



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**TEMA:
DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO
DE CO₂ DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE
SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR.**

AUTOR: JEREMY DAVID VILLARREAL VEGA

TUTOR: DR. JHONI BUSTAMANTE

GUAYAQUIL – SEPTIEMBRE 2019



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



Guayaquil, 8 de Agosto de 2019

ANEXO 4

Señor Ingeniero
Vinicio Macas Espinosa. MSc.
DIRECTOR (E) DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
Ciudad.-

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación **DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO2 DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR** del estudiante **Jeremy David Villarreal Vega**, indicando ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,

PH.D. Johni Bustamante Romero

C.I. 0702172487

RECIBIDO

HOR/

10:20

Herlinda Flores Freire



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 5

RÚBRICA DE EVALUACIÓN TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: DETERMINACIÓN DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO₂ DEL COLORIN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR.
Autor(s): Jeremy David Villarreal Vega

ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALF.
ESTRUCTURA ACADÉMICA Y PEDAGÓGICA	4.5	4.5
Propuesta integrada a Dominios, Misión y Visión de la Universidad de Guayaquil.	0.3	0.3
Relación de pertinencia con las líneas y sublíneas de investigación Universidad / Facultad/ Carrera	0.4	0.4
Base conceptual que cumple con las fases de comprensión, interpretación, explicación y sistematización en la resolución de un problema.	1	1
Coherencia en relación a los modelos de actuación profesional, problemática, tensiones y tendencias de la profesión, problemas a encarar, prevenir o solucionar de acuerdo al PND-BV	1	1
Evidencia el logro de capacidades cognitivas relacionadas al modelo educativo como resultados de aprendizaje que fortalecen el perfil de la profesión	1	1
Responde como propuesta innovadora de investigación al desarrollo social o tecnológico.	0.4	0.4
Responde a un proceso de investigación – acción, como parte de la propia experiencia educativa y de los aprendizajes adquiridos durante la carrera.	0.4	0.4
RIGOR CIENTÍFICO	4.5	4.5
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	1	1
El trabajo expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece, aportando significativamente a la investigación.	1	1
El objetivo general, los objetivos específicos y el marco metodológico están en correspondencia.	1	1
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos y permite expresar las conclusiones en correspondencia a los objetivos específicos.	0.8	0.8
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.7	0.7
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	1	1
Pertinencia de la investigación	0.5	0.5
Innovación de la propuesta proponiendo una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.5	0.5
CALIFICACIÓN TOTAL *	10	10
* El resultado será promediado con la calificación del Tutor Revisor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.		

Mat. Edgar John Bustamante Romero, Ph.D.
No. C.I. 0702172487

fecha: Guayaquil, 08 de Agosto de 2019

RECIBIDO

HORA

10:20 AGO 2019

Herlinda Flores Freire



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 6

CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado **Johni Bustamante Romero**, tutor del trabajo de titulación *certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por Jeremy David Villarreal Vega, C.C.:0931425656, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERIA AMBIENTAL.*

Se informa que el trabajo de titulación: **DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO₂ DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR**, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio URKUND quedando el 3% de coincidencia.

<https://secure.arkund.com/view/53297174-555538-681636q1bKLvayibQMdQx1jGL1VEqzkPy0zLTE7MS05VsjLQMzAyMzM3NTY1NrMwNTe3MDSsBQA=>

PH.D. Johni Bustamante Romero
C.I. 0702172487

RECIBIDO

HORA

10:28

Herlinda Flores Freire



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 7

Guayaquil, viernes 23 de Agosto de 2019

Señor ingeniero

Vinicio Macas Espinosa, MSc.

DIRECTOR DE LA CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL

FACULTAD CIENCIAS NATURALES

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la **REVISIÓN FINAL** del Trabajo de Titulación **DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO₂ DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR**, del estudiante **Jeremy David Villarreal Vega**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

- El título tiene un máximo de 20 palabras.
- La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.
- El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.
- La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.
- Los soportes teóricos son de máximo 7 años.
- La propuesta presentada es pertinente.

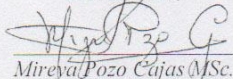
Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante **Jeremy David Villarreal Vega** está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,


Mireya Pozo Cajas MSc.

C.I. 0909378432



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 8

RÚBRICA DE EVALUACIÓN MEMORIA ESCRITA TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del Trabajo: DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO₂ DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR

Autor(s): Jeremy David Villarreal Vega

ASPECTOS EVALUADOS	PUNTAJE MÁXIMO	CALF.	COMENTARIOS
ESTRUCTURA Y REDACCIÓN DE LA MEMORIA	3	3	
Formato de presentación acorde a lo solicitado	0.6	0.6	
Tabla de contenidos, índice de tablas y figuras	0.6	0.6	
Redacción y ortografía	0.6	0.6	
Correspondencia con la normativa del trabajo de titulación	0.6	0.6	
Adecuada presentación de tablas y figuras	0.6	0.6	
RIGOR CIENTÍFICO	6	6	
El título identifica de forma correcta los objetivos de la investigación	0.5	0.5	
La introducción expresa los antecedentes del tema, su importancia dentro del contexto general, del conocimiento y de la sociedad, así como del campo al que pertenece	0.6	0.6	
El objetivo general está expresado en términos del trabajo a investigar	0.7	0.7	
Los objetivos específicos contribuyen al cumplimiento del objetivo general	0.7	0.7	
Los antecedentes teóricos y conceptuales complementan y aportan significativamente al desarrollo de la investigación	0.7	0.7	
Los métodos y herramientas se corresponden con los objetivos de la investigación	0.7	0.7	
El análisis de la información se relaciona con datos obtenidos	0.4	0.4	
Factibilidad de la propuesta	0.4	0.4	
Las conclusiones expresa el cumplimiento de los objetivos específicos	0.4	0.4	
Las recomendaciones son pertinentes, factibles y válidas	0.4	0.4	
Actualización y correspondencia con el tema, de las citas y referencia bibliográfica	0.5	0.5	
PERTINENCIA E IMPACTO SOCIAL	1	1	
Pertinencia de la investigación/ Innovación de la propuesta	0.4	0.4	
La investigación propone una solución a un problema relacionado con el perfil de egreso profesional	0.3	0.3	
Contribuye con las líneas / sublíneas de investigación de la Carrera/Escuela	0.3	0.3	
CALIFICACIÓN TOTAL*		10	
10			

* El resultado será promediado con la calificación del Tutor y con la calificación de obtenida en la Sustentación oral.

Mireya Pozo Cajas MSc.
C.I. 0909378432

fecha: viernes 23 de agosto de 2019



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 10



**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y
TECNOLOGÍA**

**FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE
GRADUACIÓN**

TÍTULO Y SUBTÍTULO:	DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO ₂ DEL COLORÍN AMARILLO (<i>Erythrina variegata</i>) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Jeremy David Villarreal Vega		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Mireya Pozo Cajas MSc. Mat. Johni Bustamante Romero, Ph.D.		
INSTITUCIÓN:	UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL		
UNIDAD/FACULTAD:	FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES		
TERCER NIVEL:	INGENIERÍA AMBIENTAL		
GRADO OBTENIDO:	INGENIERO AMBIENTAL		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	12/09/2019	No. DE PÁGINAS:	55
ÁREAS TEMÁTICAS:	CIENCIAS AMBIENTALES		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	EFECTO DE INVERNADERO, MODELO ALOMÉTRICO, BIOMASA, CARBONO.		
RESUMEN/ABSTRACT:	En las últimas décadas las emisiones de los gases efecto de invernadero (GEI) se han incrementado por el consumo de combustibles fósiles, incendios forestales, aumento de la ganadería y agricultura acrecentando el calentamiento de la superficie terrestre. El presente estudio parte de esta problemática y tiene como objetivo determinar la cantidad de CO₂ almacenado en la especie forestal Colorín Amarillo (<i>Erythrina variegata</i>), en el Parque Samanes de la ciudad de Guayaquil. Mediante la recopilación de datos dendrométricos se creó un modelo alométrico para estimar el volumen, la biomasa fue cuantificada a partir de la densidad básica de la madera y el volumen. El porcentaje de carbono se obtuvo mediante un análisis de laboratorio por calcinación, finalmente la cantidad de CO₂ almacenado en la especie fue de 0,13 toneladas lo que equivale a 1,28 t/ha el cual es un rendimiento aceptable para reducir la concretación de los GEI en la atmósfera.		
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 593 90239787	E-mail: jeremyvillarreal6@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Blga. Miriam Salvador Brito Msc. Teléfono: 3080777 - 3080758 E-mail: info@fccnnugye.com miriam.salvadorb@ug.edu.ec		



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 11

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR REVISOR

*Habiendo sido nombrado Mireya Pozo Cajas MSc., tutor revisor del trabajo de titulación DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO2 DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR, certifico que el presente trabajo de titulación, elaborado por Jeremy David Villareal Vega, con C.I. No. 0931425656, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniería Ambiental, en la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ciencias Naturales, ha sido **REVISADO Y APROBADO** en todas sus partes, encontrándose apto para su sustentación.*

Guayaquil, viernes 23 de agosto de 2019


Mireya Pozo Cajas MSc.
C.I. No. 0909378432



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 12

**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL
USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES ACADÉMICOS**

Yo, **JEREMY DAVID VILLARREAL VEGA** con C.I. No. 0931425656, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO2 DEL COLORÍN AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad Y SEGÚN EL Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo el uso de una licencia gratuita intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la presente obra con fines académicos, en favor de la Universidad de Guayaquil, para que haga uso del mismo, como fuera pertinente


JEREMY DAVID VILLARREAL VEGA
C.I. No. 0931425656



*CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN (Registro Oficial n. 899 - Dic./2016) Artículo 114.- De los titulares de derechos de obras creadas en las instituciones de educación superior y centros educativos.- En el caso de las obras creadas en centros educativos, universidades, escuelas politécnicas, institutos superiores técnicos, tecnológicos, pedagógicos, de artes y los conservatorios superiores, e institutos públicos de investigación como resultado de su actividad académica o de investigación tales como trabajos de titulación, proyectos de investigación o innovación, artículos académicos, u otros análogos, sin perjuicio de que pueda existir relación de dependencia, la titularidad de los derechos patrimoniales corresponderá a los autores. Sin embargo, el establecimiento tendrá una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra con fines académicos.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 13

DETERMINACION DEL RATIO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE CO₂ DEL COLORÍN
AMARILLO (*Erythrina variegata*) EN EL PARQUE SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR.

Autor: Jeremy Villarreal Vega

Tutor: Dr. Jhoni Bustamante

Resumen

En las últimas décadas las emisiones de los gases efecto de invernadero (GEI) se han incrementado por el consumo de combustibles fósiles, incendios forestales, aumento de la ganadería y agricultura acrecentando el calentamiento de la superficie terrestre. El presente estudio parte de esta problemática y tiene como objetivo determinar la cantidad de CO₂ almacenado en la especie forestal Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*), en el Parque Samanes de la ciudad de Guayaquil. Mediante la recopilación de datos dendrométricos se creó un modelo alométrico para estimar el volumen, la biomasa fue cuantificada a partir de la densidad básica de la madera y el volumen. El porcentaje de carbono se obtuvo mediante un análisis de laboratorio por calcinación, finalmente la cantidad de CO₂ almacenado en la especie fue de 0,13 toneladas lo que equivale a 1,28 t/ha el cual es un rendimiento aceptable para reducir la concreción de los GEI en la atmósfera.

Palabras clave: efecto de invernadero, modelo alométrico, biomasa, carbono.



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD CIENCIAS NATURALES
CARRERA INGENIERIA AMBIENTAL
UNIDAD DE TITULACIÓN



ANEXO 14

***DETERMINATION OF THE CO₂ STORAGE CAPACITY RATIO OF COLORÍN
AMARILLO (*Erythrina variegata*) IN THE PARK SAMANES, GUAYAQUIL, ECUADOR***

Author: Jeremy Villarreal Vega

Advisor: Dr. Jhoni Bustamante

Abstract

In recent decades, greenhouse gas (GHG) emissions have increased due to the consumption of fossil fuels, forest fires, increased livestock and agriculture, increasing the warming of the earth's surface. The present study starts from this problem and aims to determine the amount of CO₂ stored in the forest species Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*), in the Samanes Park in the city of Guayaquil. Through the collection of deometric data an allometric model was created to estimate the volume, the biomass was quantified from the basic density of the wood and the volume. The percentage of carbon was obtained through a laboratory analysis by calcination, finally the amount of CO₂ stored in the species was 0.13 tons, which is equivalent to 1.28 t / ha which is an acceptable yield to reduce the concretion of the GHGs in the atmosphere.

Keywords: Greenhouse effect, allometric model, biomass, carbon.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos	3
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.5. HIPÓTESIS	5
CAPITULO II.....	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.2.1. Cambio Climático	7
2.2.2. Calentamiento Global	10
2.2.3. Efecto invernadero	11
2.2.4. Dióxido de carbono	12
2.2.5. Ciclo del carbono	13
2.2.6. Biomasa arbórea	15
2.2.7. Mercado de carbono	16
2.2.8. Unidad Omero.....	17
2.2.9. Área protegida.....	17
2.2.10. Descripción general de la especie de estudio	20
2.3 MARCO LEGAL.....	21
2.3.1 Normas nacionales	21
2.3.2. Normas Internacionales	22
CAPÍTULO III	23
3.1. ÁREA DE ESTUDIO	23
3.2. METODOLOGÍA	24
3.3.1. Tamaño de la muestra	24
3.3.2. Recopilación de datos	24
3.3.3 Cálculos	28
CAPÍTULO IV	36
4.1. RESULTADOS	36
4.1.1 Ficha de datos de campo.....	36
4.1.2. Relación entre el volumen y el DAP	37
4.1.3. Relación entre el CO ₂ y la biomasa.....	37
4.1.4. Proyección de captura de CO ₂ en una hectárea	38
4.1.5 Análisis T de student	38
4.2. DISCUSIÓN	39
4.3. CONCLUSIONES	40
4.4 RECOMENDACIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
ANEXOS.....	47

Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas del área de estudio.....	23
Tabla 2. Modelos evaluados para estimar volumen.....	30
Tabla 3. <i>Ecuaciones obtenidas a partir del análisis de regresión para estimar el volumen.....</i>	33
Tabla 4. Medidas tomadas en los árboles.....	36
Tabla 5. Prueba T de student.....	38

Índice de Figuras

Figura 1. Cambio de longitud de onda entre la luz que incide en la superficie terrestre (ultravioleta) y la que es reflejada por la superficie terrestre una vez que se ha calentado (infrarrojo).....	11
Figura 2. Captura de carbono ante cambio climático.....	13
Figura 3. Colorín Amarillo.....	19
Figura 4. Área de estudio.....	23
Figura 5. Variables tomadas en la especie de estudio.....	25
Figura 6. Procedimiento para mediciones del DAP.....	26
Figura 7. Medición de la altura del árbol con el clinometro.....	27
Figura 8. Calculo del Volumen del árbol.....	29
Figura 9. Modelos de regresión.....	31
Figura 10. Gráfica de dispersión entre volumen y DAP.....	37
Figura 11. Gráfica de dispersión entre CO ₂ y biomasa.....	37

INTRODUCCIÓN

Desde la época preindustrial, el hombre ha realizado actividades de extracción (agricultura, minería, ganadería entre otros) y consumo de materias primas especialmente de origen fósil. Debido a esto se han emitido gases de efecto invernadero (GEI) que van directo a la atmósfera, modificando su composición (González & Padilla, 2011).

El dióxido de carbono (CO_2) es uno de los gases efecto invernadero más comunes e importantes ya que es responsable del calentamiento de la superficie terrestre, debido a que su emisión se ha ido incrementado en los últimos 40 años en un 80% equivalente a 30 Gigatoneladas (Useros, 2013).

No solo los océanos son los principales sumideros de carbono naturales sino también los bosques que tienen un papel importante en el balance del CO_2 ya que durante la respiración vegetal estos emiten aproximadamente unas 220 Gigatoneladas de CO_2 y absorben unas 450 Gigatoneladas al año. Por tal razón los bosques son importantes para reducir las concentraciones de CO_2 en la atmósfera y así mitigar los impactos del cambio climático (Ajete, Mercadet, Álvarez, Toirac, & Conde, 2012).

El Área Nacional de Recreación Samanes forma parte del Patrimonio Natural de Áreas protegidas del Ecuador y dentro del Sistema Nacional de áreas Protegidas, siendo la única área que posee una estructura urbana en el país. Para la elaboración de este estudio se emplearon métodos indirectos que consisten en usar modelos de regresión con variables obtenidas en el campo para estimar la biomasa, cuantificar la captura de CO_2 en la especie Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*) y evaluar su eficacia en la mitigación de las concentraciones de CO_2 en la atmosfera.

CAPÍTULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las actividades diarias del hombre generan impactos sobre el ambiente provocando efectos que requieren mecanismos de control para mitigar esos impactos. “Todos los días usamos grandes volúmenes de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural) que mediante procesos de transformación se obtienen derivados que son usados para satisfacer la demanda energética, emitiendo así dióxido de carbono” (Benito, 2016). La deforestación y la quema de bosques son actividades que también liberan CO₂ a la atmósfera.

En Ecuador las emisiones totales de CO₂ provienen mayormente del sector Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura con un 49,46%. El sector de Energía representa un 44,92% lo que equivale a 36.512,75 Gg de CO₂ provenientes de la quema de combustibles. Por último el sector de procesos Industriales generó 4.571,72 Gg de CO₂ eq es decir un 5,62% debido a la industria de los minerales (Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE), 2016).

Esta cantidad de CO₂ que es liberado en la atmósfera, junto con el aumento de las emisiones de otros gases efecto invernadero como el metano, óxido nitroso y el ozono. Están causando gradualmente el calentamiento del planeta, acrecentando la temperatura del sistema atmosférico (Torres, 2011).

En la ciudad de Guayaquil no existe un control sobre las emisiones que afectan la calidad del aire, por lo que es necesario mantener el cuidado de las Unidades de Conservación que nos dan el servicio de reducir la contaminación del aire y el almacenamiento del Carbono.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Determinar la cantidad de CO₂ almacenado en la especie "*Erythrina variegata*" Colorín Amarillo localizado en el parque Samanes, Guayaquil, Ecuador.

1.2.2. Objetivos específicos

- Mensurar los parámetros físicos más representativos de la especie de estudio.
- Determinar la ecuación que más se ajusta para el cálculo del volumen de la especie estudiada.
- Cuantificar el carbono almacenado en el Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Las áreas urbanas generan enormes cantidades de dióxido de carbono, a pesar de eso el arbolado de los parques y los pocos remanentes de bosque que encontramos dentro de las ciudades, pueden actuar como sumideros naturales al capturar y disminuir la concentración de este gas en el aire. El conocimiento sobre el potencial de captura de la vegetación urbana en relación con el CO₂ emitido es escaso y limitado. Esto hace que las acciones tomadas para mitigar el cambio climático no sean muy eficaces (Domínguez, 2016).

El Área Nacional de Recreación Samanes conocido como “Parque Samanes” , posee una gran densidad y variedad de flora siendo una de estas el Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*). La medición de captura de CO₂ en dicha especie, permitirá conocer cuánto CO₂ puede almacenar en forma de biomasa para compensar las emisiones generadas por las actividades antropogénicas, también se podrá tomar acciones más eficaces en la restauración de ecosistemas terrestres degradados con especies forestales que puedan actuar como sumideros de carbono.

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El estudio tiene como finalidad cuantificar el CO₂ que puede almacenar la especie Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*), tomando mediciones de los árboles en el parque Samanes ubicado en la parroquia Tarqui de la ciudad Guayaquil. “Es importante tener en cuenta que en el interior del parque todavía existen algunos remanentes de bosque seco del litoral y desde su creación como área protegida en el año 2010, es aprovechado como un área de recreación familiar” (Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador (SNAP), 2015).

1.5. HIPÓTESIS

- Hipótesis nula

H₀ = La especie *Erythrina variegata*, captura más de una tonelada de CO₂ en una hectárea.

- Hipotesis alterna

H₁ = La especie Colorin Amarillo, captura menos de una tonelada de CO₂ en una hectárea.

CAPITULO II

2.1. ANTECEDENTES

En Ecuador la cobertura vegetal al año 2008 es de 14'123.637 ha, que representa el 57% de todo el territorio nacional. La vegetación se encuentra dividida en bosque nativo: 11'307.627 ha, páramos: 1'380.755 ha, vegetación arbustiva: 1'175.423 ha y vegetación herbácea: 259.832 ha (MAE, 2014).

En el país la cantidad de carbono almacenado en la biomasa es de 1.63 Gt, aproximadamente más del 50% del carbono almacenado está en sitios con alta capacidad de captura de carbono que tienen una composición vegetal y características edafológicas que no han sido alteradas por el hombre; estas áreas las podemos encontrar en el pie de monte de los Andes o en la región amazónica del país (Granja, 2015).

En la investigación realizada en el Bosque Protector Tinajillas localizado en la provincia de Morona Santiago en el cantón Limón Indanza en Ecuador, se estimó la cantidad de biomasa y carbono a partir de mediciones obtenidas en el campo. Arévalo (2015), explica que “como resultado de la investigación se obtuvo que el bosque puede almacenar 41 toneladas de carbono por hectárea, con un promedio de CO₂ almacenado de 151 t/ha”. Conocer la cantidad de carbono en la biomasa permite entender las funciones que los bosques desempeñan en el sistema natural.

En otro estudio realizado en el bosque nativo Santiago del Estero en Argentina. Barrionuevo y Pan (2009), determinaron que “existen 61.326 toneladas de carbono por hectárea almacenado en la vegetación del ecosistema forestal equivalentes a 225.64 toneladas de CO₂ por hectárea”. Esto justifica la importancia que tienen los árboles por que absorben el CO₂ de la atmosfera a medida que van creciendo almacenándolo en forma de biomasa en sus hojas, ramas, tallos y raíces.

En Ecuador no existen estudios realizados en la especie Colorín Amarillo (*Erythrina variegata*), para determinar la capacidad de almacenamiento de CO₂, por lo que este trabajo constituye el primero en generar esa información.

Es importante tener en cuenta que los servicios ecosistémicos que ofrecen las áreas protegidas son fundamentales para afrontar el cambio climático, debido a que almacenan carbono y previenen la liberación del mismo. La creación de nuevas áreas protegidas, representa una gran oportunidad para aumentar las reservas de carbono.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cambio Climático

El cambio climático es la variación de las propiedades del clima que puede durar largos períodos de tiempo, la forma de evaluar estos cambios es mediante el uso de pruebas estadísticas para determinar las variaciones del clima en el tiempo. El cambio climático puede deberse a procesos naturales internos y externos de la tierra, también a cambios antrópicos que alteran la composición de la atmósfera (Panel Intergubernamental de expertos sobre Cambio Climático (IPCC), 2014).

Es decir que el cambio climático incluye modificaciones significativas en los parámetros del clima, que pueden mantenerse durante periodos de tiempo que duran en general varias décadas o más.

Actualmente las personas consideran que el cambio climático es un problema ambiental causado por las acciones que se llevan a cabo para satisfacer las necesidades básicas diarias. Pero también se trata de un problema de sostenibilidad económica de los países que no han logrado un desarrollo industrial y emplean de forma ineficiente sus recursos, toda nación que busque un desarrollo deberá integrar objetivos sociales, económicos y medioambientales; adaptándose a las condiciones climáticas futuras, sin comprometer las necesidades de las siguientes generaciones (Álvarez, 2010).

2.2.1.1. Consecuencias del cambio climático

El cambio climático ocasionara efectos severos como el deshielo, sequías, inundaciones; el ambiente ha mostrado cierta capacidad de resiliencia frente a las perturbaciones que han sido causadas por las actividades del hombre, pero se teme que en las próximas décadas se llegue a un punto donde esta capacidad de resiliencia se pierda y cualquier medida para revertir los efectos de los impactos ambientales sea ineficaz (Power, 2009).

A continuación se describen algunos de los principales efectos del cambio climático:

- **Aumento de temperatura**

La temperatura de la tierra no se mantiene constante debido a los movimientos rotación y traslación que realiza; por ello es muy difícil determinar un valor exacto de cuanto es la temperatura. Por lo que se toman lecturas de lugares fríos y cálidos antes de calcular la temperatura media que esta generalmente establecida en unos 15 °C.

Useros (2013), indica que la temperatura media del planeta podría incrementarse entre 1,8 y 4 grados centígrados; debido al aumento en las concentraciones de CO₂ en la atmosfera que eran de 280 ppm en la era preindustrial y 387 ppm hasta el año 2008 lo que dará como resultado efectos nocivos en la salud humana.

. Ruiz (2007), explica que no existe una teoría exacta que nos permita saber cuánto sube la temperatura si se duplica o cuadruplica la concentración de CO₂ en la atmósfera. A pesar de eso existen modelos matemáticos que mediante la combinación con distintos escenarios de emisión se pueden obtener valores de aumento de temperatura y cómo será su distribución geográfica. Un aumento en la concentración de CO₂ del 1% al año, hasta llegar a 550 ppm, los modelos indican un aumento de 3 grados en la temperatura media de la tierra.

- **Cambios en aguas continentales**

Los sistemas hidrológicos también se están viendo afectados por el aumento de escorrentía debido a las variaciones en las precipitaciones, la llegada prematura del caudal máximo en numerosos ríos que son alimentados por glaciares, el calentamiento de arroyos y lagos en muchas regiones del planeta; alterando los parámetros físicos del agua (Díaz, 2012).

- **Impactos en la biodiversidad**

Los efectos sobre la biodiversidad se pueden observar en los niveles de organización ecológica; empezando por los individuos donde existen cambios en su fisiología y comportamiento en las etapas de crecimiento, reproducción y migración. A nivel de población las modificaciones en los patrones de lluvia y el incremento de temperatura; afectan el tamaño, estructura y abundancia de especies en las poblaciones. Todos estos efectos más los del cambio climático afectan la interacción entre especies y el ciclo de nutrientes provocando un deterioro de los servicios ecosistémicos (Uribe, 2015).

- **Cambio en el nivel de los mares**

Debido a que el nivel del mar no se mantiene constante es difícil establecer un nivel promedio a escala global, puesto que en cada país se toma un nivel predeterminado. Si se quiere saber la altitud de una localidad o población se deberá comparar con relación al nivel establecido para ese país. Desde 1993 se ha acelerado el aumento del nivel del mar; se considera que el nivel del mar se elevaría entre 0,6 y 1m para este siglo XXI (Oyarzún, 2014).

2.2.1.2. Acciones para reducir el cambio climático

Para reducir o mitigar los efectos del cambio climático muchos expertos han considerado acciones como la reducción del uso de vehículos, mejora del sistema de calefacción y aire acondicionado en los hogares, sustitución del carbón por gas natural en plantas de potencia, uso de energías renovables y el reemplazo de los combustibles fósiles por biocombustibles (etanol, biodiesel, biogás). Otro punto importante es lograr una gestión correcta de las ciudades; mediante la construcción de edificios ecológicos, mejora del bienestar humano para la fomentación de acciones como el reciclaje y reducción del consumo de energía (Power, 2009).

Los países desarrollados al ser los que más contaminan, deben comprometerse a reducir las emisiones de GEI, por medio del uso de tecnologías más amigables con el ambiente y la creación de políticas que incluyan el cambio de uso del suelo y la silvicultura como parte de las acciones para disminuir las emisiones directas de gases efecto de invernadero.

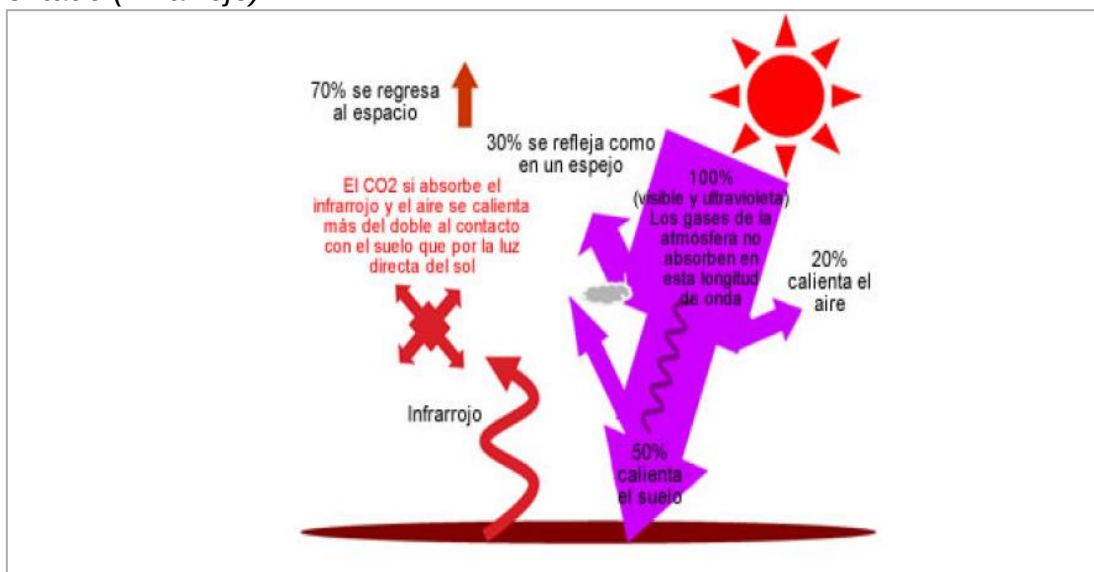
2.2.2. Calentamiento Global

“Entendemos por calentamiento global al incremento progresivo de la temperatura global en la superficie; debido a las emisiones antropogénicas que intensifican el forzamiento radiativo es decir el calentamiento de nuestro planeta” (IPCC, 2014). El cambio climático no debe confundirse con el calentamiento global que hace referencia al aumento de la temperatura media global y es solamente un aspecto del cambio climático que está provocando cambios en los parámetros del clima.

2.2.3. Efecto invernadero

Los gases de la atmósfera están sometidos por la atracción gravitacional de la tierra, haciendo que la mayor parte de estos se concentren cerca de la superficie terrestre en los primeros 50 km de la atmósfera; conformada por la tropósfera y la estratósfera. Los gases atmosféricos no pueden absorber directamente la luz solar (longitud de onda corta – alta energía), por lo que el 50% de la luz que llega a la superficie, el 20% es retenido por la atmósfera y solo el 30% es reflejado al espacio. La luz solar que llega a la superficie terrestre se transforma en radiación de baja energía (longitud de onda larga) que es reflejada nuevamente a la atmósfera y siendo absorbida por los gases permitiendo mantener una temperatura agradable para los seres vivos (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007).

Figura 1
Cambio de longitud de onda entre la luz que incide en la superficie terrestre (ultravioleta) y la que es reflejada por la superficie terrestre una vez que se ha calentado (infrarrojo).



Fuente: (Caballero, Lozano, & Ortega, 2007).

2.2.3.1 Gases efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero son gases traza presentes en la atmósfera, estos gases tienen la capacidad de absorber y emitir radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie terrestre, en la actualidad la concentración de estos gases se está elevando debido a las actividades humanas que contribuyen al efecto invernadero. Estos gases son dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono troposférico, hexafluoruro de azufre, perfluorocarbonos y hidrofluorocarbonos. Los gases como el oxígeno y nitrógeno a pesar de que son los más abundantes en la atmósfera, tienen bajo o nulo efecto en el aumento de temperatura (Benavides, 2007).

En la atmósfera podemos encontrar dos tipos de GEI, los directos (metano, dióxido de carbono, óxido nitroso y compuestos halogenados) que son aquellos que persisten en la baja atmósfera durante periodos de tiempo largos o cortos, estos gases llegan a la atmósfera tal cual como son emitidos; son responsables del aumento significativo de la temperatura ya que tienen la capacidad de absorber y remitir radiación de onda corta. Los GEI indirectos (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles), son precursores del ozono troposférico, contaminan el aire y una vez que llegan a la atmósfera se transforman en GEI directos.

2.2.4. Dióxido de carbono

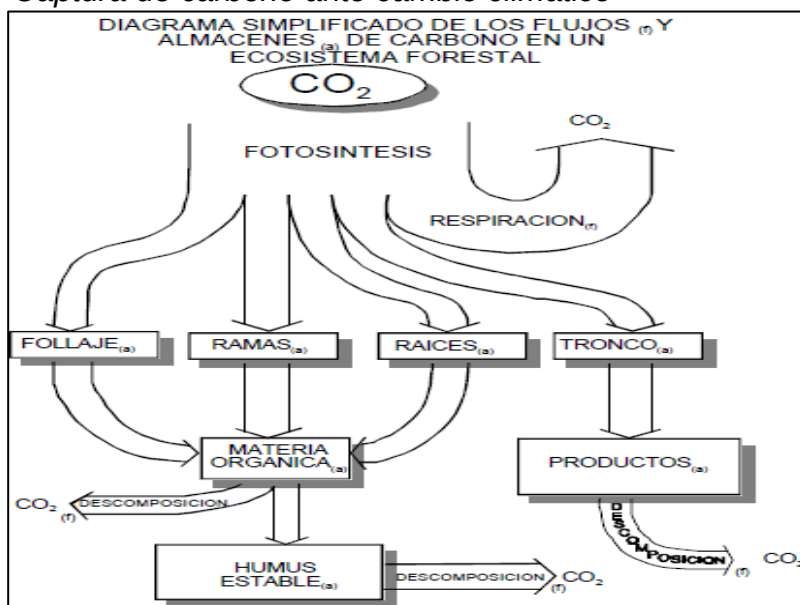
El dióxido de carbono es un gas traza que se encuentra en la atmósfera con una concentración actualmente de 0,04% equivalente a 410 ppm. Su formación está asociada a fuentes naturales (volcanes, géiseres, aguas termales, entre otros), pero también a fuentes antrópicas principalmente por el consumo de combustibles fósiles, cambio en el uso del suelo y la deforestación causada por la expansión de tierras para pastoreo donde el 70% de los bosques en América Latina se usan como pastizales (Benavides, 2007).

2.2.5. Ciclo del carbono

El carbono es un elemento esencial en todos los compuestos orgánicos, pero su cantidad en el ambiente es limitada por lo que siempre se recicla continuamente, circulando a través de las diferentes partes constitutivas del planeta (biosfera, atmósfera, hidrosfera y litosfera). El carbono lo podemos encontrar en el aire en mayor parte como dióxido de carbono, las plantas a través de la fotosíntesis convierte el CO_2 en moléculas orgánicas que pasan a formar parte de su biomasa. La respiración vegetal, caída de hojas, desprendimiento de órganos reproductivos y la muerte de árboles regresan el carbono absorbido a la atmósfera (Montero, Ruiz, & Muñoz, 2005).

Figura 2

Captura de carbono ante cambio climático



Fuente: (Montero, Ruiz, & Muñoz, 2005).

A escala global el carbono se cicla a través de 4 depósitos de carbono como son la atmósfera, el suelo, los océanos y otros ambientes acuáticos. El mayor depósito de carbono se encuentra en sedimentos y rocas con tiempos de renovación demasiados extensos. Desde un punto de vista biológico también podemos encontrar una gran cantidad de carbono en plantas terrestres, a pesar de eso hay más carbono en la materia orgánica muerta (humus) que en la materia viva (Frioni, 2005).

Existen modelos creados que recopilan datos geológicos, biológicos, geoquímicos y climatológicos; para cuantificar la transferencia de carbono entre los distintos sistemas de almacenamiento (atmósfera, la hidrosfera, biosfera y litosfera), que forman parte del ciclo del carbono a diferentes escalas de tiempo. El ciclo del carbono a corto plazo evalúa los cambios rápidos en los flujos de carbono que se producen en el clima. El ciclo del carbono de largo plazo está definida en tiempos a escala de millones de años donde se evalúa la transferencia paulatina de carbono entre los distintos sistemas de almacenamiento (Chivelet, 2010).

2.2.5.1. Captura de carbono en bosques

Los árboles incorporan el CO₂ mediante la fotosíntesis en forma de biomasa (madera, raíces, ramas y hojas), aproximadamente el 50% de la materia seca de un árbol es carbono. El CO₂ es devuelto al entorno mediante la respiración vegetal, incendios forestales y en la tala cuando son aprovechados para fines comerciales. La mayor parte del carbono regresa al suelo por degradación de la materia orgánica muerta. Una vez que los árboles alcanzan un estado de desarrollo y madurez completo, la fijación de carbono llega a un punto de saturación por lo que resulta casi imposible que pueda seguir capturando carbono (Ordoñez & Maser, 2001).

La respiración vegetal y la descomposición de materia orgánica liberan 10 veces más CO₂ del que es producido por la actividad antrópica. Estas emisiones son reguladas por la vegetación terrestre y los océanos; los cuales poseen funciones ecológicas importantes que ayudan a la captura de carbono. Según el IPCC entre 60 y 80 Gt de carbono podrían ser captados en los bosques para el año 2050 (Vargas & Yañez, 2004).

2.2.5.2. Carbono almacenado

El carbono que encontramos formando parte de la estructura del árbol (raíces, tallos, hojas y tronco), como biomasa se considera que está almacenado; este carbono es incorporado a la estructura vegetal por medio de la captura de CO₂ durante el proceso de la fotosíntesis. Este regresa al ambiente por la descomposición de materia orgánica o actividad humana, reincorporándose a su ciclo nuevamente (Ordoñez & Maser, 2001).

Existe una gran cantidad de carbono almacenado en los bosques a nivel mundial, superando el porcentaje de carbono que encontramos en la atmósfera. Para conservar o incrementar los depósitos de carbono en bosques; se debe realizar una ordenación forestal sostenible, adecuando de mejor manera los sitios que han sido deforestados o degradados que han ocasionado la pérdida de estos grandes almacenes de carbono (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2011).

Para cuantificar la cantidad de carbono almacenado en los árboles, es necesario determinar la biomasa que puede ser estimada mediante métodos directos e indirectos. La biomasa del árbol es directamente proporcional a la capacidad que tiene para capturar y almacenar carbono.

2.2.6. Biomasa arbórea

La biomasa arbórea es la cantidad total de masa orgánica viva que se encuentra por encima y debajo del suelo. La estimación de biomasa forestal constituye un paso fundamental para estimar la cantidad de carbono contenido en árboles el cual a su vez; permite cuantificar las toneladas de CO₂ que pueden ser removidas de la atmósfera (Manson, Hernández, Gallina, & Melhtreter, 2008).

Estimar la biomasa en árboles, puede resultar muy costoso si se emplean métodos destructivos. La mejor alternativa para reducir los costos es usar modelos de regresión que proporcionen valores confiables, los cuales son calculados a partir de mediciones directas obtenidas del árbol (Domínguez, Aguirre, Jiménez, Rodríguez, & Díaz, 2009).

Se debe considerar que existen dos términos muy usados para estimar la biomasa arbórea de acuerdo a las necesidades del investigador; los cuales son la biomasa aérea o por encima del suelo el cual incluye tronco, tallo y hojas. El otro es la biomasa subterránea o debajo del suelo donde se encuentra las raíces.

2.2.6.1 Métodos para determinar biomasa

Existen métodos directos los cuales son considerados destructivos debido a que requieren cortar los árboles para evaluar cada componente y estimar con mayor precisión los valores de biomasa; estos métodos son más costosos y constituye un problema para los ecosistemas. Con el avance de la tecnología, se pueden emplear métodos indirectos que usan una metodología basada en el uso de modelos de regresión para estimar biomasa (Mónaco, Santa, Autrán, Rosa, & Heguiabehere, 2015).

Los métodos indirectos no son costosos, estos métodos determinan la cantidad de biomasa usando modelos de regresión y ecuaciones de ajuste; empleando datos obtenidos mediante mediciones dendrométricas para estimar el volumen del árbol y luego la biomasa (Mónaco, Santa, Autrán, & Rosa, 2017).

2.2.7. Mercado de carbono

El mercado de carbono es un sistema de comercio, donde se compran y venden créditos de carbono; tiene como objetivo mitigar el cambio climático. Este mercado compensa monetariamente a toda entidad que reduzca sus emisiones de GEI o secuestre carbono, las entidades que no puedan o les cueste reducir sus emisiones deberán comprar créditos para compensar dichas emisiones (Samayoa & Sosa, 2011).

Tenemos dos tipos de mercado de carbono, el primero es el mercado regulado donde las empresas y gobiernos obligatoriamente deben reducir sus emisiones. Luego está el mercado voluntario, donde se comercian créditos de carbono entre las empresas que incorporaron de forma voluntaria objetivos de reducción de GEI en caso de no cumplir con la reducción de sus emisiones, no son penalizados como en el mercado regulado (Hamilton, Sjardin, Shapiro, & Marcello, 2009).

2.2.8. Unidad Omero

Se conoce que uno de los agentes de captura de CO₂ son los árboles, por tanto es necesario conocer la cantidad de CO₂ que pueden capturar y almacenar. Cada árbol tiene diferente masa el cual es directamente proporcional a la cantidad de CO₂ captado, por tanto la cantidad de CO₂ almacenado es diferente en cada árbol.

Bajo este razonamiento y con la finalidad de establecer una medida para cuantificar el impacto ambiental generado por las industrias, específicamente en las emisiones de CO₂, se creó la unidad Omero el cual se define como la cantidad de CO₂ almacenado en una hectárea de bosque (Bustamante, & Riofrio, 2018).

2.2.9. Área protegida

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), define a las áreas protegidas como un espacio geográfico claramente delimitado, reconocido y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos. Por otra parte el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CBD) define a las áreas protegidas como un área geográficamente definida que se encuentra regulada y gestionada para lograr objetivos específicos de conservación (Dudley, 2008).

2.2.9.1 Categorías de manejo de áreas protegidas

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) estableció seis categorías como una medida estándar para guiar a los países en la definición de sus propias categorías siendo las siguientes:

- **Categoría Ia: Reserva Natural Estricta**

Son áreas estrictamente protegidas, en la cual tiene como objetivo proteger la biodiversidad así como los rasgos geológicos y geomorfológicos del área. Donde el turismo y los impactos causados por el mismo, están estrictamente regulados. Estas áreas protegidas sirven como áreas de referencia indispensables para la investigación científica y el monitoreo.

- **Categoría Ib: Área Natural Silvestre**

Este tipo de áreas normalmente son más extensas y son menos estrictamente reguladas de los visitantes que la categoría (Ia), aunque no están sujetas normalmente al turismo masivo.

- **Categoría II: Parque Nacional**

Tienen como finalidad proteger la biodiversidad natural junto con la estructura ecológica. Las actividades que se realizan están relacionadas con la investigación, monitoreo ambiental y el desarrollo del turismo como actividad de apoyo para la conservación de los recursos naturales.

- **Categoría III: Monumento Natural**

Estas áreas son creadas para proteger un monumento natural específico, como puede ser una formación terrestre, una montaña submarina, una caverna submarina, un rasgo geológico como una cueva o incluso un elemento vivo como una arboleda antigua. Normalmente son áreas protegidas bastante pequeñas y a menudo tienen un gran valor para los visitantes.

- **Categoría IV: Áreas de gestión de hábitats/especies**

El objetivo de estas áreas es la protección de hábitats o especies concretas, muchas áreas protegidas de categoría IV van a necesitar intervenciones constantemente para abordar las necesidades de especies concretas o para mantener hábitats, pero esto no es un requisito de la categoría.

- **Categoría V: Paisaje terrestre/marino protegido**

Las áreas de categoría V comúnmente son paisajes terrestres o marinos que han sido alterados por los seres humanos durante muchos años y se encuentran bajo una intervención continua para mantener sus características, incluyendo la biodiversidad. Muchas áreas protegidas de categoría V contienen asentamientos humanos permanentes.

- **Categoría VI: Área protegida con uso sostenible de los recursos naturales**

La categoría VI contienen áreas naturales en las que la conservación de la biodiversidad va unida al uso sostenible de los recursos naturales. Normalmente son áreas extensas en las que se considera que uno de los objetivos principales del área es el uso no industrial y de bajo nivel de los recursos naturales, compatible con la conservación de la naturaleza.

2.2.9.2. Servicios ecosistémicos de las áreas protegidas

Los servicios ecosistémicos son recursos o procesos de los ecosistemas naturales que benefician al hombre directa o indirectamente. Se encuentran divididos en servicios culturales, servicios de provisión que son los productos obtenidos del ecosistema, servicios de regulación que son obtenidos a través de procesos ecológicos y de soporte (Armenteras, & Morales, 2010).

El beneficio principal que se obtiene de las áreas protegidas es la conservación de la biodiversidad y de los ecosistemas que son mucha importancia para la supervivencia del hombre. Además regulan el clima, proveen de agua potable, reducen el impacto del cambio climático protegiendo a las poblaciones de fenómenos como las inundaciones, deslizamientos y otros desastres naturales. Por otra parte las áreas protegidas pueden proporcionar fuentes de empleo para la población local, ayudando a reducir la pobreza (Pabón, Bezaury, León, Gill, Stolton, Groves, Mitchell, & Dudley, 2008).

2.2.10. Descripción general de la especie de estudio

2.2.10.1. Información taxonómica

Figura 3
Colorín Amarillo



Fuente: Autor

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: Erythrina

Especie: variegata

Nombre científico: *Erythrina variegata*

Nombre vulgar: Colorín Amarillo o árbol amarillo

2.2.10.2. Taxonomía de la especie

Son árboles caducifolios que alcanzan una altura máxima de 12 m, su tronco es verdoso con escasas espinas negras. Sus hojas son grandes de color verde oscuro con amarillo tienen forma ovada de 25 cm de longitud. Poseen flores en inflorescencia de 7 cm de longitud, de color rojo anaranjado. Produce frutos de 25 cm de longitud en forma de vainas que contienen semillas (Molina, Lavayen, & Fabara, 2015).

2.2.10.3. Condiciones de siembra

El Colorín amarillo se multiplica por semillas, necesita estar expuesto total o parcialmente al sol y un clima cálido con humedad alta. Pueden tolerar varios tipos de suelos, pero se recomienda que estén en suelos con buen drenaje del agua (Molina, Lavayen, & Fabara, 2015).

2.2.10.4. Mantenimiento y usos

Es muy susceptible al pulgón, por lo que es necesario plantarlo en lugares ventilados para minimizar la infestación en época seca; la poda debe hacerse de forma moderada. Este árbol tiene uso ornamental y medicinal, puede cultivarse en filas para dar sombra debido a su gran follaje, sus hojas son fuente de alimento para larvas de algunas especies de lepidópteros (Molina, Lavayen, & Fabara, 2015).

2.3 MARCO LEGAL

2.3.1 Normas nacionales

2.3.1.1. Constitución de la república del Ecuador 2008

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto.

2.3.1.2. Código Orgánico del Ambiente

Art. 37.- Del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas estará integrado por los subsistemas estatal, autónomo descentralizado, comunitario y privado. Su declaratoria, categorización, recategorización, regulación y administración deberán garantizar la conservación, manejo y uso sostenible de la biodiversidad, así como la conectividad funcional de los ecosistemas terrestres, insulares, marinos, marino-costeros y los derechos de la naturaleza.

Las áreas protegidas serán espacios prioritarios de conservación y desarrollo sostenible. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberán incorporar las áreas protegidas a sus herramientas de ordenamiento territorial.

En las áreas protegidas se deberán establecer limitaciones de uso y goce a las propiedades existentes en ellas y a otros derechos reales que sean necesarias para asegurar el cumplimiento de sus objetivos de conservación. El Estado evaluará, en cada caso, la necesidad de imponer otras limitaciones

Art. 257.- Enfoques para la adaptación y mitigación. En las acciones de adaptación se crearán y fortalecerán las capacidades del país para afrontar los impactos del cambio climático, con énfasis en la reducción de la vulnerabilidad y de acuerdo a las prioridades establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional

Para las acciones de mitigación se implementarán, entre otras, aquellas tendientes a reducir emisiones de gases de efecto invernadero, incrementar sumideros de carbono y crear condiciones favorables para la adopción de dichas acciones en los sectores priorizados e impulsar iniciativas que se realicen sobre este tema de conformidad con los acuerdos internacionales ratificados por el Estado.

Art. 260.- De los gases de efecto invernadero. La Autoridad Ambiental Nacional podrá determinar y establecer esquemas de compensación de emisiones de gases de efecto invernadero en el ámbito nacional. Estos esquemas de compensación serán reconocidos por la Autoridad Ambiental Nacional o compatibles con instrumentos ratificados por el Estado y la política nacional de cambio climático.

2.3.2. Normas Internacionales

Los tratados internacionales en los cuales el Ecuador está suscripto, referente a la problemática del cambio climático y gases GEI son:

- Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono.
- Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático.
- Protocolo de Montreal.
- Protocolo de Kyoto.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica

CAPÍTULO III

3.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área tomada para la elaboración del estudio se encuentra ubicada dentro del parque samanes, en una parcela de 147m x 22m para medir los árboles. Las coordenadas se muestran en la siguiente tabla:

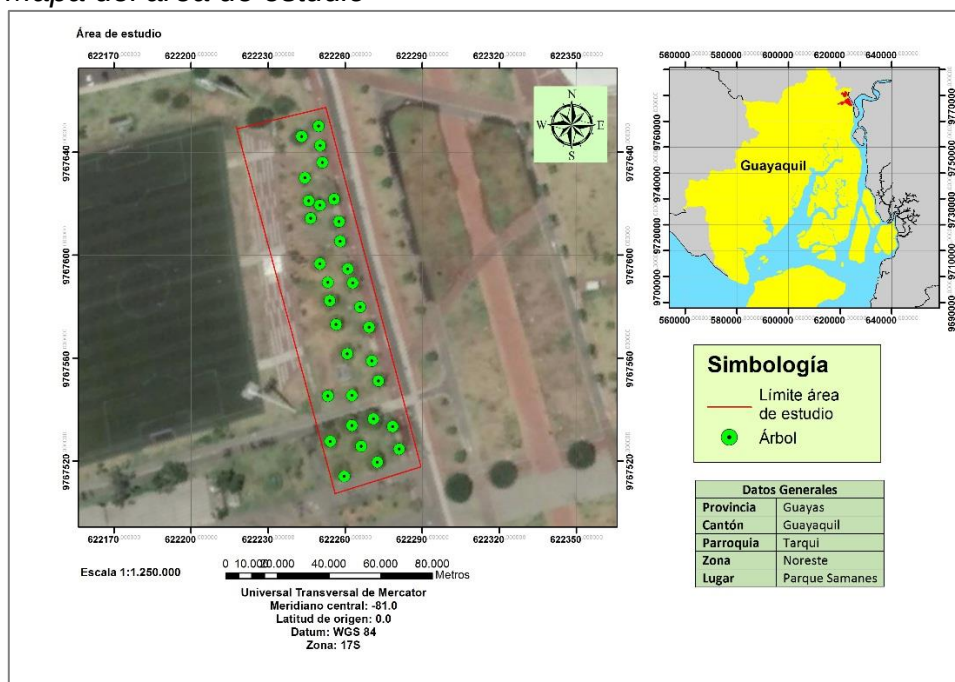
Tabla 1
Coordenadas del área de estudio

X	Y
622.268,979	9.767.532,994
622.289,087	9.767.539,211
622.239,689	9.767.675,241
622.220,216	9.767.670,690

Fuente: Autor

Para llegar al lugar, se puede ingresar por diferentes tramos del parque ya sea en bicicleta o en automóvil a las áreas de estacionamiento para luego caminar hasta el sitio de estudio.

Figura 4
Mapa del área de estudio



Fuente: Autor

3.2. METODOLOGÍA

3.3.1. Tamaño de la muestra

Para una población total de 32 individuos se muestrearon 30 árboles. El tamaño de muestra se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{(z^2).(p).(q).(N)}{(e^2).(N-1) + (z^2).(p).(q)}$$

Donde:

n = Número de muestra.

z = nivel de confianza a 95 %.

p = probabilidad a favor.

q = probabilidad en contra.

e = Máximo de error permitido a 5%.

N = Población.

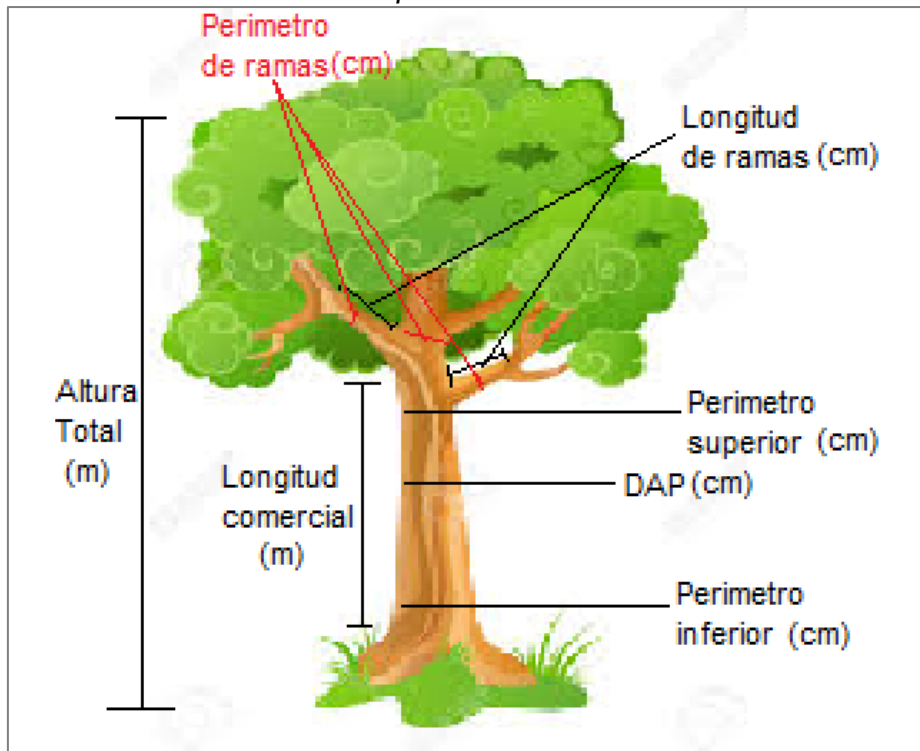
3.3.2. Recopilación de datos

Para cuantificar la cantidad de CO₂ fijado por la especie vegetal, existen varios métodos sin embargo el más usado para evaluar este proceso de captura; es mediante la estimación de biomasa, el cual es multiplicado por un coeficiente que indica el contenido de carbono en la especie forestal (Rojo, Jasso, & Velásquez, 2003).

En este estudio se empleó el método indirecto para estimar la biomasa, usando modelos de regresión para encontrar la ecuación que mejor se ajuste a la estimación del volumen el cual será multiplicado por un valor de densidad obtenido de la madera para encontrar el valor de la biomasa.

Las variables tomadas de la especie están en centímetros (cm) y metros (m), y estas fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total del árbol; perímetro inferior y superior del tronco, longitud comercial; perímetro y longitud de las ramas principales hasta la primera ramificación. Los datos fueron registrados en una ficha y posteriormente tabulados en Excel.

Figura 5
Variables tomadas en la especie de estudio



Fuente: Autor

3.3.2.1 Instrumentos y equipos

- Cinta métrica
- Clinómetro
- GPS
- Ficha de campo
- Lápices y marcadores
- Cámara fotográfica

3.3.2.2. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para obtener el DAP se tomó el perímetro o circunferencia (CAP), a una altura de 1,30m desde el nivel suelo en cada árbol, usando la cinta métrica se rodeó el tronco de manera que este perpendicular al eje del fuste (Quiceno, Tangarife, & Álvarez, 2016). Para conocer el DAP se aplicó la siguiente formula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Donde:

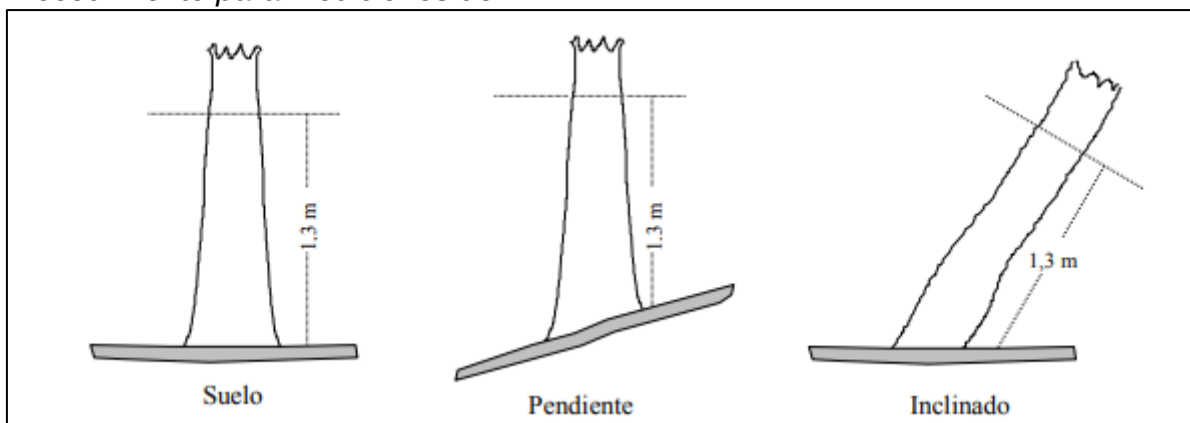
DAP= Diámetro a la altura del pecho (1,30m).

CAP= Perímetro o circunferencia.

Pi(π)= 3,14.

Las medidas del DAP son más fáciles de tomar cuando el tronco o fuste se encuentra en posición perpendicular a un terreno con baja o nula pendiente. En los suelos con mucha pendiente el DAP debe ser tomado desde la posición más elevada; para los casos donde encontremos fustes inclinados respecto a un terreno plano el DAP, será medido del lado del fuste que forme un menor ángulo respecto al suelo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de Argentina (MADSA), 2018).

Figura 6
Procedimiento para mediciones de DAP



Fuente: (MADSA, 2018).

El DAP es una medida importante porque permite conocer el grosor que tiene el tronco y es una variable usada para estimar el volumen del árbol.

3.3.2.3. Medición de la altura total del árbol

La altura total del árbol es la longitud de la línea recta que se forma desde la base del tronco y termina en algún punto del árbol. Existen otras medidas que pueden obtenerse directamente del tronco y son similares a la altura, como la longitud comercial que va desde el tocón hasta donde exista madera que pueda ser aprovechada o útil (Cancino, 2006).

Para medir la altura usando un clinómetro el observador se debe posicionar una distancia respecto al árbol donde pueda ser observado completamente sin obstrucción visual, luego con el láser del instrumento se apunta a la base del árbol y se va subiendo gradualmente hasta el punto más alto; por último se realiza la lectura del instrumento para obtener el valor de la altura estimado en metros.

Figura 7
Medición de la altura del árbol con clinómetro



Fuente: Autor

3.3.3 Cálculos

3.3.3.1. Estimación del volumen

Para la estimación del volumen real, primero se cuantifico el volumen comercial usando los valores promedios de las variables altura comercial, perímetro superior e inferior expresados en unidad de metros. Mediante la ecuación del volumen de un cono truncado cuya forma se asemeja con la del tronco de un árbol podemos estimar el volumen comercial.

$$V_c = ((h \cdot \pi) / 3) (R^2 + r^2 + R \cdot r)$$

Donde:

V_c = volumen comercial (m^3)

h = altura comercial.

R = radio superior del fuste.

r = radio inferior o tocón.

Luego se procedió a cuantificar el volumen de las ramas principales usando los valores promedios de las variables longitud y perímetro de ramas expresado en unidad de metros. Empleando la ecuación del volumen de un cilindro.

$$V_r = (\pi) (r^2) (h)$$

Donde:

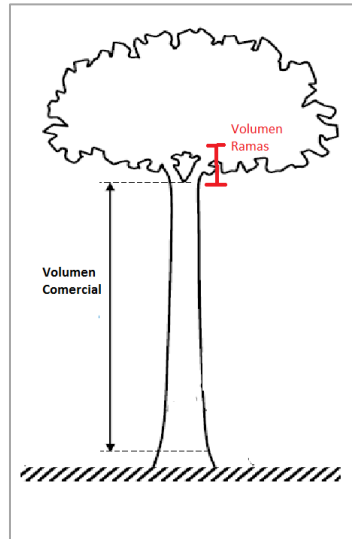
V_r = volumen de ramas (m^3)

h = longitud de ramas.

r = radio de las ramas.

Por último los datos obtenidos para el volumen comercial y de las ramas fueron sumados para obtener volumen promedio del árbol siendo de 0,28m³.

Figura 8
Calculo del Volumen del árbol



Fuente: Autor

$$\text{Volumen del árbol (V}_a\text{)} = V_c + V_r$$

$$V_a = 0,09 + 0,19$$

$$V_a = \mathbf{0.28 \text{ m}^3}$$

3.3.3.1.1. Determinación del modelo alométrico para estimar el volumen en la especie Colorín Amarillo

Para la elección de la ecuación alométrica, se estudió la relación entre el volumen total de los arboles con las variables de altura total y DAP. Para la cual se realizaron pruebas de regresión tanto lineales como no lineales.

Tabla 2
Modelos evaluados para estimar el volumen

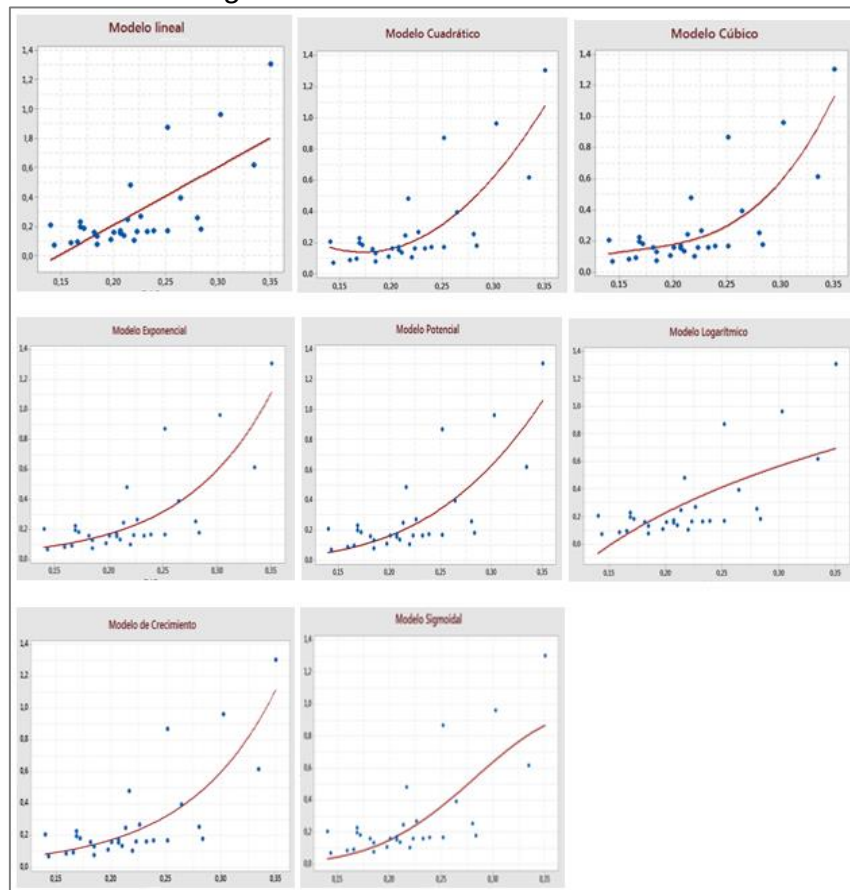
Modelo	Ecuación
Lineal	$Y = a + b.X$
Cuadrático	$Y = a + b.X + c.X^2$
Cúbico	$Y = a + b.X + c.X^2 + d.X^3$
Exponencial	$Y = a.exp^{(bX)}$
Potencial	$Y = a.X^{(b)}$
Logarítmico	$Y = a + b.ln(x)$
Crecimiento	$Y = exp^{(a+(b.X))}$
Sigmoidal	$Y = 1 - exp^{(a.X^b)}$

Fuente: Autor

3.3.3.1.2. Ajuste gráfico de los modelos

Los modelos que visualmente se ajustaron mejor a los datos del volumen real (eje Y) según el DAP (eje X) son el cúbico, cuadrático y de crecimiento. Los modelos que obtuvieron curvas lejanas a los datos fueron exponencial, potencial, logarítmico, lineal y sigmoidal.

Figura 9
Modelos de regresión



Fuente: Autor

3.3.3.1.3. Selección de la ecuación alométrica

Para la elección de la ecuación alométrica, se tomaron en cuenta los siguientes criterios:

- **Error cuadrático**

Es la sumatoria de los valores residuales al cuadrado, donde Y_i es el volumen real estimado y Y_{ii} es el valor del volumen predicho por el modelo.

$$EC = \sum (Y_i - Y_{ii})^2$$

- **Coeficiente de determinación**

El coeficiente de determinación conocido también como R cuadrado, se encuentra definido como el porcentaje de variación de la variable dependiente (y) explicado por la variable independiente (x), esta medida es usada para medir el nivel de ajuste del modelo (Laguna, 2014).

Debido a que la relación entre las variables de volumen y altura del árbol no es muy significativa, se tomó en cuenta la relación entre el volumen y el diámetro.

Tabla 3

Ecuaciones obtenidas a partir del análisis de regresión para estimar el volumen

Modelo	Ecuación	Parámetro	Error cuadrático	R cuadrado (R ²)
Lineal	$Y = a + b \cdot X$	a= -0,42 b= 0,21	1,79	0,26
Cuadrático	$Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2$	a= 1,03 b= -10,34 c= 29,90	0,88	0,64
Cúbico	$Y = a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3$	a= -0,59 b= 11,46 c= -64,20 d= 129,8	0,86	0,65
Exponencial	$Y = a \cdot \exp^{(bX)}$	a= 0,01 b= 12,50	1,19	0,51
Potencial	$Y = a \cdot X^{(b)}$	a= 37,21 b= 3,39	0,92	0,62
Logarítmico	$Y = a + b \cdot \ln(x)$	a= 1,56 b= 0,83	1,35	0,45
Crecimiento	$Y = \exp^{(a + (b \cdot X))}$	a= -4,27 b= 12,50	0,87	0,64
Sigmoidal	$Y = 1 - \exp^{(a \cdot X^b)}$	a= -233,09 b= 4,52	2,98	0,22

Fuente: Autor

De acuerdo a los criterios evaluados el modelo más óptimo para la estimación del volumen en la especie Colorín Amarillo es el cúbico, donde (X) es el DAP y (Y) el volumen del árbol.

$$Y = -0,59 + 11,46(X) - 64,20(X)^2 + 129,8(X)^3$$

3.3.3.2. Estimación de biomasa

En los métodos indirectos (no destructivos), el valor de la biomasa arbórea se obtiene mediante la multiplicación entre el volumen del árbol, la densidad de la madera y el factor de expansión de biomasa aérea y subterránea (Russo, 2009).

Para este estudio solo se considero el volumen y densidad para la estimación de biomasa, sin usar el factor de expansión de biomasa que incluye los componentes no maderables del árbol (raíces, ramas y hojas).

Según las directrices del IPCC (2006), establece que el valor recomendado para la densidad de la madera en la especie *Erythrina* es de 0,23 ton/m³.

La fórmula para cuantificar la biomasa es:

$$Ba = (V) (d)$$

$$Ba = (0,28) (0,23) = \mathbf{0.06 \text{ ton de biomasa}}$$

Donde:

Ba = Biomasa arbórea (Toneladas).

V = Volumen del árbol.

d = Densidad de la madera.

3.3.3.3. Estimación de carbono

Para estimar el carbono, la cantidad de biomasa debe ser multiplicado por el porcentaje de carbono obtenido del análisis en laboratorio realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador (INIAP). Mediante el método de calcinación donde se obtuvo un 53,9% de carbono para la especie estudiada.

$$C = (Ba) (Pc)$$

$$C = (0,06) (0,54) = \mathbf{0,03 \text{ ton de Carbono}}$$

Donde:

C = Carbono (toneladas)

Ba = Biomasa arbórea

Pc = Porcentaje de carbono de la especie

3.3.3.4. Estimación de Dióxido de Carbono (CO₂)

Mediante una relación estequiometrica entre los pesos moleculares del carbono y el dióxido de carbono, se determinó que una tonelada de carbono almacenado equivale a la captura de 3,67 toneladas de dióxido de carbono. La fórmula para estimar la cantidad de CO₂ capturado es la siguiente:

$$\text{CO}_2 = (C)(3,67)$$

$$\text{CO}_2 = (0,03) (3,67) = \mathbf{0,13 \text{ ton CO}_2}$$

Donde:

CO₂ = Cantidad de dióxido de carbono (toneladas).

3,67 = Valor usado para la conversion de carbono a dióxido de carbono.

3.3.3.6. Evaluación estadística

- **Prueba T de Student**

Es una prueba paramétrica que se usa para aceptar o rechazar una hipótesis sobre medias en poblaciones con una distribución normal, permite comparar muestras independientes que sean menores o iguales a 30. También proporciona resultados para medias en poblaciones que no se distribuyen normalmente (Sánchez, 2015). Para realizar esta prueba estadística se uso el programa Minitab versión 18.

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Ficha de datos de campo

Tabla 4
Medidas tomadas en los árboles

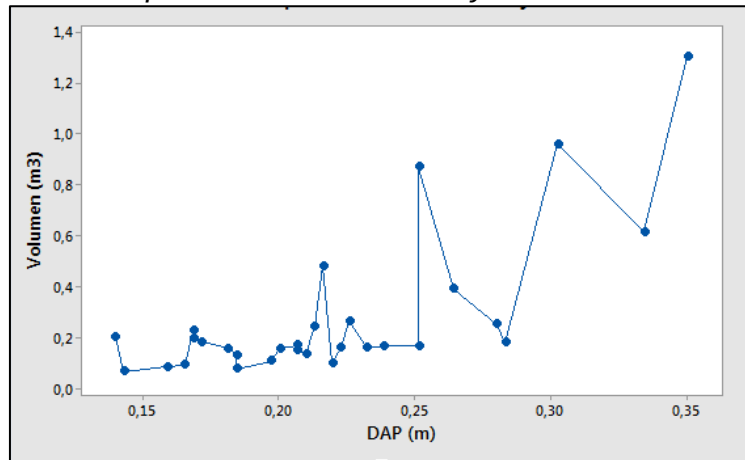
Árbol	DAP (m)	Altura total (m)	Perímetro inferior (cm)	Perímetro superior (cm)	Longitud comercial (m)	Long. de ramas (cm)	Perímetro de ramas (cm)
1	0,24	2,5	78	69	1,7	83	119
2	0,28	3,8	83	80	1,8	120	128
3	0,28	2,8	90	85	1,9	42	137
4	0,20	3,1	73	62	1,6	130	98
5	0,17	2,7	67	59	1,8	181	108
6	0,33	5,2	136	123	2,3	147	162
7	0,35	3,8	141	136	1,9	360	188
8	0,30	3,9	116	112	1,8	344	168
9	0,21	3,1	68	73	1,7	118	104
10	0,17	2,7	71	62	1,8	257	80
11	0,16	2,5	62	53	1,9	73	77
12	0,18	2,9	66	56	1,6	190	85
13	0,25	3,6	78	71	1,9	85	110
14	0,26	4,1	81	73	2,1	303	110
15	0,23	4,7	81	75	2,3	163	109
16	0,14	2,4	53	41	1,7	95	70
17	0,25	4,8	86	81	2,1	431	148
18	0,22	3,1	75	67	1,7	120	98
19	0,14	2,6	54	41	1,8	260	91
20	0,22	2,7	71	70	1,9	325	125
21	0,23	3,8	76	71	1,6	111	101
22	0,18	2,9	59	57	1,8	78	115
23	0,21	3,3	70	62	1,6	62	126
24	0,17	3,5	62	50	1,9	113	70
25	0,21	3,6	75	51	1,8	213	105
26	0,18	3,2	64	57	2,1	20	96
27	0,21	3,4	68	64	1,6	149	90
28	0,17	2,9	60	53	1,8	138	111
29	0,20	3,7	70	60	1,9	59	96
30	0,22	3,2	70	66	1,8	48	95

Fuente: Autor

4.1.2. Relación entre el volumen y el DAP

Figura 10

Gráfica de dispersión entre volumen y DAP



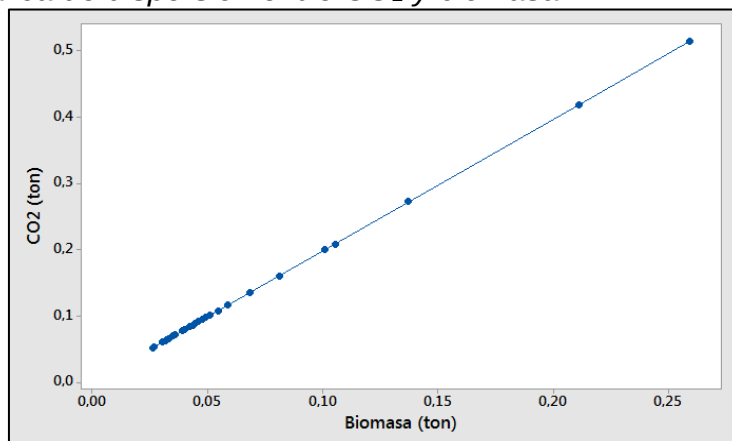
Fuente: Autor

Existe una correlación positiva entre volumen y el diámetro, ambas variables se correlacionan en un sentido directo. Esto quiere decir que si el diámetro del tronco es mayor, el volumen también será mayor o viceversa, presenta un coeficiente de Pearson de 0,72.

4.1.3. Relación entre el CO₂ y la biomasa

Figura 11

Gráfica de dispersión entre CO₂ y biomasa



Fuente: Autor

Existe una correlación positiva entre la biomasa del árbol y la captura de CO₂, ambas variables se correlacionan en un sentido directo. Esto quiere decir que los árboles que poseen valores altos de biomasa, capturan y almacenan más CO₂. El coeficiente de Pearson para estas variables presenta una correlación positiva perfecta siendo de 1.

4.1.4. Proyección de captura de CO₂ en una hectárea

Para la especie Colorín Amarillo:

- **NIH = Número de individuos en una hectárea.**

$$NIH = \frac{\text{total de árboles}}{\text{total del área muestreada}} \times \frac{10000m^2}{1ha}$$

$$NIH = \frac{32 \text{ arb.}}{3234 m^2} \times \frac{10000m^2}{1ha}$$

$$NIH = \frac{320000 \text{ arb.}}{3234 ha}$$

$$NIH = 98,9 \text{ arb/ha}$$

- **P = Proyección de CO₂ captado en una hectárea.**

$$P = (\text{CO}_2 \text{ capturado por la especie}) (NIH)$$

$$P = (0,13 \text{ ton CO}_2) (98,9 \text{ arb/Ha})$$

$$P = 12,86 \text{ ton CO}_2 / \text{Ha}$$

4.1.5 Análisis T de student

Tabla 5
Prueba T de student

Estadístico descriptivo				
Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desviación estándar
CO2 ton/Ha	30	1,245	0,192	1,050
Prueba de muestra				
Hipótesis nula	H ₀ : μ = 1			
Hipótesis alterna	H ₁ : μ ≠ 1			
Valor T	Valor p			
1,28	0,212			

Fuente: Autor

4.2. DISCUSIÓN

En los estudios sobre manglares como almacenadores de carbono realizado en México determinaron que los manglares de tipo ribereño almacenan más carbono que los manglares de cuenca y de borde encontrándose almacenado en el componente aéreo y subterráneo (Herrera, Camacho, Ramírez, & Hernández, 2016). Esto indica que los estudios sobre la captura de carbono sirven como base para entender la dinámica del carbono debido que los valores de captura cambian de acuerdo al tipo de especie y la región donde se localice.

En otro estudio realizado en el área del bosque Protector Aguarongo localizado en la provincia del Azuay – Ecuador, se realizó la medición de carbono capturado en la especie introducida *Eucalyptus globulus*, tomando medidas en el campo como el DAP y la altura total, se empleó métodos no destructivos para la estimación de biomasa considerando el factor de expansión así como la generación de un modelo alométrico para la especie *Eucalyptus globulus* donde se determinó una fijación de carbono de 73,03 ton/ha que equivale a 268,02 ton/ha de CO₂ (Chimbo, 2016).

En comparación con este estudio realizado en la especie *Eucalyptus globulus* la metodología empleada para la estimación de carbono y CO₂ es muy similar a la aplicada en el presente trabajo en cuanto a las medidas que se deben tomar en el árbol como el DAP y la altura, la estimación de biomasa por métodos indirectos (no destructivos) y el empleo de ecuaciones alométricas para estimar el carbono y CO₂. Lo que difiere es en el cálculo del volumen ya que no considera variables como la longitud comercial, perímetro del tocón y en el cálculo de la biomasa donde si considera el factor de expansión de biomasa. Por último los resultados en ambos estudios se encuentran expresados en toneladas de CO₂ por hectárea.

Los valores CO₂ captado entre la especie estudiada *Erythrina variegata* y *Eucalyptus globulus* es muy notable, esto se debe a parámetros dendométricos que influyen en la capacidad de almacenamiento de carbono como la altura debido a que la especie *Eucalyptus* pueden llegar a medir hasta 60 metros y la especie *Erythrina* puede alcanzar una altura máxima de 12 metros, por otra parte los diámetros del fuste del Eucalipto pueden medir hasta 2 metros.

4.3. CONCLUSIONES

- El modelo elegido para la estimación del volumen fue el cúbico debido a que presenta un mejor ajuste con los datos, teniendo un error cuadrático de 0,86 y un coeficiente de determinación de 0,65. El volumen promedio de toda la población muestreada fue de 0,28 m³ este valor se obtuvo usando como variable en X el diámetro a la altura del pecho.
- La cantidad de biomasa en la especie fue 0,06 toneladas, este valor podría ser mayor si se considerara el factor de expansión de biomasa (ramas secundarias, hojas y raíces),
- El carbono capturado por la especie fue de 0,03 toneladas y el CO₂ almacenado de 0,13 toneladas lo que equivale a 12,86 t/ha. El valor económico de la especie representa una cantidad aproximada de 348 dólares, tomando en cuenta el precio que se maneja internacionalmente en transacciones de carbono siendo de 27,13 \$ según últimos reportes de la bolsa internacional de valores (SENDECO, 2019).
- El valor estadístico T es de 1,28 y de p es 0,21. Considerando que p tiene un valor mayor al nivel de significancia (0,05), no se rechaza la hipótesis nula es decir que se acepta la hipótesis de que la especie *Erythrina variegata*, captura más de una tonelada de CO₂ en una hectárea.

4.4 RECOMENDACIONES

- Se debe impulsar la investigación sobre la capacidad de captura y almacenamiento de CO₂ para diversas especies forestales en el país. Para tener inventarios donde se registren estos valores con el fin de que se puedan tomar medidas más eficaces en los planes de reforestación que ayuden a mitigar los impactos en áreas claves que han sido causados por el hombre.

- Crear metodologías que ayuden a estimar por métodos indirectos y de manera más sencilla la cantidad de biomasa incluyendo valoraciones de necromasa, para determinar la cantidad de carbono fijado en los árboles, tomando en cuenta que el suelo también tiene la capacidad de almacenar carbono.
- Mejorar la conservación de los bosques a través de incentivos a los propietarios de tierras forestales que adopten actividades de bajo impacto y brindar a las poblaciones de escasos recursos los medios económicos necesarios para subsistir, sin tener que recurrir a la deforestación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ajete, A., Mercadet, A., Álvarez, A., Toirac, W., & Conde, F. (2012). Estimación del contenido de carbono en los bosques de la empresa forestal integral Guantánamo. *Forestal Baracoa*, 31(2), 3-8. Recuperado de: <https://bit.ly/2M4rMvC>
- Álvarez, E. (2011). Contaminación ambiental generada por la emisión de gases. Bogotá, Colombia. Recuperado de: <https://bit.ly/33cJAtZ>
- Álvarez, J. (2010). El cambio climático y el desarrollo. *Ingeniería Industrial*, 28, 25-39.
- Arévalo, A. (2015). Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca. Recuperado de: <https://bit.ly/2KjeCZS>
- Armenteras, D., & Morales, M. (2010). Aplicación del enfoque ecosistémico en las evaluaciones ambientales integrales. PNUMA, 2.
- Barrionuevo, S., & Pan, E. (2009). Evaluación del CO₂ almacenado en la vegetación del bosque nativo de Santiago del Estero (Argentina): Bases para la conservación de bosques en regeneración. *Foresta Veracruzana*, 11(2), 1-10. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/497/49712336001.pdf>
- Benavides, H., & León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Recuperado de: <https://bit.ly/2XZy5at>

- Benito, Y. (2016). Guía específica de trabajo sobre CO₂ y cambio climático. Recuperado de: <https://bit.ly/2ORAkqZ>
- Bustamante, J., & Riofrio, R. (2018). Escala para medir la rapidez del impacto ambiental que sufren los ecosistemas. Escuela Politécnica del litoral, Guayaquil - Ecuador.
- Caballero, M., Lozano, S., & Ortega, B. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: Una perspectiva desde las ciencias de la tierra. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 8(10), 5-12. Recuperado de: http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf
- Cancino, J. (2006). Dendrometría básica. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Departamento manejo de bosques y medio ambiente. Concepción, Chile.
- Chimbo, I. (2016). Evaluación del carbono en la biomasa de la especie forestal introducida *Eucalyptus* en el Bosque Aguarongo (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca.
- Chivelet, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: la perspectiva geológica. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas. Departamento de Estratigrafía. Madrid, España. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/200083/267542>
- Díaz, G. (2012). El cambio climático. *Ciencia y sociedad*, 37 (2), 227-240. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/870/87024179004.pdf>
- Domínguez, A. (2016). Estimaciones de captura de los parques y emisiones de CO₂ vehicular en Tijuana (Tesis de Maestría). Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, California. Recuperado de: <https://bit.ly/2YMoXW7>
- Domínguez, G., Aguirre, O., Jiménez, J., Rodríguez, R., & Díaz, A. (2007). Biomasa aérea y factores de expansión de especies arbóreas en bosques del sur de Nuevo León. *Chapingo*, 15(1), 59-64. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62916073006>
- FAO. (2011). Situaciones de los bosques del mundo. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i2000s.pdf>

- Frioni, L. (2005). Microbiología básica, ambiental y agrícola. Montevideo, Uruguay. Universidad de la República – Facultad de Agronomía.
- González, J., & Padilla, V. (2011). Cambio climático. Quito, Ecuador. ARCOIRIS. https://www.usfq.edu.ec/programas_academicos/colegios/cociba/quitoambiente/temas_ambientales/cambio_climatico/Documents/DC1AC1_Cambio_Clim%C3%A1tico_Material_de_Apoyo_para_Educadores.pdf
- Granja, C. (2015). Comparación de los contenidos de carbono entre la Amazonía y los páramos del Ecuador. (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica, Quito. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8737/Granja%2C%20C.%20%20Comparaci%C3%B3n%20de%20los%20contenidos%20de%20carbono%20entre%20la%20Amazon%C3%ADa%20y%20los%20p%C3%A1ramos%20del%20Ecuador.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hamilton, K., Sjardin, M., Shapiro, A., & Marcello, T. (2009). State of the voluntary carbon markets. Nueva York, EEUU.
- Herrera, S., Camacho, A., Ramírez, J., & Hernández, C. (2016). DINÁMICA DEL CARBONO (ALMACENES Y FLUJOS) EN MANGLARES DE MÉXICO. *Terra Latinoamericana*, 34(1), 61-72. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/573/57344471004.pdf>
- IPCC. (2006). Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Recuperado de: https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_04_Ch4_Forest_Land.pdf
- IPCC. (2014). Glosario en cambio climático. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/AR5_SYR_Glossary_es.pdf
- Laguna, C. (2014). Correlación y regresión lineal. *Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud*, 1-18. Recuperado de: <http://www.ics-aragon.com/cursos/salud-publica/2014/pdf/M2T04.pdf>
- Manson, R., Hernández, V., Gallina, S., & Mehlreter, K. (editores). (2008). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación. Veracruz, México: Instituto de Ecología A.C.

- Martínez, R., Jasso, J., & Velásquez, A. (2003). Las masas forestales como sumideros de CO₂ ante un cambio climático global. *Revista Chapingo*, 9, 57-67. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/629/62990106.pdf>
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2014). Programa nacional de restauración forestal con fines de conservación ambiental, protección de cuencas hidrográficas y beneficios alternos. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/REFORESTACION.pdf>
- Ministerio de Ambiente del Ecuador. (2016). Inventario nacional de gases de efecto invernadero del Ecuador. Quito, Ecuador. Recuperado de: <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/06%20Resumen%20Ejecutivo%20INGEI%20de%20Ecuador.%20Serie%20Temporal%201994-2012.pdf>
- Ministerio de ambiente y desarrollo sustentable de Argentina. (2018). Normativa para las mediciones a campo.
- Molina, N., Lavayen, J., & Fabara, M. (2015). Árboles de Guayaquil. Samborondón: Universidad Espíritu Santo – Ecuador.
- Mónaco, N., Rosa, M., Santa, V., & Autrán, V. (2017). Evaluación de métodos indirectos para estimar biomasa en un pastizal natural del sur de Córdoba. *European Scientific Journal*, 13(36).
- Mónaco, N., Rosa, M., Santa, V., Autrán, V., & Heguiabehere, A. (2015). Utilización de estimadores para determinación de biomasa a campo. *European Scientific Journal*, 11(33).
- Montero, G., Ruiz, R., & Muñoz, M. (2005). Producción de biomasa y fijación de CO₂ por los bosques Españoles. Madrid, España: Instituto Nacional de investigación y tecnología agraria y alimentaria.
- Ordoñez, J., & Maser, O. (2001). Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7(1), 3-12. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/617/61770102.pdf>
- Oyarzún, J. (2014). Cambio climático global, ascenso del nivel de los mares y otras consecuencias: una revisión y síntesis del conocimiento actual. Santiago, Chile. Recuperado de: <https://bit.ly/33e8lG2>

- Pabón, L., Bezaury, F., León, L., Gill, S., Stolton, A., Groves, S., Mitchell, A., & Dudley, N. (2008). Valorando la Naturaleza: Beneficios de las áreas protegidas. Serie Guía Rápida, editor, J. Ervin. Arlington, VA: The Nature Conservancy. 34 pp.
- Power, G. (2009). El calentamiento global y las emisiones de carbono. *Ingeniería Industrial*, 27, 101-122. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428493007.pdf>
- Quinceno, N., Tangarife, G., Álvarez, R. (2016). Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena Piapoco Chigüiro-Chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia). *Revista Luna Azul*, 43, 171-202. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321745921009>
- Rojo, G., Jasso, J., & Velásquez, A. (2003). Las masas forestales como sumideros de co2 ante un cambio climático global Revista Chapingo. *Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9(1), 57. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/629/62990106.pdf>
- Ruiz, A. (2007). Cambio climático. *Quórum*, 17, 87-96. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/pdf/520/52001710.pdf>
- Russo, R. (2009). Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Guácimo, Limón.
- Samayoa, S., & Sosa, B. (2011). Guía de orientaciones mercado de carbono. Tegucigalpa, Honduras. Recuperado de: <http://www.snvla.org/mm/file/gu%C3%ADa%20mercado%20de%20carbono%20SNV.pdf>
- Sánchez, R. (2015). T-student usos y abusos. *UMAE*, 26, 59-61. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-21982015000100009
- SENDECO. (2019). Precios de dióxido de carbono. Recuperado de: <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

- Sistema nacional de áreas protegidas del Ecuador. (2015). Ficha técnica del área nacional de recreación los Samanes. Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/sites/default/files/GUIA_PARQUES_18-2014.pdf
- Uribe, E. (2015). El cambio climático y sus efectos en la biodiversidad en América latina. Comisión Económica para América latina y el Caribe. Recuperado de: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf;jsessionid=A538392D8FEB88ED5B4E7A0227F33F0B?sequence=1
- Useros, J. (2013). El cambio climático: sus causas y efectos medioambientales. *Académico de número, real academia de medicina y cirugía de Valladolid*, 50, 71-98.
- Vargas, A., & Yañez, A. (2004). La captura de carbono en bosques: una herramienta para la gestión ambiental. *Gaceta Ecológica*, 70, 5-18. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907001>

ANEXOS

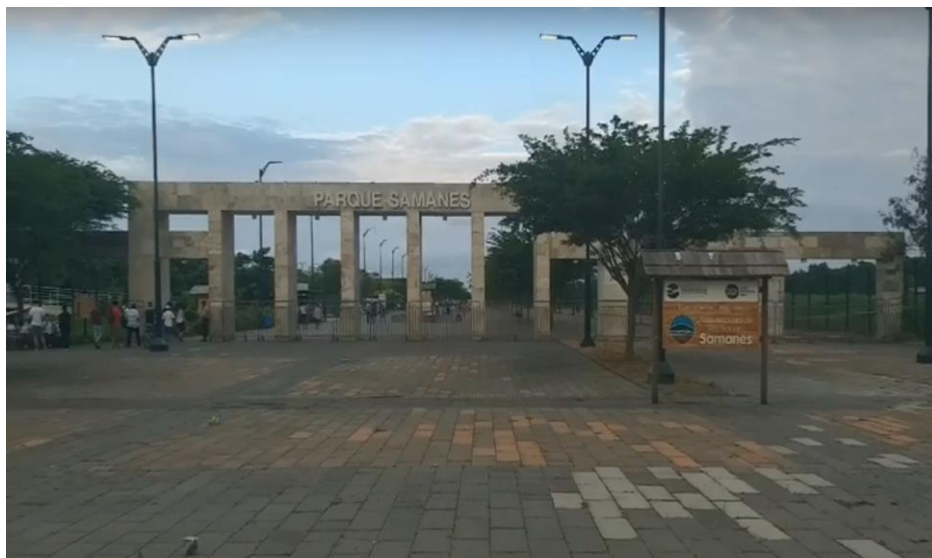


Figura 12. Ingreso al parque Samanes

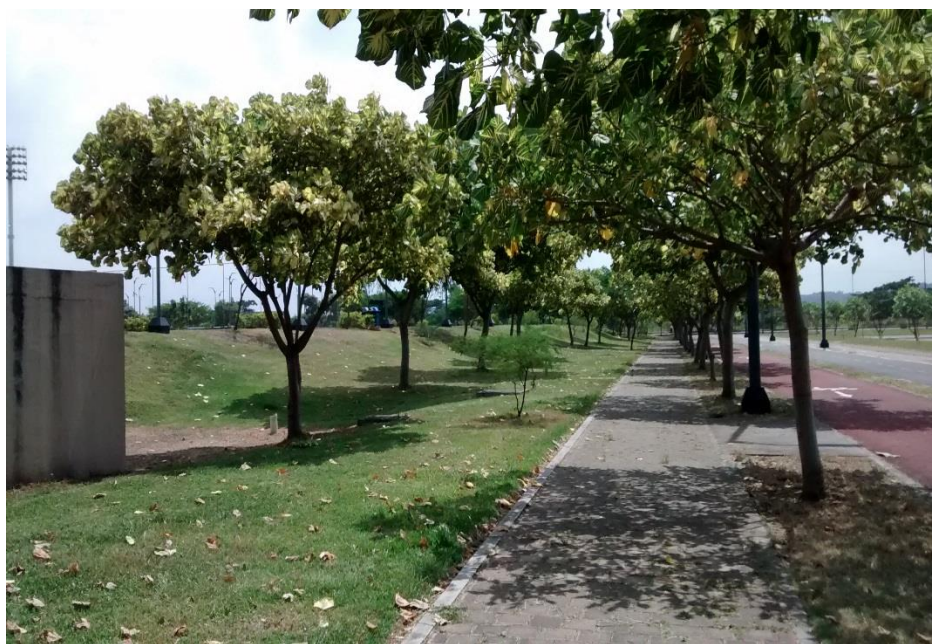


Figura 13. Área de estudio



Figura 14. Lectura de coordenadas del área de estudio.



Figura 15. Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).

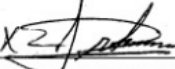
	ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA" DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec Mejía -Ecuador	
REPORTE DE ANÁLISIS DE CARBONO ORGANICO		
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : Jeremy Villareal Dirección : Guayaquil Ciudad : Teléfono : 09902999787 Fax :	DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : Parque Samanes Provincia : Guayas Cantón : Guayaquil Parroquia : Tarqui Ubicación :	PARA USO DEL LABORATORIO No. Muestra Lab. : 31084 Fecha de Muestreo : 25/07/2019 Fecha de Ingreso : 26/07/2019 Fecha de Salida : 07/08/2019
NO. DE LABORATORIO 31084	IDENTIFICACIÓN DEL LOTE Erythrina Vagerita	% CARBONO ORGANICO 53.9
 RESPONSABLE DEL LABORATORIO	 LABORATORISTA	

Figura 16. Resultado del análisis del contenido de carbono en las muestras tomadas del árbol.