro de la finca experimental La Represa?

1.1.4. Sistematización del problema

- ¿Cuál es la estimación volumétrica de la cobertura forestal del sector cuatro de la finca experimental La Represa?
- ¿Cuánta biomasa aérea está presente en el sector cuatro de la finca experimental La Represa?
- ¿Cuál es la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector cuatro de la finca experimental La Represa?

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Estimar el contenido volumétrico y del carbono en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa, propiedad de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

1.2.2. Específicos

- Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa.
- Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa.
- Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa.

1.3. Justificación

En el Ecuador se han realizado pocas investigaciones acerca de la cuantificación del contenido volumétrico y su relación con el contenido de carbono en la biomasa aérea, y el correspondiente almacenamiento de carbono, especialmente en plantaciones forestales, donde se incrementan los niveles de captura de carbono al ser un terreno completamente destinado al cultivo de árboles, ya que estos fijan y almacena el carbono ambiental. Sin embargo, se han realizado otros estudios que evalúan las reservas de carbono en sitios cercanos a la ciudad de Quevedo, por ello esta investigación contribuirá al conocimiento sobre la estimación de carbono almacenado en la biomasa aérea del sector 4 de la finca experimental La Represa, la cual se encuentra ubicada en el cantón Quevedo. Los beneficiarios del presente proyecto son los investigadores, quienes podrán acceder a los resultados obtenidos y que deseen desarrollar investigaciones relacionadas con el contenido de carbono en la biomasa aérea en correlación con el diámetro de los árboles en un área de gran importancia como lo son las plantaciones de la zona de Quevedo.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cambio climático

El cambio climático es cualquier cambio en el clima en el transcurso del tiempo ya sea por razón de su variabilidad natural o como resultado de actividades humanas. Una de las causas principales del cambio global del clima, es el incremento de las concentraciones del carbono atmosférico. Los ecosistemas forestales juegan un rol fundamental; posteriormente, actuando como reservorios de carbono (al fijar carbono a través de la fotosíntesis), y no ópticamente, como fuentes de carbono (a través de la deforestación, descomposición y respiración del suelo). El impacto humano sobre los suelos y los bosques es un factor clave, la plantación de árboles remueve el CO₂ atmosférico a medida que la vegetación crece, en un proceso llamado fijación de carbono (Rosas, 2011).

2.1.2. Efecto invernadero

Según Arias (2011) se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de una atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con la mayoría de la comunidad científica, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debido a la actividad económica humana. Este fenómeno evita que la energía solar recibida constantemente por la Tierra vuelva inmediatamente al espacio, produciendo a escala planetaria un efecto similar al observado en un invernadero.

2.1.3. Gases de efecto invernadero

Morales y Vasquez (2019) indican que los gases de efecto invernadero son aquellos que absorben y emiten las radiaciones infrarrojas o de onda larga en la atmósfera siendo el llamado efecto invernadero. De la luz del sol que cae sobre la superficie de la tierra aproximadamente el 40% se vuelve a irradiar hacia la atmósfera en forma de radiaciones de onda larga y el 75% de esta energía de onda larga es absorbida por los gases de efecto

invernadero. Los denominados gases de efecto invernadero o gases invernadero, responsables del efecto descrito, son:

- Vapor de agua (H_2O)
- Dióxido de carbono (CO_2)
- Metano (CH_4)
- Halocarbonos
- Óxidos de nitrógeno (N_xO_y)
- Ozono (O_3)
- Clorofluorocarbonos (CFCl_3)

Si bien todos ellos (salvo los Clorofluorocarbonos) son naturales, en tanto que ya existían en la atmósfera antes de la aparición del hombre, desde la Revolución industrial y debido principalmente al uso intensivo de los combustibles fósiles en las actividades industriales y el transporte, se han producido sensibles incrementos en las cantidades de óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono emitidas a la atmósfera, con el agravante de que otras actividades humanas, como la deforestación, han limitado la capacidad regenerativa de la atmósfera para poder eliminar el dióxido de carbono, principal responsable del efecto invernadero (Arias, 2011).

2.1.4. Sumidero

El concepto de sumidero, en relación con el cambio climático, fue adoptado en la Convención Marco de Cambio Climático de 1992. Un sumidero de gases de efecto invernadero, según la Convención, es cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera uno de estos gases o uno de sus precursores, o bien un aerosol y que lo almacena. En el ámbito del Protocolo de Kioto, la definición se limita a determinadas actividades de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura (creación de nuevos bosques, gestión forestal y gestión de tierras agrícolas, entre otras) que se traducen en una captura del CO_2 presente en la atmósfera y su almacenamiento posterior en forma de materia vegetal. La captura del dióxido de carbono contribuye (CO_2) a reducir la concentración de los Gases de Efecto Invernadero dentro de la atmósfera, y por lo tanto, a mitigar el cambio climático (Arias, 2011).

2.1.5. Ciclo del carbono

El carbono es la unidad principal de la vida en el planeta, cumpliendo un ciclo esencial para el desarrollo de todos los organismos. Este elemento se acumula en depósitos como los océanos que almacenan la mayor cantidad (38000 Gt), seguido por el suelo (15 000 Gt), la atmósfera (750 Gt) y las plantas (560 Gt), y circula activamente entre los mismos (FAO, 2007). En la figura 1 se esquematiza el ciclo del carbono que ocurre dentro del planeta Tierra.

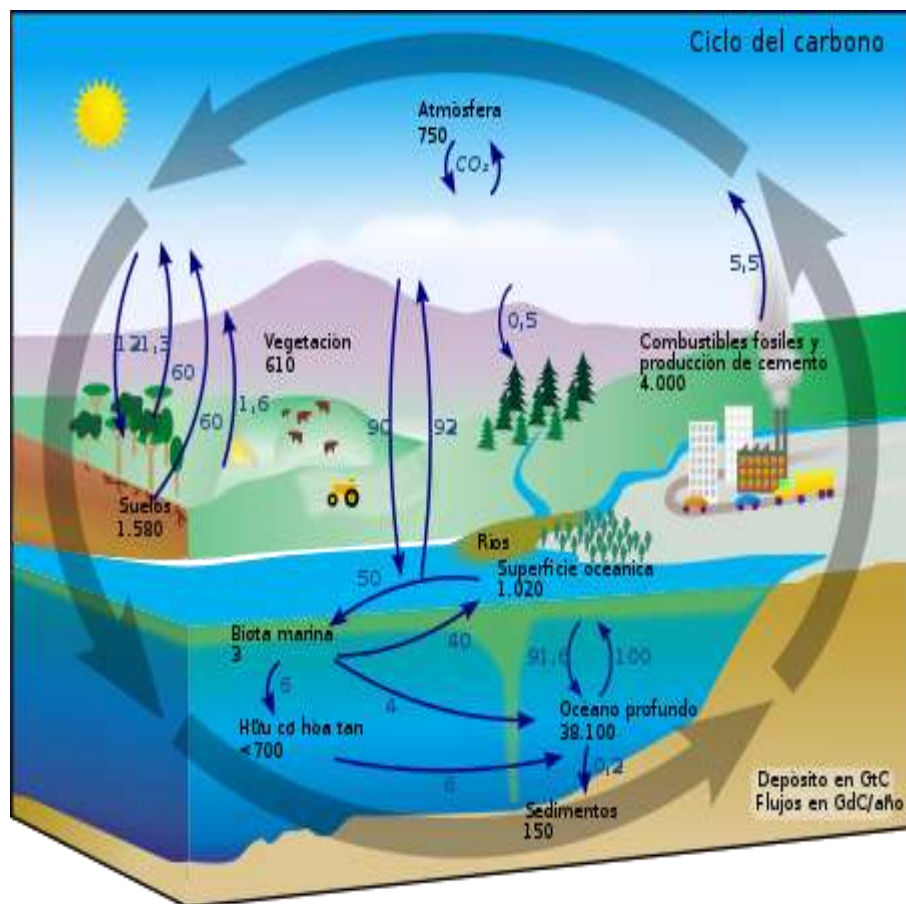


Figura 1. Ciclo del carbono(FAO, 2007)

2.1.6. Fijación de carbono

Se refiere al flujo de carbono dentro de una unidad de área cubierta con vegetación en un lapso de tiempo dado. Es la conversión de carbono inorgánico (en forma de dióxido de carbono) en compuestos orgánicos realizada por los organismos vivos. Este tipo de carbono depende de las características de la especie, tasa de crecimiento y longevidad, así como también de las condiciones del sitio, como localización, clima y rotación (Solano, 2018).

2.1.7. Biomasa

La biomasa se define como toda materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta. La biomasa viva comprende la biomasa por encima del suelo y de la biomasa por debajo del suelo; mientras que la biomasa total abarca la biomasa viva, la biomasa de la madera muerta y la biomasa presente en el mantillo o en la hojarasca (Ulate, 2011). La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Schlegel *et al.*, 2001).

El nivel de producción vegetal está determinado por los factores del crecimiento: clima, suelo, especie forestal y manejo. Una mayor productividad en un sitio generará una mayor producción de biomasa: esta biomasa vegetal contiene cantidades variables de los elementos nutritivos que son utilizados para el crecimiento de los árboles. La contribución porcentual de los diferentes componentes (fuste, corteza, ramas, hojas y raíces) en la biomasa total de un árbol varía considerablemente dependiendo de la especie, edad, sitio y el tratamiento silvicultural (Rosas, 2011).

2.1.8. Biomasa aérea

Es todo material orgánico encontrada en el bosque o plantación forestal que se encuentra fuera del suelo, pueden ser árboles, bejucos, helechos, ramas, hojas superiores, entre otros (Schlegel, 2001).

2.1.9. Diversidad florística

Es un parámetro de los ecosistemas (aunque se considera una propiedad emergente de la comunidad) que describe su variedad interna. El concepto resulta de una aplicación específica de la noción física de información, y se mide mediante índices relacionados con los habitualmente empleados para medir la complejidad. El uso tradicional se encuentra ahora inmerso en una batalla por conservar, mucho más político que científico. La diversidad de un ecosistema depende de dos factores, el número de especies presente y el equilibrio demográfico entre ellas (Ponce y Suatunce, 2020).

2.1.10. Composición florística

La composición florística se refiere a la cantidad de árboles que existen por especie en un área determinada, se debe además conocer de qué familia proceden y cuantos individuos hay por cada especie. La composición florística de un bosque está determinada por factores ambientales, la dinámica del bosque y la ecología de sus especies. La composición florística de un bosque se enfoca como la diversidad de especies en un ecosistema, la cual se mide por su riqueza y representatividad (Estrella, 2016)

2.1.11. Altura (h)

La altura del árbol puede medirse directamente o indirectamente. El primer caso solo se justifica para estudios científicos. En masas jóvenes se puede hacer uso de varas o jalones, en las masas adultas se debe trepar al árbol a fin de determinar su altura total. La determinación de la altura de los árboles o las denominadas masas boscosas se efectúa en los trabajos de inventario forestal en forma indirecta y para ello se emplean aparatos denominados hipsómetros. Otro procedimiento simple para conocer la altura del árbol, aplica a ejemplares aislados y en días de sol es empleada la sombra que el proyecta (Vidal y Italo, 1958).

2.1.12. Diámetro

La medición se realiza sobre la corteza del árbol a 1,30m del suelo, o a una distancia específica sobre las gambas u otra irregularidad en el fuste. El diámetro de árboles en pie se debe medir a una altura de 1,30 m por encima del nivel del suelo (Orozco y Berlijin, 1980).

2.1.13. Área basal

El área basal o área basimétrica es la superficie de la sección transversal de un árbol a la altura del pecho. El área basal (AB) se calcula mediante su diámetro a la altura del pecho. El área basal (AB) se calcula mediante la siguiente formula: $AB = 0.7854 D^2$ donde AB=área basal en m² y DAP=Diámetro a la altura del pecho en m. El área basal por hectárea indica la densidad del rodal y se expresa en m² por hectárea (Orozco y Berlijin, 1980).

2.1.14. Contenido volumétrico

El volumen de los árboles en pie se calcula con base a su altura y su área basal. La multiplicación de la altura por el área basal se obtiene el volumen de un cilindro. Por razón de la forma cónica del árbol, el volumen del cilindro debe ser corregido por un factor (F) de corrección (Vidal & Italo, 1958). Para calcular el volumen de madera de un bosque no es práctico medir todos los árboles. Por lo tanto, se determina el volumen mediante un muestreo. Las áreas de muestreo pueden ser de forma cuadrada, rectangular o circular. Conociendo el volumen de madera del área de muestreo, fácilmente se calculará el volumen contenido en todo el bosque (Orozco y Berlijin, 1980).

2.2. Marco referencial

2.2.1. El carbono en el Ecuador

Morales y Vasquez (2019) en sus estudios mencionan que el Ecuador tiene una emisión anual de gases de efecto invernadero aproximada de 80 millones de toneladas de carbono, generadas en sectores como la energía, agricultura, residuos y procesos industriales; pero se debe recalcar que las emisiones de estos gases en relación con las emisiones globales es de 0,16% siendo un porcentaje bajo, pero de igual manera es preocupante ya que se evidencia que el cambio climático está afectando el país con temperaturas y precipitaciones fuera de lo común.

2.2.2. Plantaciones forestales sumideros de carbono

Una plantación forestal se define, según FAO (2001) como un bosque establecido mediante plantación y/o siembra en el proceso de forestación o reforestación. Está integrada por distintas especies introducidas o en algunos casos autóctonas. Además, las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, han sido sugeridas como alternativas para la fijación de carbono por ser ecosistemas cuyo manejo se orienta a maximizar el volumen en madera por unidad de área, lo que da como resultado una fijación de carbono elevada y por ende contribuyen a la limpieza de la atmósfera, siendo una alternativa para la acumulación de carbono.

El carbono fijado en la biomasa permanece acumulado en las plantaciones por largos periodos. La función de las plantaciones como elemento mitigador de los gases de efecto invernadero es reconocida en la actualidad a nivel nacional e internacional (Montero y Kanninen, 2003). Se estima que una plantación arbórea sana y en los mejores sitios absorbe alrededor de $10 \text{ t C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar. Además de una tasa de producción de biomasa alta y otra característica importante a tomar en cuenta es el tiempo de permanencia de la plantación hasta su aprovechamiento final. La tasa de fijación de carbono está en función de la especie, el índice de sitio, el turno, el índice anual de fijación de carbono es más alto en las plantaciones jóvenes; es decir, las que se encuentran en pleno crecimiento (Rosas, 2011).

2.2.3. Almacenamiento de carbono

El almacenamiento del carbono es la capacidad del bosque para mantener determinada cantidad promedio de carbono por hectárea que nunca será liberado a la atmósfera y en otro aspecto es el carbono que está acumulado en un determinado ecosistema vegetal. Toma en cuenta criterios de tipo de bosque o vegetación, densidad de la madera, factores de ajuste que son datos de biomasa basados en volúmenes por hectárea de inventarios forestales (Segura y Andrade, 2008).

Dicha cantidad promedio de carbono por hectárea nunca será liberada a la atmósfera, en este caso, un pago por el servicio ambiental de almacenamiento se refiere a un solo pago por la conservación del bosque, evitando un cambio de uso de la tierra en forma permanente como lo son los parques nacionales o zonas de reserva absoluta, y el carbono almacenado se expresa en t e ha^{-1} (Segura y Andrade, 2008).

2.2.4. Estimación de la captura de carbono en plantaciones forestales

La estimación del carbono almacenado en plantaciones forestales puede resultar complicado por las variables que es necesario evaluar, como lo son: el carbono en la biomasa, la necromasa, el suelo y las raíces. Sin embargo, en la actualidad se suelen considerar sólo los tres primeros debido a la complejidad para determinar el total de carbono almacenado en raíces (Pacheco *et al.*, 2015).

2.2.5. Valorización económica de la fijación de carbono

El valor económico de los servicios ambientales de captura de GEI (Gases de Efecto Invernadero), depende directamente de su capacidad de absorber una determinada cantidad de CO₂ al año. Conocer la capacidad real de absorción de CO₂ en los diferentes tipos de bosques es de vital importancia, a fin de asegurar que la valoración del bosque sea exacta (Mazo *et al.*, 2016).

Bringas (2010) menciona en sus estudios que el análisis económico se ejecuta utilizando datos de las actividades del productor, se basa en el aspecto socioeconómico y en el uso de tierra actual o historia del área, los costos de producción de productos Sistemas agroforestales y bosque secundario e insumos y los efectos ambientales del sistema así como los temas adicionales, aspectos técnicos, económicos, potencialidades, mercado y comercialización, costos de mano de obra familiar, transporte, comercialización, apoyo financiero y precio.

Chambi (2001) indica en un estudio realizado sobre valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicada a la zona boscosa del río Inambari en Madre de Dios, que se asume el valor económico del secuestro de carbono obtenido sobre la base del cálculo de biomasa, en su estudio toma en cuenta distintos factores como los de regeneración, reforestación y deforestación de bosques y considerando tres escenarios de precios US\$ 20, 10 y 3 /t C.

2.2.6. Especies forestales de mayor importancia en la zona 4 de la Finca Experimental “La Represa”

2.2.6.1. Melina (*Gmelina arborea*)

Originario del Asia, en especial de la India en el Sub Himalaya, esporádicamente encontrándose en el Oeste y Sur de la India, se ha difundido a países del cinturón tropical, es un árbol razonablemente fuerte para su peso. Se cultiva en zonas de vida de bosque húmedo y muy húmedo de la región tropical; como también en bosque húmedo montano bajo de la región subtropical (Macías, 2019).

En Ecuador *Gmelina arborea* se encuentra distribuida en las zonas tropicales del país, establecida en las provincias de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Noroccidente de Pichincha, Los Ríos, parte de las provincias del Guayas, El Oro, y ciertas provincias amazónicas, concentrándose en ellas la mayor cantidad de superficie plantada con esta especie (Mora, 2020). La melina en Ecuador ha demostrado una excelente adaptación, alcanzando alturas en su desarrollo que sobrepasan los 30 metros y producciones de 375 m³ /ha en 25 años de cultivo (FAO, 2000).

- **Reino :** Plantae
- **Familia :** Lamiaceae
- **Género :** *Gmelina*
- **Especie :** *arborea*
- **Nombre Científico:** *Gmelina arborea* Roxb.
- **Nombre Vulgar :** Melina
- **Origen :** Sureste de Asia

Árbol caducifolio de tamaño medio, por lo general es de 15 a 20 m de altura, aunque llegan a alcanzar más de 30 m. Especie con fuste recto y abundante ramificación, las ramas de las copas son lisas, de color marrón, pálido a gris; en los árboles maduros, son de color café amarillento a café claro con manchas blanquecinas su forma en general varía de acuerdo a las condiciones en que se desarrolla (Macías, 2019). Tiene un fuste marcadamente cónico, por lo regular de 50-80 cm de diámetro, en ocasiones hasta de 143 cm, sin contrafuertes, pero en ocasiones engrosado en la base. La corteza de la melina es lisa o escamosa, de marrón pálida a grisácea; en árboles de 6-8 años de edad se exfolia en la parte engrosada de la base del tronco y aparece una nueva corteza, de color más pálido y lisa. Presenta una copa amplia en sitios abiertos, pero en plantación su copa es densa y compacta (Acosta, 2014).

Las hojas son grandes de 10-20 cm de largo, simples, opuestas, enteras, dentadas, usualmente más o menos acorazonadas, de 10-25 cm de largo y 5-18 cm de ancho, decoloradas, el haz verde y glabro, envés verde pálido y aterciopelado, nerviación reticulada, con nervios secundarios entre 3 y 6 pares y estípulas ausentes. Usualmente la especie se defolia durante los meses de enero o febrero en casi todas las regiones donde se cultiva. Las hojas nuevas se producen en marzo o a principios de abril (Macías, 2019).

Las flores son de coloración pardusca, zigomorfas, bisexual, con pequeñas brácteas, pubescentes; cáliz tabular o en ocasiones campanulado, con 4 o 5 dientes o sobentero, 11 generalmente con glándulas prominentes; corola con (4-5) sépalos soldados a la base del ovario, amarillo brillante de 2.5 cm de largo, su inflorescencia presenta una cima dicásica terminal con las flores más antiguas en la base de la panícula y las más jóvenes en el extremo superior. La misma inflorescencia presenta numerosas fases de desarrollo de capullos y frutos (Saltos, 2019). La floración ocurre justo cuando las hojas han caído. En su área de distribución natural la melina florece los meses de febrero a abril (Acosta, 2014).

Es un fruto carnosos tipo drupa, de forma ovoide u oblonga, carnosos suculento, con pericarpo coriáceo y endocarpo óseo, de color verde lustroso, tornándose amarillo brillante al madurar, momento en el que caen al suelo, lo que facilita su recolección. Posee una forma ovoide membranosa muy delgada, color café, lisa, opaca, con un tamaño mediano más o menos de largo alrededor de 2 a 3 cm y ancho de 1 a 1.5 cm, con una dispersión barocónica producción de 700 a 1400 semillas por kilogramo, presenta dos cotiledones y el embrión es recto, capacidad germinativa de un 70% a 90% (Mora, 2020).

2.2.6.2. Teca (*Tectona grandis* L.f)

La teca (*Tectona grandis* L.f.), es un árbol originario de la India, Tailandia y Laos. En los países tropicales de América Latina se introdujo aproximadamente hace 100 años. En nuestro país la primera plantación de teca fue establecida en el año de 1950 por la Estación Experimental Tropical “Pichilingue” del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en la zona de Quevedo. De este germoplasma introducido de la india se dieron las primeras plantaciones de monocultivos (Cedeño, 2014).

- **Nombre Científico:** *Tectona grandis*
- **Reino:** Plantae
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Orden:** Lamiales
- **Familia:** Lamiaceae
- **Género:** *Tectona*
- **Especie:** *grandis*

La teca es una especie decidua, los árboles descartan sus hojas durante la época seca, y un nuevo follaje durante la época de lluvias de abril a junio. Posee un tallo recto que puede alcanzar sobre los 50 m en condiciones favorables. Cuando crece aislado hay bifurcación del fuste y presenta una copa más amplia, ramas gruesas y bajas. Pero la bifurcación también puede llegar a dar a la madurez o cuando la floración empieza a una edad temprana. La corteza es áspera y delgada, fisurada de color café claro; la albura es amarillenta, el corazón es de color verde oliva que al cortarse toma el color café oscuro, es dura, pesada y presenta anillos de crecimiento (bien delimitados cuando la época seca es bien definida) (Aguayo, 2012).

Las hojas son opuestas, grandes, ovales de color verde oscuras y ásperas en el haz, midiendo de 10 - 80 cm de largo y de 6 - 50 cm de ancho. Sus peciolo son gruesos y los limbo son membranáceos. *Tectona grandis* en su hábitat natural florece a los 5 - 6 años de edad. Poblaciones plantadas fuera de su distribución natural florecen a los 2 - 4 años después de ser plantadas. La floración usualmente comienza luego de las lluvias. Sus flores son numerosas y se disponen en panículas erectas terminales. Los pedicelo miden de 0,9 a 4,5 mm de largo. Las brácteas son grandes, foliáceas con bractéolas numerosas. Las flores presentan un cáliz en forma de campana, de color amarillo verdoso con un estilo blanco amarillento con pubescencia de pelos ramificados. El ovario es ovado o cónico, densamente pubescente, con cuatro celdas (Cedeño, 2014).

Según Aguayo (2012) las flores se abren pocas horas después del amanecer, siendo el mejor periodo de polinización entre las 11h30. Los insectos como moscas, avispas, abejas y escarabajos han sido encontrados polinizando las flores. *Heriades párvula* y *Ceratina hieroglyphica* son los dos polinizadores más importantes de la teca; además las flores son también polinizadas por el viento. El fruto es sub globoso, más o menos tetragono, aplanado; exocarpo delgado, algo carnosos cuando está fresco y tomentoso; endocarpio grueso, óseo, corrugado con cuatro celdas que encierran generalmente una o dos semillas de 5 mm de largo. Los frutos maduran cerca de 120 días después de la polinización.

2.2.6.3. Guayacan (*Tabebuia chrysantha*)

T. chrysantha (Jacq.), es común y característico de los bosques tropofitos y secos, se lo encuentra desde el sur de Esmeraldas, en Manabí, Guayas hasta El Oro. Esta especie es muy

común en nuestra geografía ecuatoriana, se encuentran localizados en rangos altitudinal entre 200 a 1200 msnm; es decir, crece preferiblemente en regiones cálidas como Manabí, y El Oro. En Loja, sin embargo, en el cantón Zapotillo y específicamente en las parroquias de Mangahurco, Bolaspamba y Cazaderos, se encuentra el bosque de guayacán más vistoso que se extiende a lo largo de 40.000 hectáreas. Se distribuye desde México y Guatemala hasta Panamá, Colombia, Venezuela y Ecuador (Gomez, 2020).

- **Clase:** Equisetopsida C. Agardh
- **Sub clase:** Magnoliidae Novák ex Takht
- **Súper orden:** Asteranae Takht
- **Orden:** Lamiales Bromhead
- **Familia:** Bignoniaceae Juss
- **Género:** *Tabebuia* Gomes ex DC
- **Especie:** *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson.

El guayacán es un árbol que alcanza unos 15 m de altura, alcanza unos 60 cm de diámetro a la altura del pecho, ramas escasas, gruesas y ascendentes; es caducifolio (que pierde las hojas en condiciones de sequía) fuste recto. El fuste presenta una corteza áspera de color gris a café oscuro, con grietas verticales que forman placas anchas de color café oscuro. Hojas alternas, digitadas de 4 foliolos de 5-25 cm de largo y de 8-20 cm de ancho con el haz verde oscuro y el envés verde claro. Flores campanuladas, grandes de 5-12 cm de largo, de color amarillo claro, con líneas rojas en el cuello. Frutos tipo vainas delgadas hasta 40 cm de longitud, pubescente, verde (tierna) y café (madura), contiene abundantes semillas aladas. Las semillas se dispersan con el viento ya que son muy ligeras, aladas, con las alas asimétricas e irregulares, pueden dispersarse a cierta distancia del árbol (Justiniano *et al.*, 2000).

2.2.6.4. Balsa (*Ochroma pyramidale*)

La Balsa se extiende desde el sur de México hasta Bolivia, hacia el este a través de la mayor parte de Venezuela, y a través de las Antillas. En Ecuador se distribuye principalmente en la región costa (Zambrano M., 2017). Esta especie tiene una importancia comercial importante en la cuenca del río Guayas y Ecuador, ya que obtiene el 95% de la cosecha mundial.

Actualmente, Ecuador cuenta con más de 20.000 hectáreas de bosques plantados entre bosques naturales y reforestación; las áreas de mayor producción son las provincias de Guayas, El Oro, Los Ríos y Pichincha (Paillacho, 2010).

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta
- **Clase:** Magnoliopsida
- **Subclase:** Dilleniidae
- **Orden:** Malvales
- **Familia:** Malvaceae
- **Nombre Científico:** *Ocrhoma pyramidale*

El exterior de la corteza es liso, con algunas cicatrices lineales de color claro con manchas blancas, a veces marrón grisáceo. La corteza de esta especie forestal el interior es fibrosa de color crema amarillento, a veces rosada. El grosor total de la corteza puede alcanzar los 2 cm y el grosor de las ramas laterales es de unos 2 cm, son de color verde a claro, con pelos castaños cuando aparecen por primera vez y grandes cicatrices foliares. En Ecuador la especie *O. pyramidale* (balsa) se han reportado especímenes de 30,5 m de altura y 1,22 m de diámetro, alcanzando su altura máxima en esta zona medio ambiental (Castro y Suárez, 2002). Fuste recto y cilíndrico es limpio hasta los 15 m y a veces hasta los 20 m. La corteza es lisa o ligeramente agrietada, de color grisáceo o café manchas blanquecinas, interiormente es crema-amarillento y; a veces, rosado (Zambrano, 2017).

La copa es muy amplia redondeada, de gran tamaño. El tamaño de la copa puede variar de acuerdo a su altura y acondicionamiento de aislamiento y competencia. El envés es simple, alturno, pentalobuladas, grande, pubescente y el tamaño del pecíolo es casi igual al tamaño de la hoja. Hojas simples, dispuestas en espiral, de 13 x 13 a 35 x 35 cm de largo; grandes y casi redondas, en forma de corazón, con bordes enteros o 10 curvos, nervios principales 7-9, muy prominentes en el envés, pecíolo marrón a rojo (Ecuador Forestal, 2012).

Las flores son grandes, de color blanco a beige y campanuladas. El cáliz es verde castaño de 5 cm de largo con 5 lóbulos de 3,5 cm de longitud y la corola presenta 5 pétalos blanquecinos de 12 a 17 cm de largo. Las cápsulas alargadas, que abren en cinco valvas, de 14-28 cm de

largo. Las valvas son pardas a negras, densamente lanosas en el interior. Estas semillas se encuentran en numerosas cantidades, cubiertas por tricomas castaños; pueden encontrar en hábitats alterados (Paillacho, 2010). Las semillas de balsa deben almacenarse o conservarse en lugares con buena aireación, su dispersión es orniquiapterócora por pájaros o murciélagos frugívoros, las semillas germinan durante 8 días en promedio, con una tasa de germinación del 70%. Los frutos recolectados o extraídos se recolectan en semi-verde, cuando se secan al sol adquieren un color marrón rojizo, que se obtiene al quinto día; las semillas no requieren tratamiento de pre-germinación, solo lavar y secar (Viera, 2020).

2.2.6.5. Laurel (*Cordia alliodora*)

El laurel es una especie nativa de los bosques primarios y secundarios de la Costa y Amazonia ecuatorianas. Se distribuye de México a Ecuador, Perú, Bolivia, Brasil. Árbol que crece hasta 40 m de altura, 20 m de fuste y 100 cm de diámetro. Base del tronco con aletones medianos laminares. Entre las varias características de mayor interés de este árbol es la capacidad de auto poda incluso en condiciones abiertas, donde los árboles adultos son deciduos incluso en climas no estacionales, durante uno o dos meses después de la producción de la semilla. De acuerdo a Calderón (2020) la clasificación taxonómica del laurel es la siguiente:

- **Reino:** Plantae
- **Clase:** Magnoliophytina
- **Orden:** Asteridas
- **Familia:** Boraginaceae
- **Género:** *Cordia*
- **Especie:** *Cordia alliodora* (Ruiz Et Pavon) Oken

Árbol de hasta 35 m de altura, con fuste cilíndrico blanco grisáceo a parduzco; las hojas son simples alternas, ovadas a lanceolado-elípticas de 8 a 18 cm de largo y de 3 a 8 cm de ancho, ápice acuminado, ásperas en el haz y con tricomas estrellados. Las flores son de 8 a 12 de mm de largo y de 2 a 2,5 mm de grosor, de color blanco y crecen en racimos 6 vistosos; el fruto parece una flor seca, con no más de un centímetro de longitud en cuyo interior lleva una semilla parecida en color y tamaño a un grano de arroz (Torres, 2020).

Las hojas son simples, alternas, de 5 a 18 cm de largo y 4,5 a 9 cm de ancho. Están dispuestas en espiral, son elípticas u oblongas, verde oscuras, tienen borde entero, con pelos diminutos en forma de estrella por el envés. Antes de caer, sus hojas se tornan amarillas y una vez en el suelo se tornan oscuras casi negras. Las flores son blancas, pequeñas, de forma tubular, de 1,2 a 1,5 cm de ancho y largo. Están dispuestas en panículas axilares o terminales de 10 a 30 cm de largo. El cáliz es verde - grisáceo, hasta de 6 mm de largo, con 10 líneas sobresalientes, densamente cubierto con pelos estrellados diminutos. La corola tiene 5 pétalos blancos, ampliamente extendidos, y en ella sobresalen 5 estambres blancos, erectos. Las flores son muy aromáticas (Calderón, 2020).

Los frutos son aquenios elipsoidales, con el pericarpio coriáceo y fibroso, de color café claro, de 0,6 a 0,8 cm de largo y 1 cm de ancho, epicarpio liso, marrón rojizo al madurar, con el cáliz y la corola de color castaño o marrón, que permanecen adheridos y sirven de alas para su dispersión. Las semillas son pequeñas, ovoides de un centímetro de largo por 5 mm de ancho, el embrión es de color crema. Cada árbol en su madurez puede producir entre 1,5 y 3,5 kg de semilla (Torres, 2020).

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización de la zona de estudio

La presente investigación se realizó en finca experimental La Represa de la UTEQ, en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos. En la figura 2 se puede observar el mapa de ubicación de la finca La Represa, en el cantón Quevedo, perteneciente a la provincia de Los Ríos.

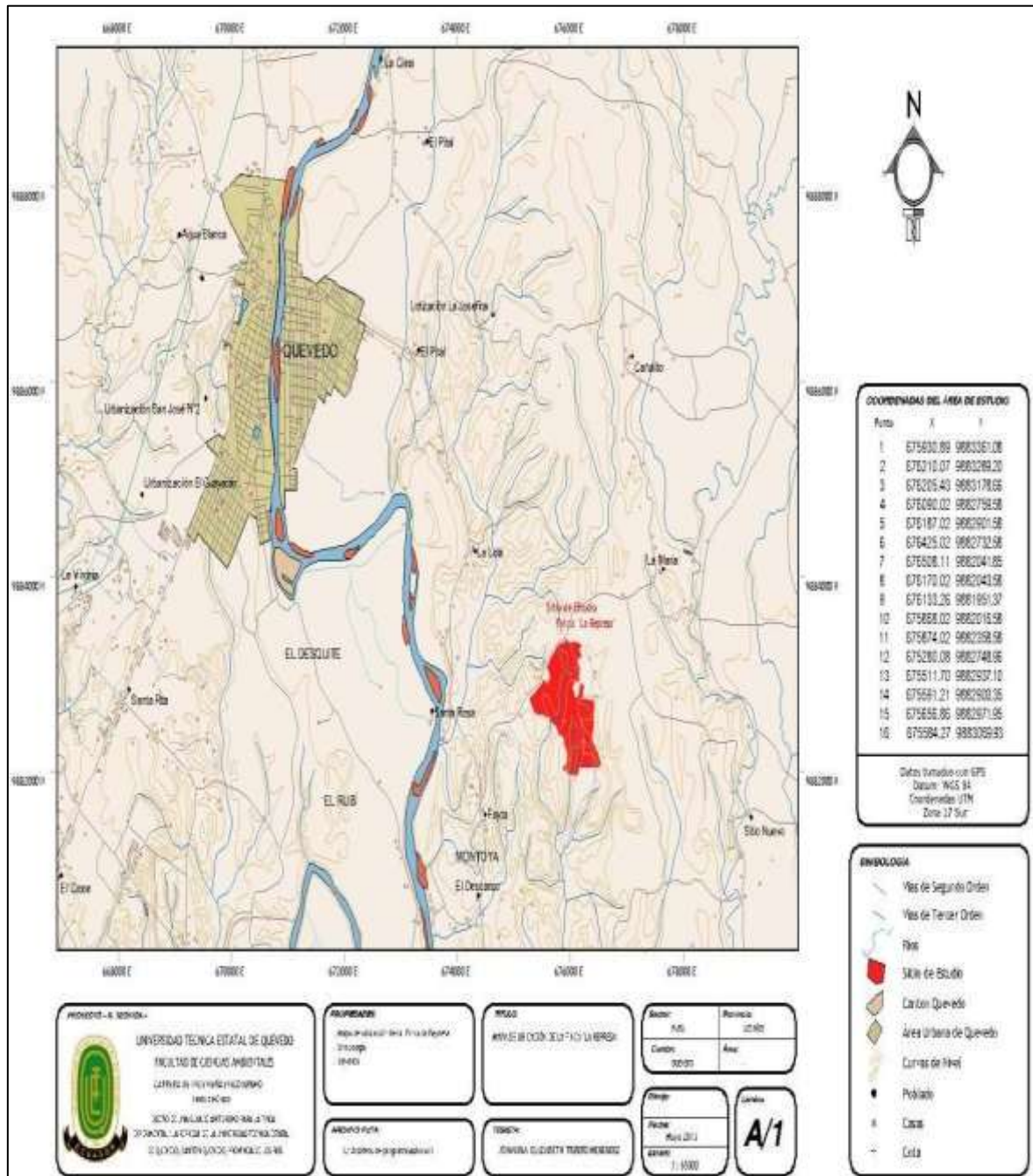


Figura 2. Ubicación de la zona de estudio.

Fuente: Tigrero (2013).

Las características climatológicas y edafológicas del cantón Quevedo se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Características climatológicas y edafológicas del cantón Quevedo

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: Promedio de anuarios meteorológicos desde 1990 hasta 2013 (INAMHI, 2018).

3.2. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación se enmarcó dentro de la investigación descriptiva, de campo y bibliográfica, con el fin de obtener toda la información necesaria para la ejecución de este trabajo. Partiendo de la recolección de datos se realizó una toma de datos de distintos árboles de plantaciones forestales, lo que permitió estimar el volumen y carbono almacenado en la biomasa aérea, en el sector 4 de la finca experimental La Represa.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método Deductivo

El método deductivo permite ir de lo general a lo particular, y permite referir de manera clara la información colectada. En esta investigación permitió a partir de una serie de datos recopilados realizar un análisis para la obtención de resultados que permitan estimar el volumen de carbono presente en la zona en estudio.

3.3.2. Método inductivo

En este método se basó en la observación y recopilación de información empírica del tema en estudio.

3.3.3. Método analítico

Consistió en la observación de las plantas en su ambiente natural (*in situ*), la misma que permitió clasificar las especies mediante el empleo de sus características volumétricas y mediante el uso de características propias de las especies. Este método permitió registrar distintas variables para su posterior análisis.

3.4. Fuentes de recopilación de información

El desarrollo del presente proyecto investigativo requirió la recopilación de información procedentes de fuentes primarias y secundarias.

3.4.1. Fuentes primarias

Este tipo de fuente fue utilizada en la presente investigación, la información fue obtenida a través de la recopilación de resultados directos *in situ* en el sitio del estudio

3.4.2. Fuentes secundarias

La información utilizada en la presente investigación fue extraída de libros, revistas científicas, artículos científicos, tesis, informes y boletines divulgativos.

3.5. Diseño de la investigación

La investigación se realizó sin manipular las variables en estudio. 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. Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa

Debido al enfoque conservacionista de esta investigación y a limitaciones de tiempo y recursos, se utilizó el método no destructivo para el estudio de la biomasa y contenido de carbono en el área de investigación.

Se realizó un censo forestal total en el sector 4 de la finca experimental “La Represa”. Como primera instancia se recopilaron los nombres comunes, con el fin de identificar científicamente los individuos, l

3.5.2. Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa

Se procedió a tomar las lecturas diamétricas (diámetro a la altura del pecho, es decir, a 1,30 m sobre el suelo) y altura del fuste de cada árbol. Con estos datos se determinó el área basal (m^2/ha).

$$g = 0.7854 * DAP^2$$

Y el volumen (m^3/ha)

$$V = g * H * ff$$

Con los que se pudo determinar la cantidad de carbono almacenado en el sector de estudio.

Donde:

g: Área basal

DAP: Diámetro a la altura del pecho

V: Volumen del fuste

H: altura del fuste

ff: factor de forma

3.5.3. Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa

Para poder calcular la biomasa aérea se debe calcular primero la biomasa total (Bt) de la parte aérea. La fórmula apropiada para el cálculo de la biomasa para plantaciones es la de Clutter (1983):

$$BT = \beta_0 + \beta_i * DAP^2 H$$

Donde:

BT = Biomasa total

β_0 = parámetro de regresión

β_i = i-ésimo parámetro de regresión del modelo

DAP = diámetro a la altura del pecho

h = altura del árbol

La cantidad de biomasa obtenida por el método de Clutter *et al.* (1983) se multiplicó por 0,5 para estimar el contenido de carbono, de acuerdo a la norma establecida por la IPCC 2003.

3.5.4. Variables a evaluar

Las variables de estudio fueron las siguientes:

1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)
2. Altura (H)
3. Volumen
4. Carbono almacenado en la biomasa aérea

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 datos se utilizó la tabla 2 que se indica a continuación:

Tabla 2. Ficha de recolección de datos

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

3.7. Tratamiento de los datos

Se emplearon estadísticos de medida central (media y mediana), variabilidad (percentil, desviación estándar y coeficiente de variabilidad) para describir el contenido del carbono y la biomasa aérea de la cobertura forestal del sector cuatro. Los softwares para el tratamiento estadístico serán InfoStat y Microsoft Excel.

3.8. Recursos humanos y materiales

Para llevar a cabo el proyecto de investigación se emplearon materiales de campo y de oficina:

3.8.1. De campo

- Alcohol industrial.
- Brújula.
- Cámara fotográfica.
- Cinta diamétrica.
- Dendrómetro Haga.
- Fundas de basura.
- GPS.
- Libreta de campo.
- Lápiz
- Machete.

3.8.2. Materiales de oficina

- Dispositivo de almacenamiento.
- Hojas de papel bond e impresión.
- Ordenador.
- Carpetas.
- Internet.

3.8.3. Software

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

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa

El sector 4 de la finca experimental “La Represa” con una superficie de estudio de 21,27 ha presentó un total de 2.834 individuos separados en 13 familias, 18 géneros y 18 especies; siendo la más representativa teca con 1.011 individuos y guayacán blanco con 797 individuos, en la tabla 3 se presenta a detalle la diversidad florística en el sector cuatro.

Tabla 3. Diversidad florística en el sector cuatro de la finca experimental "La Represa"

N °	Nombre Común	Nombre Científico	Familia	N° de individuos
1	Ciruelo	<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	1
2	Guayacán blanco	<i>Roseodendron donnell-smithii</i> (Rose) Miranda	Bignoniaceae	797
3	Jacaranda	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D.Don	Bignoniaceae	8
4	Laurel	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	116
5	Achotillo	<i>Sloanea grandiflora</i> Sm	Elaeocarpaceae	1
6	Amarillo lagarto	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	Fabaceae	97
7	Pachaco	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) S.F.Blake	Fabaceae	11
8	Samán	<i>Samanea saman</i> (Jacq.) Merr	Fabaceae	3
9	Teca	<i>Tectona grandis</i> L.f	Lamiaceae	1011
10	Melina	<i>Gmelina arborea</i> Roxb	Lamiaceae	387
11	Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb	Malvaceae	8
12	Peine de mono	<i>Apeiba membranaceae</i> Spruce ex Benth	Malvaceae	17
13	Cedro	<i>Cedrela</i> sp	Meliaceae	6
14	Moral fino	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud	Moraceae	9
15	Fernán Sánchez	<i>Triplaris cumingiana</i> Fisch. & C.A.Mey	Polygonaceae	99
16	Caoba	<i>Colubrina arborescens</i> (Mill.) Sarg	Rhamnaceae	33
17	Tachuelo	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Rutaceae	227
18	Uva	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart	Urticaceae	3
Total				2834

Respecto a lo mencionado anteriormente, en la figura 3 se muestra la cantidad de individuos separados por familia, siendo Lamiaceae la más presente en la zona de estudio (1.398 individuos) y las familias con menor representación fueron Anacardiaceae y Elaeocarpaceae (1 individuo respectivamente).

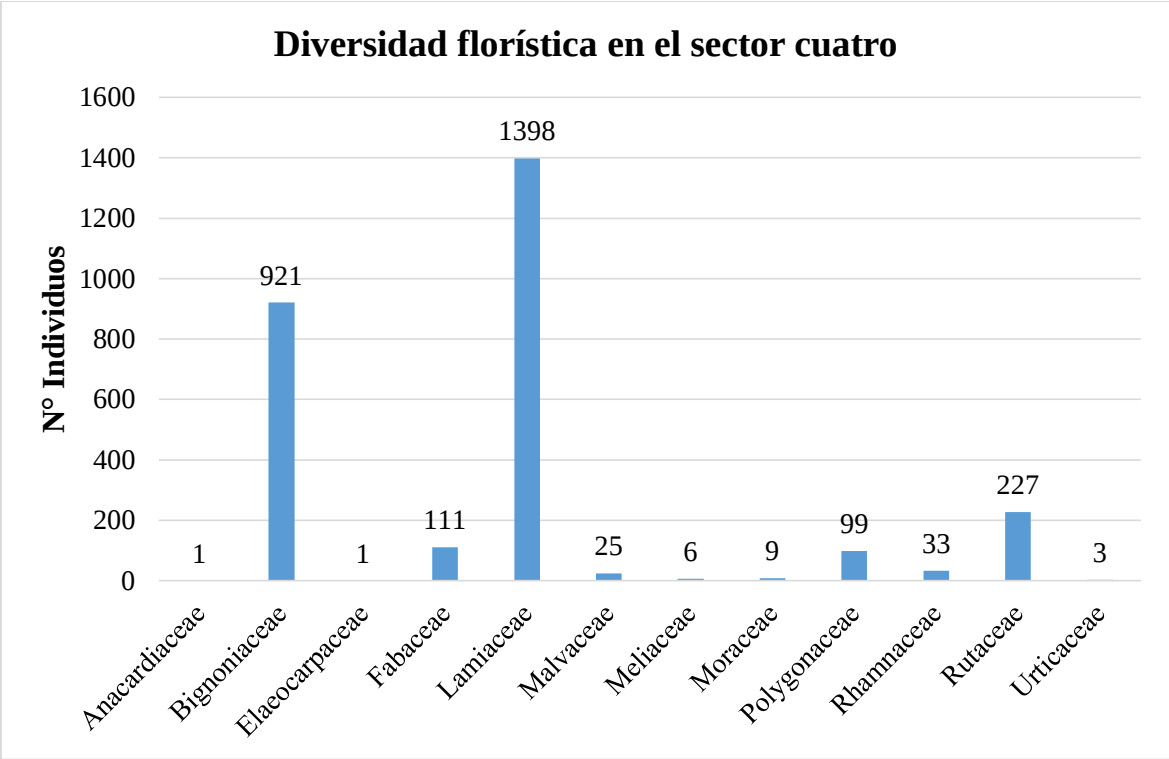


Figura 3. Diversidad florística del sector cuatro.

4.1.2. Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa

De los 2.834 individuos censados dividido en 18 especies forestales en el sector cuatro de la finca experimental “La Represa” se obtuvo un volumen de 2.752,39 m³. Siendo guayacán blanco y teca las especies que más volumen presentan con 1.187,37 m³ y 870,64 m³ respectivamente. En la tabla 4 se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 4. Volumen de madera del sector cuatro

Nº	Nombre Vulgar o Común	Nº de Individuos	Volumen (m ³)
1	Ciruelo	1	0,99

N°	Nombre Vulgar o Común	N° de Individuos	Volumen (m³)
2	Guayacán blanco	797	1187,37
3	Jacaranda	8	3,45
4	Laurel	116	95,13
5	Achotillo	1	0,30
6	Amarillo lagarto	97	105,17
7	Pachaco	11	61,16
8	Samán	3	4,39
9	Teca	1011	870,64
10	Melina	387	151,2
11	Balsa	8	1,12
12	Peine de mono	17	11,99
13	Cedro	6	5,78
14	Moral fino	9	7,19
15	Fernán Sánchez	99	103,96
16	Caoba	33	8,72
17	Tachuelo	227	129,70
18	Uva	3	4,13
SUMA		2834	2752,39
PROMEDIO			152,91

La familia que obtuvo mayor volumen de madera fue Bignoniaceae con 1.285,95 m³ y las familias con menor volumen fueron Anacardiaceae y Elaeocarpaceae con 0,99 y 0,30 m³ respectivamente, en la figura 4 se muestran los volúmenes obtenidos en la zona de estudio.

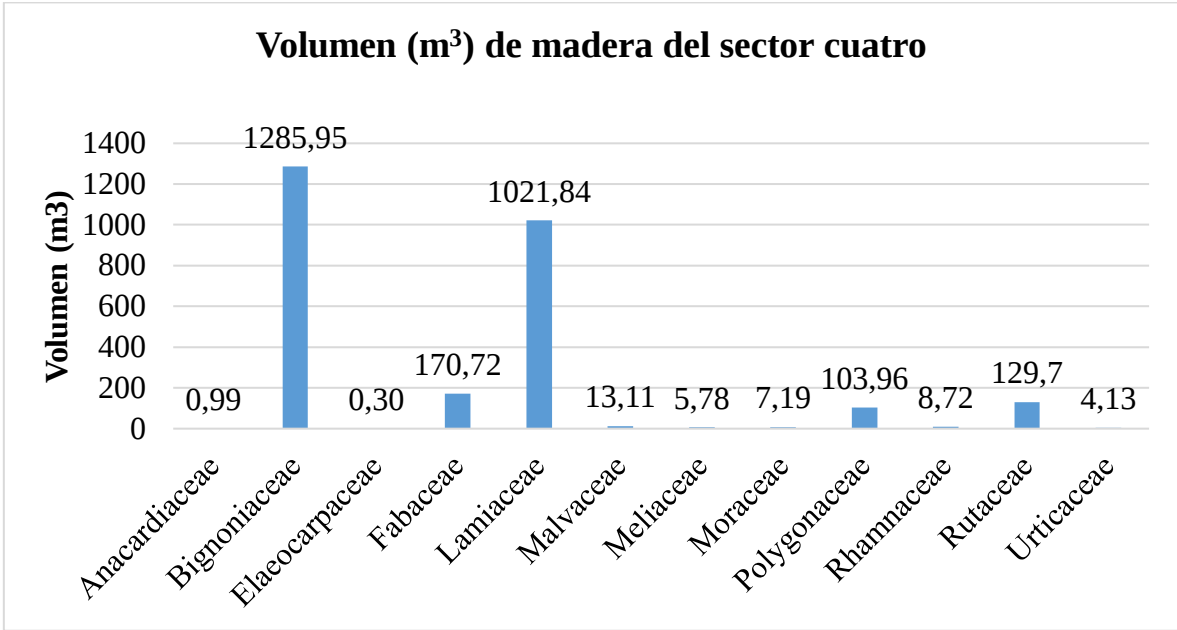


Figura 4. Volumen de madera del sector cuatro.

4.1.3. Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa

En el sector cuatro de la finca experimental “La Represa” con 21,27 ha se contabilizó un contenido de carbono de 24,15 Tn/haC y 513,61 Tn/totalesC contenidos en 48,29 Tn/haB y 1.027,18 Tn/totales de biomasa. Siendo las especies de pachaco y uva las que presentan mayores contenidos de carbono en su biomasa aérea con 74,75 y 52,68 respectivamente.

Tabla 5. Contenido de carbono en la biomasa aérea del sector cuatro

N°	Nombre vulgar o común	PDAP (m)	PHT (m)	Bta	CC
1	Teca	0,24	16,37	39,87	19,93
2	Guayacán blanco	0,32	19,83	85,65	42,82
3	Melina	0,19	16,21	26,37	13,19
4	Fernán Sánchez	0,28	21,82	73,96	36,98
5	Laurel	0,29	16,1	57,61	28,81

N°	Nombre vulgar o común	PDAP (m)	PHT (m)	Bta	CC
6	Amarillo lagarto	0,28	20,13	69,94	34,97
7	Tachuelo	0,22	15,09	31,35	15,68
8	Balsa	0,13	13,75	10,41	5,21
9	Moral fino	0,24	19,56	46,98	23,49
10	Pachaco	0,42	19,36	149,5	74,75
11	Peine de mono	0,21	15,53	28,35	14,18
12	Uva	0,38	17,33	105,36	52,68
13	Cedro	0,29	19,67	72,39	36,2
14	Caoba	0,18	12,73	17,44	8,72
15	Jacaranda	0,20	16	28,45	14,22
16	Samán	0,36	15	82,66	41,33
17	Achotillo	0,20	14	23,36	11,68
18	Ciruelo	0,33	17	77,53	38,77
TOTAL				1027,18	513,61

PDAP: Promedio diámetro a la altura del pecho. **PHT:** Promedio altura total. **BTA:** Biomasa total aérea. **CC=** Contenido de carbono.

La familia que obtuvo mayor contenido de carbono fue Fabaceae con 151,05 Ton y las familias con menor volumen fueron Rhamnaceae y Elaeocarpaceae con 8,72 y 11,68 Ton respectivamente, en la figura 5 se muestran los contenidos de carbono obtenidos en la zona de estudio.

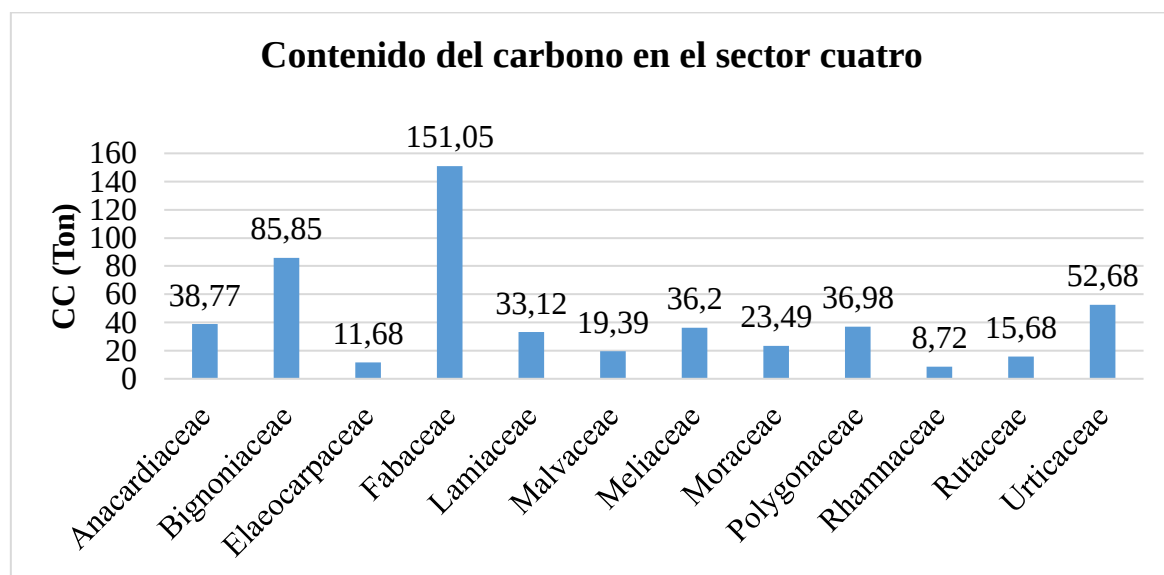


Figura 5. Contenido del carbono en el sector cuatro.

4.2. Discusión

4.2.1. Determinar la diversidad florística de la cobertura arbórea dentro del sector cuatro de la finca experimental La Represa

Las variables como diversidad de especies, abundancia de especies florísticas y presencia de familias pueden presentar grandes variaciones en disposición de un área y otra, debido a que presentan distintos gradientes altitudinales, zonas de vida ecológica y formas de realizar las parcelas de muestreo o estudios mediante censos.

En el sector cuatro de la finca experimental “La Represa” se registró un total de 2.834 individuos repartidos en 18 especies, con 18 géneros y 13 familias, siendo las especies más representativas teca y guayacán blanco, números similares a los expuestos por Ordóñez *et al.* (2017) que inventario 24 especies pertenecientes a 19 familias diferentes encontradas en una altura (m.s.n.m.) similar a la del presente estudio donde se encontraron especies similares y repetidas como lo son: teca, laurel y fernánsánchez. También se encuentran similitud con las especies reportadas por Guerra (2016) en una zona cercana al sitio de estudio, con 19 familias, 28 géneros, 32 especies, entre las que se pueden destacar el cedro, laurel, amarillo lagarto, samán, moral fino y fernánsánchez. En el bosque intervenido pertenecientes a INIAP-Mocache Cedeño (2017) identificó un total de 52 individuos, comprendidos en 10 familias, 13 géneros, 14 especies; mientras que Arce (2021) reportó 13 familias, 23 géneros, 28 especies con 226 individuos con DAP igual o mayor a 10 cm.

La diferencia de individuos entre los estudios realizados en el INIAP-Mocache y la presente investigación se deben a que tanto Cedeño como Arce utilizaron la metodología de muestreo mediante parcelas, mientras que para la toma de datos de esta investigación se efectuó la metodología de censo forestal.

4.2.2. Establecer el volumen de madera del sector cuatro de la finca experimental La Represa

El crecimiento de los árboles es influido por varios factores ambientales, tales como precipitación y las condiciones del suelo (Quinto y Moreno, 2010). Por lo tanto los resultados

de las variables dasométricas y altitudinales obtenidas en es este estudio, se puede atribuir a las condiciones de suelo y clima del lugar (Espinoza, 2011)

En el sector cuatro de la finca experimental “La Represa” se recabó un volumen de 2.752,39 m³ en 21,27 ha con distintas especies forestales censadas; mientras que Mora (2004) determino el volumen de madera mediante parcelas forestales demostrativas en la finca experimental “La Represa” donde obtuvo un volumen de 214,84 m³ a 239,54 m³ en 0,45; donde expresa que la especie que arrojó mayor volumen total fueron las especies de balsa con un volumen total de 68,25 a 73,75 m³ y fruta de pan con un volumen total de 39,75 a 43,90 m³. Sin embargo, en la zona cuatro no hay presencia de las especies descritas por mora y las especies con mayor volumen fueron guayacán blanco con 1.187,37 m³ y teca con 870,64 m³.

4.2.3. Cuantificar el contenido del carbono presente en la biomasa aérea del sector cuatro de la finca experimental La Represa

Las plantaciones juegan un papel muy relevante en el almacenamiento de carbono, el carbono almacenado tiene una relación directa con la cantidad de biomasa de las plantaciones (Espinoza, 2011). En el sector cuatro de la finca experimental “La Represa” se determinó mediante un método no destructivo el contenido de carbono con valores de 513,61 Tn contenidas en 1.027,18 Tn de biomasa aérea. Siendo las especies de pachaco y uva las que presentan mayores contenidos de carbono en su biomasa aérea con 74,75 y 52,68 respectivamente. (Sarango y Tenempaguay, 2020) exponen que las cantidades estimadas de carbono varían en función de la biomasa presente en la parte arbórea, es decir a mayor presencia de biomasa existe una mayor retención de carbono.

Echeverría *et al.* (2018) calculó la biomasa aérea procedente de la reserva biológica Yanacocha mediante el empleo de imágenes satelitales, en las zonas estudiadas por Echeverría que comprendieron el Bosque siempre verde montano y el bosque de *Polylepis pauta*, se calculó una biomasa aérea de 35,28 Tn/ha, con una reserva de contenido de carbono almacenado de 17,64 Tn C/ha. Los bajos índices de biomasa y carbono almacenado a comparación con la presente investigación se debieron principalmente por la zona de estudio, ya que la vegetación que se encuentra en este ecosistema no posee una superficie foliar alta,

por lo que en esta zona se tienen valores de NDVI (índice diferenciado de vegetación normalizada) bajos y medio.

Ordoñez *et al.* (2012) estimó la cantidad de biomasa aérea y carbono presente en árboles de motilón silvestre *Freziera canescens* dispersos en potreros mediante el método destructivo, obteniendo como resultado que en un área de 1 ha se encontraron 9,57 ton de biomasa y 4,78 ton de carbono.

Para estimar la biomasa aérea en las distintas zonas de estudio se dio a conocer que la variable más predictora fue el diámetro a la altura de pecho (DAP), con un alto coeficiente de determinación que explica un 89,61 % de la variabilidad de los datos. Los bajos niveles de biomasa y contenido de carbono a comparación con el presente estudio se deben en gran mayoría al sitio de estudio al ser plantaciones de edades adultas ya con pocos individuos a analizar.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que la diversidad florística del sector cuatro de la finca experimental “La Represa” está representada por un total de 2.834 individuos distribuidos en 18 especies, 18 géneros y 13 familias. Las especies más representativas fueron Teca con 1.011 individuos y Guayacán blanco con 797 individuos.
- A partir de los 2.834 individuos ubicados en la zona cuatro se obtuvo un volumen de madera de 2.752,39 m³ basada en las distintas especies analizadas, siendo las mayores representantes volumétricamente guayacán blanco con 1.187,37 m³ y teca con 870,64 m³.
- La biomasa aérea procedente de la zona cuatro fue de 48,29 Tn/haB y 1.027,18 Tn/totales de biomasa, mismas que presentaron 24,15 Tn/haC y 513,61 Tn/totalesC de carbono almacenado. Con las especies con mayor aporte de carbono almacenado en la biomasa aérea siendo pachaco con 74,75 Tn/totales C y uva con 52,68 Tn/totales C.

5.2. Recomendaciones

- Analizar los porcentajes de carbono almacenado en distintos estratos como lo son: la necromasa, la hojarasca y el carbono almacenado en el suelo.
- Realizar estudios acerca del almacenamiento de carbono en biomasa aérea con distintas especies que sean de importancia ecológica y comercial.
- Realizar estudios a distintas edades de cada una de las especies para cuantificar los diferentes rangos de edades dióneas para el almacenamiento de carbono en la finca experimental “La Represa”.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Acosta, K. (2014). Establecimiento de una metodología para la extracción y purificación de ADN genómico de *Gmelina arborea* Roxb. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Aguayo, J.. (2012). Determinacion del volumen de *Tectona grandis* L.F (Teca), utilizando distintos tamaños y formas de unidades de muestreo, en el recinto San Mateo, canton Esmeraldas, provincia de Esmeraldas. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Arce, D. (2021). Diversidad florística y estructura del bosque “La Montaña” localizado en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP) del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Arias, F. (2011). Almacenamiento de carbono en la biomasa aérea y en el suelo en plantaciones de teca (*Tectona grandis* L.F.) en los cantones Quevedo y Balzar, Ecuador. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Bringas, H. (2010). Estimación del carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) comparado con un bosque secundario de tres edades. Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Calderón, B. (2020). Encapsulamiento in vitro de yemas axilares de *Cordia alliodora* (Ruiz & Pav.) Oken (laurel) como alternativa de manejo, provincia de Los Ríos. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Castro, J., y Suárez, C. (2002). Anatomía de *Ochroma lagopus* (Balsa) en diferentes edades y períodos secos y lluviosos y el efecto de agentes externos. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Cedeño, B. (2017). Composición florística y estructura del bosque en la estación experimental tropical Pichilingue del INIAP, ubicado en el cantón Mocache, provincia

de Los Ríos. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Cedeño, L. (2014). Cadena de custodia de la *Tectona grandis* L.F. (Teca) en plantaciones forestales [Quevedo : UTEQ]. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2943>.

Chambi, P. (2001). Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulaciones aplicadas a la Zona del Río Inambari y Madre de Dios. Valdivia. https://www.academia.edu/36716351/valoración_economica_de_secuestro_de_carbono_mediante_simulación_aplicado_a_la_zona_boscosa_del_rio_inambari_y_madre_de_dios.

Echeverría, A., Pachacama, R., Villaverde, Y., y Proaño, N. (2018). Cálculo De Biomasa Aérea Y Carbono Capturado Calculation of Aerial Biomass and Captured Carbon From the. Revista GEOESPACIAL, 15(1), 33–44.

Ecuador Forestal. (2012). Ficha Técnica N° 7: BALSA. <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-7-balsa/>.

Espinoza, A. (2011). Determinación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea y en el suelo en plantaciones de Teca (*Tectona grandis* L.F.) en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

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. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

FAO. (2001). Situación de los bosques del mundo 2001. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. http://www.fao.org/3/y0900s/y0900s04.htm#P1_0.

FAO. (2007). Secuestro de Carbono en el Suelo | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura. <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>.

- Fonseca G., Alice G., y Rey B. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 30(1), 36–47. <https://doi.org/10.4067/s0717-92002009000100006>.
- Gomez, W.. (2020). La fertilización y su incidencia en el crecimiento de plántulas de *Tabebuia chrysantha* (Jacq.), en el vivero de la finca experimental La Represa, Cantón Quevedo, Provincia de Los Ríos. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- 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.
- Justiniano, J., Fredericksen, T., y Nash, D. (2000). Tabijos o lapachos. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas. *Journal of Chemical Information and Modeling*.
- Macías M. (2019). Determinación del agente causal de la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb. en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Mazo, N., Rubiano, J., y Castro, A. (2016). Sistemas agroforestales como estrategia para el manejo de ecosistemas de Bosque seco Tropical en el suroccidente colombiano utilizando los SIG. *Revista Colombiana de Geografía*, 25(1), 65–77.
- Montero, M., y Kanninen, M. (2003). Biomasa y carbono en plantaciones de *Terminalia* amazonia en la zona Sur de Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*, 39, 50–56.
- Mora, L. (2004). Determinación del volumen de 10 especies forestales por el método de regresión y aporte de biomasa de hojas al suelo, finca experimental “La Represa.” Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Mora V.. (2020). Implicaciones de *Fusarium* spp., en la etiología de la pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb (melina) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

- Morales, M., y Vásquez, M. (2019). Valoración económica de la captura de carbono en las especies *Podocarpus sprucei* y *Oreocallis grandiflora* en el bosque protector Aguarongo. Tesis. Universidad Politécnica Salesiana.
- Ordóñez, J., Quevedo, A., Romero, H., Duman, A., y Florin, L. (2017). Estructura y composición florística de un remanente de bosque en parroquia Bellamaría- cantón Santa Rosa. Conference Proceedings UTMACH, 2(1), 120–129. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/318/261>.
- Ordoñez J., Cabrera C., Muñoz G., Ballesteros P., y Mosquera G. (2012). Estimación de la biomasa aérea y captura de carbono en árboles dispersos en potreros con motilon silvestre (*Freziera canescens*) en el Municipio de Pasto Nariño – Colombia. Revista de Ciencias Agrícolas, 24(1 y 2), 46–55. <http://revistas.udenar.edu.co/index.php/rfacia/article/view/88>.
- Orozco, L., y Berlijin, B. (1980). Producción forestal . Trillas. <https://www.worldcat.org/title/produccion-forestal/oclc/768652549?referer=di&ht=edition>.
- Ospina, R., Ardila, A., Martínez, D., y Rengifo, E. (2013). Biomasa aérea y contenido de carbono del saladillo (*Caraipa llanorum*) en Puerto Carreño, Vichada, Colombia. Colombia Forestal, 16(2), 158–170.
- Pacheco, G., Durán, E., y Ordóñez, J. (2015). Estimación del carbono arbóreo en el área de manejo forestal de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 6(29), 126–145.
- Paillacho C. (2010). Evaluación del crecimiento inicial de *Eucalyptus urograndis*, *Gmelina arborea* Roxb y *Ochroma pyramidale* Cav. bajo la aplicación de cuatro dosis de potasio en la hacienda Zoila Luz del cantón Santo Domingo. Tesis. Escuela Politécnica del Ejército.
- Ponce, S., y Suatunce, P. (2020). Diversidad florística y estado de regeneración natural del

bosque “jardin de los sueños ” ponce.

Quinto, H., y Moreno, F. (2010). Crecimiento de árboles en un bosque pluvial tropical del chocó y sus posibles efectos sobre las líneas de energía. *Revista de Biología y Ciencias de La Tierra*, 10(2), 12–28.

Rosas, A. (2011). Determinación de la cantidad de carbono almacenado en la biomasa aérea y en el suelo en plantaciones de teca (*Tectona Grandis* L.F.) en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Salto S., R. (2019). Identificación de microorganismos fungosos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb. (Melina) en la zona central del Trópico Húmedo Ecuatoriano. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

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) [universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19153/1/UPS-CT008822.pdf>.

Schlegel, B. (2001). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Simposio Internacional Medición y Monitoreo de la Captura de Carbono en Ecosistemas Forestales. Valdivia. https://www.researchgate.net/publication/255632322_estimacion_de_la_biomasa_y_carbono_en_bosques_del_tipo_forestal_siempreverde_1.

Schlegel, B., Gayoso, J., y Guerra, J. (2001). Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. In Valdivia. https://www.ccmss.org.mx/wpcontent/uploads/2014/10/Manual_de_procedimiento_para_inventarios_de_carbono_en_ecosistemas_forestales.pdf.

Segura, M., y Andrade, H. (2008). ¿Cómo estimar rápidamente el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales indígenas de Talamanca, Costa Rica? *Agroforestería En Las Américas* , 46, 97–103.

- Solano, D. (2018). Emisiones de CO₂ y contenidos de carbono de la biomasa microbiana del suelo en el Bosque Protector Murocomba. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Torres, J. (2020). Germinación de semillas de *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken (laurel blanco) En sustratos convencionales y bajo condiciones *in vitro*. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Ulate, C. (2011). Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Vidal, J., y Italo, N. (1958). Iniciación a la ciencia forestal. Salvat. https://www.barnebys.com/auctions/lot/iniciacion-a-la-ciencia-forestal-vidal-jose-j-y-constantino-italo-n-M9S_XedUIb4.
- Viera C. (2020). Evaluación de la fase de germinación *in vitro* en Balsa *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. Universidad Estatal Amazonica.
- Zambrano M.. (2017). Incidencia y severidad de *Coptoborus ochromactonus* en plantaciones de balsa *Ochroma pyramidale* (Cax. Ex Lam) y alternativas biológicas para su manejo. Tesis. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1. Datos tomados en campo en la finca experimental “La Represa”

N° árbol	Nombre Científico	Nombre Común	DAP (cm)	HT (m)	Área basal (m ²)	VT (m ³)
1	<i>Tectona grandis</i>	Teca	12,10	12	0,011	0,097
2	<i>Tectona grandis</i>	Teca	16,87	14	0,022	0,219
3	<i>Tectona grandis</i>	Teca	17,19	16	0,023	0,260
4	<i>Tectona grandis</i>	Teca	13,69	14	0,015	0,144
5	<i>Tectona grandis</i>	Teca	18,46	15	0,027	0,281
6	<i>Tectona grandis</i>	Teca	11,78	12	0,011	0,092
7	<i>Tectona grandis</i>	Teca	16,23	16	0,021	0,232
8	<i>Tectona grandis</i>	Teca	21,33	18	0,036	0,450
9	<i>Tectona grandis</i>	Teca	15,28	11	0,018	0,141
10	<i>Tectona grandis</i>	Teca	17,19	17	0,023	0,276
11	<i>Tectona grandis</i>	Teca	14,96	15	0,018	0,185
12	<i>Tectona grandis</i>	Teca	18,14	17	0,026	0,308
13	<i>Tectona grandis</i>	Teca	18,46	16	0,027	0,300
14	<i>Tectona grandis</i>	Teca	60,48	35	0,287	7,038
15	<i>Tectona grandis</i>	Teca	14,32	15	0,016	0,169
16	<i>Tectona grandis</i>	Teca	16,55	16	0,022	0,241
17	<i>Tectona grandis</i>	Teca	15,92	17	0,020	0,237
18	<i>Tectona grandis</i>	Teca	11,46	15	0,010	0,108
19	<i>Tectona grandis</i>	Teca	18,78	18	0,028	0,349
20	<i>Tectona grandis</i>	Teca	17,19	17	0,023	0,276
21	<i>Tectona grandis</i>	Teca	18,46	18	0,027	0,337
22	<i>Tectona grandis</i>	Teca	11,78	9	0,011	0,069
23	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	41,70	20	0,137	1,912
24	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	49,02	18	0,189	2,378
25	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	43,93	22	0,152	2,334
26	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	23,24	18	0,042	0,534
27	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	14,64	8	0,017	0,094
28	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	56,66	15	0,252	2,647
29	<i>Roseodendron donnell-smithii</i>	Guayacán blanco	36,92	21	0,107	1,574
30	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	20,37	22	0,033	0,50
31	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	35,65	18	0,100	1,26
32	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	27,85	18	0,061	0,77

N° árbol	Nombre Científico	Nombre Común	DAP (cm)	HT (m)	Área basal (m ²)	VT (m ³)
33	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	29,92	17	0,070	0,84
34	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	17,83	16	0,025	0,28
35	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	17,51	15	0,024	0,25
36	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	18,14	16	0,026	0,29
37	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	15,92	14	0,020	0,19
38	<i>Gmelina arborea</i>	Melina	21,96	17	0,038	0,45
39	<i>Triplaris cumingiana</i>	Fernán Sánchez	15,72	20	0,019	0,272
40	<i>Triplaris cumingiana</i>	Fernán Sánchez	22,28	23	0,039	0,628
41	<i>Triplaris cumingiana</i>	Fernán Sánchez	49,50	25	0,192	3,367
42	<i>Triplaris cumingiana</i>	Fernán Sánchez	43,77	25	0,150	2,633
43	<i>Triplaris cumingiana</i>	Fernán Sánchez	49,97	19	0,196	2,609
44	<i>Triplaris cumingiana</i>	Fernán Sánchez	20,05	16	0,032	0,354
45	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	24,19	18	0,046	0,579
46	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	28,33	15	0,063	0,662
47	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	26,10	18	0,054	0,674
48	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	37,24	11	0,109	0,839
49	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	34,70	20	0,095	1,324
50	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	54,11	23	0,230	3,703
51	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	Amarillo lagarto	14,32	13	0,016	0,147
52	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	Amarillo lagarto	14,01	12	0,015	0,129
53	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	Amarillo lagarto	17,51	15	0,024	0,253
54	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	Amarillo lagarto	28,33	18	0,063	0,794
55	<i>Centrolobium ochroxylum</i> Rudd	Amarillo lagarto	21,55	21	0,036	0,536
56	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Tachuelo	19,10	12	0,029	0,241
57	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Tachuelo	21,96	17	0,038	0,451
58	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Tachuelo	32,47	18	0,083	1,043
59	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Tachuelo	23,87	19	0,045	0,595
60	<i>Zanthoxylum quinduense</i> Tul	Tachuelo	19,74	14	0,031	0,300
61	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	15,92	16	0,020	0,223
62	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	14,32	15	0,016	0,169
63	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	15,95	16	0,020	0,224

N° árbol	Nombre Científico	Nombre Común	DAP (cm)	HT (m)	Área basal (m ²)	VT (m ³)
64	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	11,46	14	0,010	0,101
65	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	10,82	11	0,009	0,071
66	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	11,78	12	0,011	0,092
67	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	13,37	13	0,014	0,128
68	<i>Ocrhoma pyramidale</i>	Balsa	12,73	13	0,013	0,116
69	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	26,74	25	0,056	0,983
70	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	16,71	18	0,022	0,276
71	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	25,15	23	0,050	0,800
72	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	24,99	20	0,049	0,687
73	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	14,32	14	0,016	0,158
74	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	50,93	23	0,204	3,280
75	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	21,65	20	0,037	0,515
76	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	15,12	16	0,018	0,201
77	<i>Maclura tinctoria</i>	Moral fino	17,51	17	0,024	0,286
78	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	93,26	33	0,683	15,781
79	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	14,32	14	0,016	0,158
80	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	17,19	11	0,023	0,179
81	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	12,10	10	0,011	0,080
82	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	15,60	13	0,019	0,174
83	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	12,10	12	0,011	0,097
84	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	14,64	13	0,017	0,153
85	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	13,69	12	0,015	0,124
86	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	80,53	30	0,509	10,697
87	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	91,67	31	0,660	14,323
88	<i>Schizolobium parahyba</i>	Pachaco	101,86	34	0,815	19,394
89	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	20,37	19	0,033	0,434
90	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	12,73	10	0,013	0,089
91	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	13,37	13	0,014	0,128
92	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	17,51	15	0,024	0,253
93	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	15,60	17	0,019	0,227
94	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	71,30	26	0,399	7,267
95	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	14,01	16	0,015	0,173
96	<i>Apeiba membranaceae</i>	Peine de mono	25,15	17	0,050	0,591
97	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart	Uva	42,97	18	0,145	1,827
98	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart	Uva	36,92	17	0,107	1,274
99	<i>Pourouma cecropiifolia</i> Mart	Uva	33,10	17	0,086	1,024
100	<i>Cedrela</i> sp	Cedro	28,33	20	0,063	0,882
101	<i>Cedrela</i> sp	Cedro	24,83	18	0,048	0,610
102	<i>Cedrela</i> sp	Cedro	29,28	20	0,067	0,943

N° árbol	Nombre Científico	Nombre Común	DAP (cm)	HT (m)	Área basal (m²)	VT (m³)
103	<i>Cedrela sp</i>	Cedro	28,17	17	0,062	0,742
104	<i>Cedrela sp</i>	Cedro	37,88	22	0,113	1,735
105	<i>Cedrela sp</i>	Cedro	27,37	21	0,059	0,865
106	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	23,24	15	0,042	0,445
107	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	24,51	13	0,047	0,429
108	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	25,46	16	0,051	0,570
109	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	21,65	13	0,037	0,335
110	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	23,24	17	0,042	0,505
111	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	13,37	6	0,014	0,059
112	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	13,37	7	0,014	0,069
113	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	16,23	13	0,021	0,188
114	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	14,32	13	0,016	0,147
115	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	14,64	13	0,017	0,153
116	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	13,05	12	0,013	0,112
117	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	22,28	17	0,039	0,464
118	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	26,42	18	0,055	0,691
119	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	15,92	13	0,020	0,181
120	<i>Colubrina arborescens</i>	Caoba	22,60	17	0,040	0,477
121	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	29,44	23	0,068	1,096
122	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	16,07	16	0,020	0,227
123	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	17,51	7	0,024	0,118
124	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	20,37	18	0,033	0,411
125	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	14,16	9	0,016	0,099
126	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	17,51	16	0,024	0,270
127	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	25,15	19	0,050	0,661
128	<i>Jacaranda copaia</i>	Jacaranda	22,76	20	0,041	0,570
129	<i>Samanea saman</i>	Saman	29,60	17	0,069	0,819
130	<i>Samanea saman</i>	Saman	19,74	10	0,031	0,214
131	<i>Samanea saman</i>	Saman	58,25	18	0,266	3,358
132	<i>Sloanea grandiflora</i> Sm	Achotillo	19,74	14	0,031	0,300
.....						
2834	<i>Spondias mombin L.</i>	Ciruelo	32,63	17	0,084	0,99
Suma			73186,05	49594,00		2752,37
Promedio			25,82	17,50		0,97

Anexo 2. Medición de diámetros de las especies maderables.



Anexo 3. Toma de alturas de las especies maderables.



Anexo 4. Anotación de los datos obtenidos.

