



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)
MEDIANTE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA DE LAS ESPECIES
VEGETALES DE CUATRO PARQUES (VICENTE LEÓN, LA FILANTROPÍA,
SAN FRANCISCO Y LA LAGUNA) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniera Agrónoma

Autor:

Caiza Quillupangui Karen Dayana

Tutor:

Chancusig Francisco Hernán Ing. Mg.

LATACUNGA - ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Karen Dayana Caiza Quillupangui, con cedula de ciudadanía 172606830-5, declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) MEDIANTE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA DE LAS ESPECIES VEGETALES DE CUATRO PARQUES (VICENTE LEÓN, LA FILANTROPÍA, SAN FRANCISCO Y LA LAGUNA) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA.”**, siendo el Ingeniero Mg. Francisco Hernan Chancusig tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 13 de agosto del 2021

Karen Dayana Caiza Quillupangui

Estudiante

C.I. 172606830-5

Ing. Mg. Francisco Hernán Chancusig

Docente Tutor

C.I. 050188392-0

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **Caiza Quillupangui Karen Dayana**, identificada con cedula de ciudadanía No. **172606830-5**, de estado civil **soltera** y con domicilio en Machachi, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Agronomía**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Evaluación de la absorción de dióxido de carbono (CO₂) mediante la actividad fotosintética de las especies vegetales de cuatro parques (Vicente león, La Filantropía, San Francisco y La Laguna) de la ciudad de Latacunga”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Inicio de la carrera: Octubre 2016 – Marzo 2017

Finalización de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor. - Ing. Mg. Francisco Hernán Chancusig

Tema: Evaluación de la absorción de dióxido de carbono (CO₂) mediante la actividad fotosintética de las especies vegetales de cuatro parques (Vicente león, La Filantropía, San Francisco y La Laguna) de la ciudad de Latacunga

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que

establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 13 días del mes de agosto del 2021.

Karen Dayana Caiza Quillupangui

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“Evaluación de la absorción de dióxido de carbono (CO₂) mediante la actividad fotosintética de las especies vegetales de cuatro parques (Vicente león, La Filantropía, San Francisco y La Laguna) de la ciudad de Latacunga”, de Caiza Quillupangui Karen Dayana, de la carrera de Ingeniería Agronómica, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 13 de agosto del 2021

Ing. Mg. Francisco Hernán Chancusig

DOCENTE TUTOR

CC: 050188392-0

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: Caiza Quillupangui Karen Dayana, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) MEDIANTE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA DE LAS ESPECIES VEGETALES DE CUATRO PARQUES (VICENTE LEÓN, LA FILANTROPÍA, SAN FRANCISCO Y LA LAGUNA) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 13 de agosto del 2021

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Wilman Paolo Chasi Vizúete

CC: 0502409725

Lector 2

Ing. Mg. Alexandra Isabel Tapia Borja

CC: 0502661754

Lector 3

Ing. Mg. Guido Euclides Yauli Chicaiza

CC: 0501604409

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar un sincero agradecimiento, en primer lugar, a Dios por brindarme salud, fortaleza y capacidad; también hago extenso este reconocimiento a todos los maestros de mi educación superior, quienes me han dado las pautas para mi formación profesional.

A mi familia y seres queridos por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

Karen Dayana Caiza Quillupangui

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Juan Carlos y Rocío, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser su hija, son los mejores padres.

A mis hermanos Jordy, Jeancarlos y a mi abuelita Maruja por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

Daya

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)
MEDIANTE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA DE LAS ESPECIES VEGETALES
DE CUATRO PARQUES (VICENTE LEÓN, LA FILANTROPÍA, SAN FRANCISCO
Y LA LAGUNA) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA**

AUTOR: Caiza Quillupangui Karen Dayana

RESUMEN

La siguiente investigación se realizó en cuatro parques estratégicos de la ciudad de Latacunga, esta localidad está ubicada en el centro del Ecuador a 89 km de Quito y a 335 km de Guayaquil, es el punto de enlace entre la Costa, Andes y Amazonía se encuentra a 2750 msnm con una población de 161 447 habitantes aproximadamente. En el proyecto se cuantificó la cantidad de carbono absorbido de los parques: Vicente León, San Francisco, La Filantropía y La Laguna iniciando con una identificación de las especies arbóreas de cada sitio a investigar, donde se pudieron evidenciar especies como: Aliso (*Alnus glutinosa*), Álamo (*Populus alba*), Arce común (*Acer*), Acacia, Cucarda (*Acacia*), Capiri (*Sideroxylon capiri*), Clavel japonés (*Dianthus caryophyllus*), Cepillo (*Callistemon citrinus*), Cholan (*Tecoma stans L.*), Ciprés (*Cupressus*), Chilco (*Fuchsia magellanica*), Daga española (*Yucca gloriosa*), Eucalipto (*Eucalyptus*), Fresno (*Fraxinus*), Laurel rosa (*Nerium oleander*), Nogal (*Juglans regia*), Morera blanco (*Morus*), Molle (*Schinus molle*), Palma fénix (*Phoenix canariensis*)/datilera (*Phoenix dactylifera*)/canaria (*Phoenix canariensis*), Palmito (*Chamaerops humilis*), Pino (*Pinus*), Retama (*Retama*), Supirosa (*Lantana camara*), Sauce (*Salix*), Trompeta amarilla (*Allamanda angustifolia*), Tilo (*Tilia*) y Yucca (*Yucca elephantipes Regel*). Una vez obtenida esta información se procedió a tomar datos en campo como: el número de árboles por especie existentes, el diámetro a la altura de pecho y la densidad aproximada según revisiones bibliográficas. Seguido se establecieron ecuaciones no destructivas según (Chave et al., 2005) y (West et al., 1999) que permitieron determinar la absorción de dióxido de carbono a través de datos logrados en campo, donde se pudo lograr la cuantificación la absorción de CO₂ por cada tipo de árbol de cada lugar de investigación para así obtener los datos de la mayor capacidad de absorción de CO₂ por especie y por parque. Se concluyó que en los cuatro parques la especie con mayor capacidad de absorción de CO₂ es la palma fénix con un estimado 113.82 ton/h al año por su estructura fisiológica y características morfológicas.

Palabras clave: Ecuaciones alométricas, absorción, CO₂, fotosíntesis, tasación

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: EVALUATION OF THE ABSORPTION OF CARBON DIOXIDE (CO₂) BY PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY OF PLANT SPECIES IN FOUR PARKS (VICENTE LEÓN, PHILANTHROPY, SAN FRANCISCO AND FILANTROPIA) IN THE CITY OF LATACUNGA

AUTHOR: Karen Dayana Caiza Quillupangui

ABSTRACT

The following research was conducted in four strategic parks of the city of Latacunga, this town is located in the center of Ecuador 89 km from Quito and 335 km from Guayaquil, is the link point between the coast, Andes and Amazon is located at 2750 meters with a population of 161 447 inhabitants. The project quantified the amount of carbon absorbed from the parks: Vicente León, San Francisco, La Filantropía and La Laguna starting with an identification of the tree species of each site to be investigated, where species such as: Aliso (*Alnus glutinosa*), Alamo (*Populus alba*), Maple (*Acer*), Acacia, Cucarda (*Acacia*), Capiro (*Sideroxylon capiro*), Japanese Carnations (*Dianthus caryophyllus*), Brush (*Callistemon citrinus*), Cholan (*Tecoma stans* L.), Cypress (*Cupressus*), Chilco (*Fuchsia magellanica*), Spanish Dagger(*Yucca gloriosa*), Eucalyptus(*Eucalyptus*), Fresno(*Fraxinus*), Laurel rosa(*Nerium oleander*), Nogal(*Juglans regia*), Morera blanco (*Morus*), Molle(*Schinus molle*), Palma fénix (*Phoenix canariensis*)/datilera(*Phoenix dactylifera*)/canaria (*Phoenix canariensis*), Palmito. Once this information was obtained, field data were taken, such as the number of trees per species, the diameter at breast height and the approximate density according to bibliographic reviews. Nondestructive equations were established according to (Chave et al., 2005) and (West et al., 1999) that allowed to determine the absorption of carbon dioxide through data obtained in the field, where the quantification of CO₂ uptake could be achieved for each tree type at each research site in order to obtain data on the highest CO₂ uptake capacity per species and per park. It was concluded that in the four parks the species with the highest CO₂ absorption capacity is the phoenix palm with an estimated 113.82 ton/h per year for its physiological structure and morphological characteristics.

Keywords: Allometric equations, absorption, co₂, photosynthesis, valuation

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
1. Justificación del proyecto	1
2. Beneficiarios del proyecto de investigación.	3
4. Objetivos.....	4
4.1. Objetivo general	4
4.2. Objetivos Específicos	4
5. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.....	4
6. Fundamentación científico técnica	6
6.1. Carbono	6
6.2. CO ₂	7
6.3. Contaminación por CO ₂	8
6.4. Las plantas y el CO ₂	10
6.5. La fotosíntesis	11
6.6. Plantas que absorben CO ₂	15
6.7. Metabolismo fotosintético.....	16
6.8. Principales plantas en el mundo que capturan CO ₂	20
6.9. Cálculos posibles para determinar la absorción del dióxido de carbono mediante la fotosíntesis	22
6.10. Biomasa	24
6.11. Índice verde urbano	26
6.12. Importancia de los parques urbanos	27
7. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	29
8. METODOLOGÍAS/DISEÑO EXPERIMENTAL.	29
8.1. Modalidad básica de investigación	29
8.1.1. Investigación de campo.....	29

8.1.2. Investigación bibliográfica.....	29
8.2. Tipo de Investigación	29
8.2.1. Descriptiva	29
8.3. Métodos de Investigación	30
8.3.1. Método cualitativo	30
8.3.2. Método de deducción indirecto	30
8.4. Técnicas de Investigación	30
8.4.1. Por observación	30
8.4.2. Investigación bibliográfica	31
8.5. Metodología de la investigación.....	31
8.5.1. Ubicación del ensayo	31
8.5.2. Mapas de ubicación geográfica	32
8.6. Manejo del proyecto	33
8.6.1. Materiales y equipos de trabajo	33
8.6.2. Procedimiento del proyecto de investigación	34
9. Análisis y discusión de los resultados.	34
9.1. Cantón Latacunga.....	34
9.2. Identificación de especies vegetales de cuatro Parques de la Ciudad de Latacunga	38
9.3. Discusión	48
Absorción de dióxido de carbono por especie	48
10. Impactos	58
11. Presupuesto	60
12. Conclusiones y recomendaciones.....	63
13. Referencias	65
14. Anexos	71

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1: Establecimiento del proyecto.....	31
Tabla 2: Nombre de los parques a estudiar	33
Tabla 3: Especies plantadas en el parque Vicente León.....	38
Tabla 4: Especies plantadas en el parque La Filantropía.....	39
Tabla 5: Especies plantadas en el parque La Laguna.....	40
Tabla 6: Especies plantadas en el parque San Francisco	41
Tabla 7: Agrupación taxonómica de las especies identificadas de cuatro parques de la ciudad Latacunga	41
Tabla 8 Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque Vicente León	49
Tabla 9 Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque San Francisco	51
Tabla 10 Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque La Filantropía	52
Tabla 11: Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque La Laguna	54
Tabla 12: Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono de los 4 parques.....	55

CONTENIDO DE IMÁGENES

Imagen 1: Ciclo del carbono	6
Imagen 2: Evolución anual de la concentración de dióxido de carbono (CO ₂) en la atmósfera (1959-2019)	10
Imagen 3: Fórmula química de la fotosíntesis	12
Imagen 4: Ciclo de la fotosíntesis.....	12
Imagen 5: Absorciones unitarias estimadas a los 30 años según especie	21
Imagen 6: Absorciones estimadas a los 30 años (tCO ₂ /pie).....	22
Imagen 7: Ecuaciones alométricas.....	23
Imagen 8: Ubicación del cantón Latacunga	32
Imagen 8: Ubicación de los parques de estudio.....	33
Imagen 9: Índice urbano de la provincia Cotopaxi	37
Imagen 10: Índice por cantones de la provincia de Cotopaxi	37

CONTENIDO DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque Vicente León.....	50
Gráfico 2: Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque San Francisco	51
Gráfico 3: Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque	53
Gráfico 4: Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque La Laguna	55
Gráfico 5: Dióxido de carbono absorbido por parques	55

1. Información general.

Título

“Evaluación de la absorción de dióxido de carbono (CO₂) mediante la actividad fotosintética de las especies vegetales de cuatro parques (Vicente León, La Filantropía, San Francisco y La Laguna) de la ciudad de Latacunga.”

Lugar de ejecución.

Ciudad Latacunga – Provincia Cotopaxi

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Institución

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia:

Ingeniería Agronómica

Nombres de equipo de investigadores

Responsable del Proyecto: Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.

Tutor: Ing. Francisco Hernán Chancusig Mg.

Lector 1: Ing. Wilman Paolo Chasi Vizuete Mg.

Lector 2: Ing. Alexandra Isabel Tapia Borja Mg.

Lector 3: Ing. Guido Euclides Yauli Chicaiza Mg.

Nombre del Investigador: Caiza Karen

Teléfonos: 0987256842

Correo electrónico: karen.caiza8305@utc.edu.ec

Área de Conocimiento.

Agricultura

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La deforestación actual hace que la absorción de carbono disminuya cada vez más, emitiendo más gases de efecto invernadero, lo que ha provocado un calentamiento de la atmósfera y un cambio climático cada vez más extremo. En un escenario de cambio climático, la importancia de la fotosíntesis aumenta. Cuanto más CO₂ emiten los seres humanos a la atmósfera, más CO₂ absorben las plantas (Biobloggeo, 2016). En un proceso en consecuencia a largo plazo aún no están claras en los estudios, el aumento de las emisiones de dióxido de carbono está acelerando la fotosíntesis de las plantas. Y con esto, según un estudio, la vegetación terrestre ha duplicado su capacidad para eliminar los principales gases de efecto invernadero. Sin embargo, la ayuda a las plantas no ha logrado una reducción del CO₂ atmosférico ni ha desacelerado el cambio climático (Biobloggeo, 2016). El factor humano ha estado registrando la concentración de CO₂ en la atmósfera durante los últimos dos siglos a un ritmo acelerado. Las 278 partes por millón (ppm) de dióxido de carbono en el aire se han elevado a 400 ppm. Este aumento es el principal agente causante del cambio climático. Sin embargo, no equilibraron las cuentas. A pesar de que las emisiones no han dejado de aumentar, la concentración de CO₂ se ha mantenido estable en este siglo (Biobloggeo, 2016). Así, mientras que a fines de la década de 1950 la tasa de aumento de gas era de 0,75 ppm anual, en 2002 ya era de 1,86 ppm. Esta cifra se ha mantenido sin nuevas subidas desde entonces (Keenan et al., 2016). Por estos motivos importantes se pretende a través de esta investigación identificar la tasa de dióxido de carbono atmosférico que es utilizado para el desarrollo de la fotosíntesis de las diferentes especies arbóreas de los cuatro principales parques de la ciudad la Latacunga, con el propósito de establecer un índice u indicador que permita proveer servicios ecosistémicos con el fin de mejorar el equilibrio ambiental. Estos aportes beneficiaran a toda la ciudadanía y también tendrá un impacto a nivel nacional por lo cual permitirá ayudar a tener un conocimiento e influirá en el cuidado del arbolado y verde urbano.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos de esta investigación es la ciudadanía de la ciudad de Latacunga, la cual cuenta con 161 447 habitantes aproximadamente(*Latacunga*, n.d.); y las autoridades encargadas del sistema ambiental.

Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos que intervendrán en la investigación son los estudiantes de Ingeniería Agronómica y docentes investigadores de la Universidad Técnica de Cotopaxi, los cuales conocerán la importancia de la absorción del CO₂ en las diferentes especies vegetales de cuatro parques de la ciudad de Latacunga.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

"Los niveles de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera alcanzaron nuevas 410.5 partes por millón en 2019 y es probable que aumenten este año a pesar de una pequeña reducción en las emisiones del bloque COVID-19. El CO₂ es un gas de efecto "invernadero clave que atrapa el calor en la atmósfera y contribuye al cambio climático" (Agencia Anadolu, 2019a). "Este año ha aumentado un 148% desde los tiempos, dijo la OMM en su Boletín de gases de efecto invernadero" (Agencia Anadolu, 2019a). El aumento de CO₂ de 2018 a 2019 fue mayor que el observado de 2017 a 2018 y también mayor que el promedio del último aumento(ONU, 2019). El aumento de CO₂ de 2018 a 2019 fue mayor que el observado de 2017 a 2018 y también mayor que el promedio de la última década(ONU, 2019)o. El CO₂ seguirá subiendo a un ritmo ligeramente reducido (0,08-0,23 ppm por año)(Agencia Anadolu, 2019b).

Según, (El Comercio, n.d.)"En el 2018 en Ecuador los niveles de concentración de dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero cuyos niveles alcanzaron cifras récord con un promedio de 407,4 ppm"; y para el año 2019 el dióxido de carbono aumento a 410 ppm convirtiéndose en el país número 119 del ranking de países por emisiones de CO₂, formado por 184 países, en el que se ordenan los países de menos a más contaminantes(Noticias ONU, 2019).

El CO₂ es un componente clave que establece la tasa de fotosíntesis, pues es uno de los más importantes sustratos de aquel proceso, y si las plantas no muestran restricciones por otros componentes, responden aumentando la fotosíntesis mientras la concentración de CO₂ se

incrementa. Dichos incrementos de la fotosíntesis no son idénticos en cada una de las plantas arbóreas, sino que varían conforme con la fisiología de todas ellas (Azcón, J., Fleck, I., Aranda, X., and Gómez, 2008). Por esto es importante realizar la siguiente información que dejará percibir el aumento de la fotosíntesis de las diversas especies de cuatro parques estratégicos de la localidad de Latacunga y de esta forma se dará a conocer la tasa de absorción de CO₂ de todas las especies de estos parques y la influencia que tiene con el medio ambiente.

5. OBJETIVOS:

5.1. Objetivo general

Evaluar la absorción de dióxido de carbono (CO₂) mediante la actividad fotosintética de las especies vegetales de los cuatro principales parques de la ciudad de Latacunga

5.2. Objetivos Específicos

- Enumerar los puntos georreferenciales (GPS) de los cuatro parques de la ciudad de Latacunga.
- Identificar las especies vegetales (taxonomía), que existen en los cuatro parques de la ciudad de Latacunga.
- Identificar las principales especies que tienen mayor capacidad de absorción CO₂
- Tasar el total de absorción de CO₂ de los cuatro parques de la ciudad de Latacunga.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

OBEJTIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
Registrar los puntos georreferenciales (GPS) de los cuatro parques característicos de	Se establecerán las áreas a realizar la investigación Se procederá a tomar las diferentes coordenadas de cuatro parques	Puntos geográficos de cuatro parques de la ciudad Latacunga, establecidos en	Se clasificarán los registros de los puntos geográficos en los cuatro parques que se realizara la investigación con el fin de reconocer las localidades

la ciudad de Latacunga.	mediante la instrumentación necesaria (GPS).	una tabla de datos de Excel.	para facilitar la toma de datos.
Identificar las especies arbóreas (taxonomía), que existen en los cuatro principales parques de la ciudad de Latacunga.	Se caracterizará cada una de las especies vegetales en los parques en estudio.	Especies identificadas y clasificadas mediante una tabla de datos donde se encontrarán divididas por ubicación geográfica.	Se realizará un listado de las especies con su respectiva taxonomía y también se ubicará una tabla de datos en Excel donde estarán divididas las especies por cada sector de investigación con su respectivo número de plantas
Identificar las principales especies que tienen mayor captura CO ₂	Mediante revisiones bibliográficas se emanará métodos que ayuden a identificar la tasa de absorción de CO ₂ de cada especie.	Identificación de las especies con mayor captura de CO ₂	Se elaborará un listado de las especies con mayor índice de absorción de CO ₂ de cada uno de los parques estudiados con el fin de poder recomendar la siembra y conservación de dichas especies.
Tasar el total de absorción de CO ₂ de los cuatro parques de la ciudad de Latacunga.	Se efectuarán diferentes ecuaciones alométricas de Chave 2005 y West et al., 1999) que se realizaran mediante la densidad aproximada y el DAP de cada una de las especies.	Tasa porcentual de cada especie y parque reflejadas en tablas de Excel	Mediante Excel se procederá a determinar el índice de absorción total de CO ₂ de cada una de las especies y así se establecerá el total de captación de cuatro parques de la ciudad de Latacunga.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

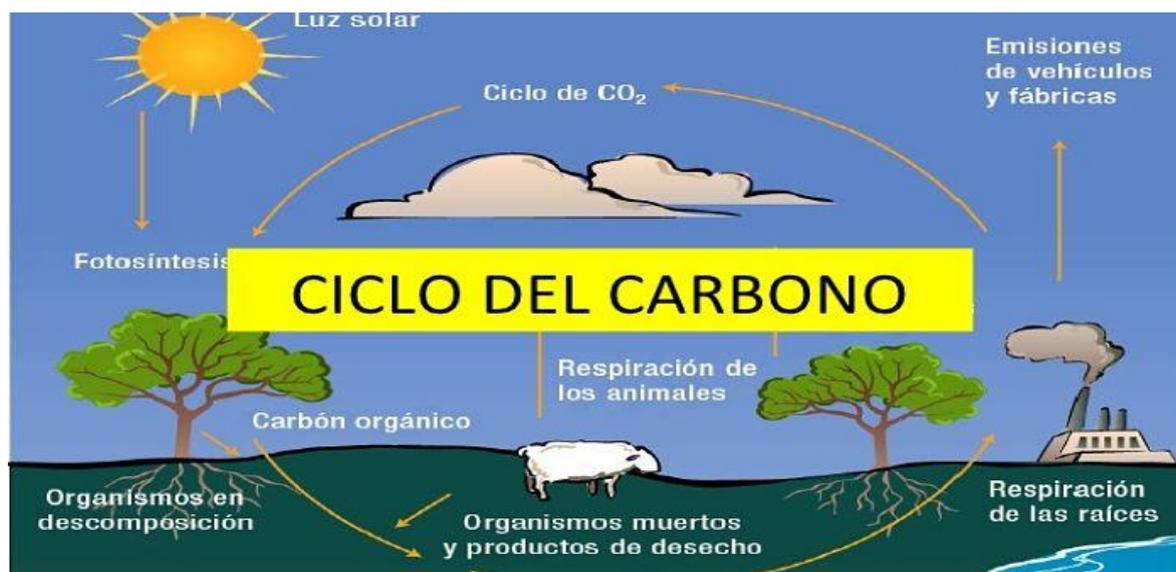
7.1 Carbono

El carbono es el componente básico de toda la vida en la Tierra. Afortunadamente, también es uno de los elementos más abundantes de nuestro planeta. Como toda materia, el carbono no se crea ni se destruye, por lo que todos los organismos vivos deben encontrar una manera de reutilizar continuamente el suministro finito disponible (Carbono, n.d.). El ciclo del carbono es la transformación química de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre la biosfera, la atmósfera, la hidrosfera y la litosfera. Comienza cuando las plantas o las algas toman dióxido de carbono (CO_2) y lo usan para producir glucosa a través de la fotosíntesis. Es un ciclo de gran importancia para la supervivencia de los seres vivos en nuestro planeta, pues de él depende la producción de materia orgánica que es el alimento básico y fundamental de todo ser vivo (CSS templates, 2011).

El carbono es un componente esencial para plantas y animales. Participa en la fotosíntesis en forma de CO_2 (dióxido de carbono) o H_2CO_3 (ácido carbónico), ya que se encuentran en la atmósfera. Forma parte de compuestos como: la glucosa, un carbohidrato esencial para llevar a cabo procesos como la respiración y la alimentación de los seres vivos, y del que posteriormente se derivó la mayoría de los demás alimentos (SUELO, n.d.).

Imagen 1

Ciclo del carbono



Nota: El ciclo de carbono es la **forma en que el carbono circula** a través de la atmósfera, los océanos y de la superficie e interior de la Tierra. Tomado de (Pineda, n.d.)

7.2 CO₂

Todavía hace unos 500 años, recientemente Cristóbal Colón había descubierto América, los procesos naturales sobre la tierra liberaban anualmente cerca de 210 mil millones de toneladas (MT) de CO₂ a la atmósfera. Parece una cantidad estratosférica y lo es por supuesto, pero al mismo tiempo cada año los bosques, selvas y praderas además de las grandes extensiones de algas marinas tenían la capacidad de absorber hasta un 6% por encima de la producción natural de CO₂, lo que aseguraba un buen equilibrio dinámico con respecto al ciclo vital de éste gas (Medina Valtierra, 2010).

Alrededor del siglo XVII y debido a las actividades antropogénicas, este equilibrio natural se rompió y en los últimos 50 años las concentraciones de gases de efecto invernadero han crecido rápidamente como resultado de todas las acciones humanas. De modo que las actividades humanas normales en la actualidad producen alrededor de 6.500 millones de toneladas de CO₂ al año con un crecimiento anual del 3% que, aunado a la notable y preocupante disminución de áreas verdes sobre la tierra, llevan como resultado catastrófico a la producción del doble de CO₂ de lo que puede absorber la biósfera de una manera natural. Este importante y preocupante aumento de la concentración de dióxido de carbono contribuye al calentamiento global de la tierra por el efecto invernadero resultante (Medina Valtierra, 2010).

El dióxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, ligeramente ácido y no inflamable. Es soluble en agua cuando la presión se mantiene constante, y está formado por una molécula lineal de un átomo de carbono ligado a dos átomos de oxígeno, de la forma O = C = O. A pesar de que a temperatura y condiciones ordinarias se encuentra en forma gaseosa, puede solidificarse si se somete a temperaturas inferiores de -79° C, y licuarse cuando se disuelve en agua. La sustancia se descompone al calentarla intensamente por encima de 2000° C, produciendo humos tóxicos de monóxido de carbono, y reaccionando violentamente con bases fuertes y metales alcalinos. De hecho, algunos polvos metálicos formados por magnesio, circonio, titanio, aluminio, cromo y manganeso, pueden explotar cuando se calientan en presencia de dióxido de carbono (PRTR España, 2019).

Efectos en la salud: El principal efecto que produce el CO₂ es la asfixia por desplazamiento del oxígeno, pero esto se produce por concentraciones muy altas capaces de desplazar el oxígeno y reducir su concentración por debajo del 20%. En concentraciones altas, cercanas a la 30.000 ppm, puede causar dolores de cabeza, falta de concentración, somnolencia,

mareos y problemas respiratorios. En entornos laborales, como oficinas, se comienzan a tener quejas de olores a partir de las 800-1000 ppm(Geoambiental, 2015).

Efectos en el medio ambiente

En el medio ambiente, el dióxido de carbono es la sustancia que más contribuye al efecto invernadero, es decir, que absorbe gran parte de la radiación solar incidente, reteniéndola cerca de la superficie terrestre y produciendo un calentamiento progresivo de la misma(PRTR España, 2019).

Según (PRTR España, 2019) las categorías del aire según los niveles de CO₂ son: “Está categorización identifica el aire de mala calidad a partir de 1200 ppm (partes por millón) considerados como el nivel máximo recomendado de CO₂ en ambientes interiores: Hasta 350 ppm: calidad de aire interior alta, entre 350 y 500 ppm: calidad de aire interior buena, entre 500 y 800 ppm: calidad de aire interior moderada, entre 800 y 1200 ppm: calidad de aire interior baja y nivel superior a 1200 ppm: calidad de aire interior mala”.

7.3 Contaminación por CO₂

Cuando respiramos, los seres vivos "queman" materia orgánica con oxígeno atmosférico y liberan CO₂, pero las plantas verdes toman este gas y con la ayuda de la luz lo transforman en materia orgánica, que sirve de alimento a los seres humanos. Sin embargo, el dióxido de carbono también se produce cuando se queman materiales carbonatados, como carbón, madera o combustibles fósiles (gas licuado de petróleo, gas natural, gasolina o Diesel). Si su emisión no fuera adecuadamente compensada por su fijación, aumentaría su concentración en la atmósfera y contribuiría al calentamiento global, ya que al no permitir que la radiación infrarroja se disipe provoca el efecto invernadero, ya que el dióxido de carbono es el segundo gas atmosférico. Después del vapor de agua, que contribuye a este fenómeno. Por otro lado, cuando se absorbe en el agua se forma ácido carbónico (H₂CO₃), que podría afectar algunos ecosistemas como los arrecifes de coral(Clickmica, n.d.). El ser humano ha roto el equilibrio. La combustión de combustibles fósiles para energía, procesos industriales, combustión de residuos la cantidad de dióxido de carbono presente en la atmósfera aumenta constantemente: Des de 1800, la concentración del gas ha pasado de 280 ppm (partes por millón) a 410 ppm en la actualidad. Se trata de un gas de efecto invernadero, retiene el calor. Al aumentar su presencia en la atmósfera se está produciendo un calentamiento global, más conocido como cambio climático, que genera olas de calor e inundaciones. Además, los

océanos absorben algo de este CO₂ adicional y se acidifican en este proceso, su pH disminuye. La principal consecuencia de esto es la destrucción de los arrecifes de coral. El dióxido de carbono ahora está aún más presente en nuestros hogares(Surià, n.d.).

Impactos del CO₂ sobre la biodiversidad

Muchas especies se desplazarán hacia latitudes más frías, buscando aquellos climas para los que están mejor adaptados. A pesar de esto, las especies animales o vegetales, que tienen menos capacidad para desplazarse, que no sean capaces de adaptarse, morirán o se extinguirán. Además, los fenómenos de deshielo también influyen en la muerte y extinción de muchas especies o por la acidificación de las aguas. Otra consecuencia es que muchas especies animales cambian sus rutas migratorias, en la búsqueda de alimento o en sus cadenas tróficas. Recientemente, se ha visto que las plantas incrementan su crecimiento conforme aumenta la concentración de CO₂. Sin embargo, a niveles muy elevados de CO₂, la saturación del aparato fotosintético es mayor, por lo que el crecimiento no aumenta o, incluso, disminuye. Aunque no es un fenómeno totalmente comprobado(Sánchez, 2019).

Emisiones de gases de efecto invernadero

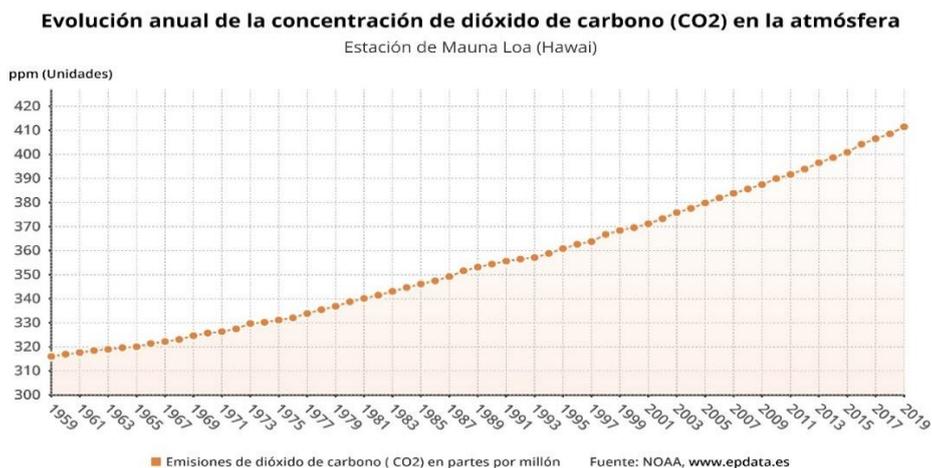
La desaceleración industrial debido a la pandemia COVID-19 no ha frenado niveles récord de gases de efecto invernadero que atrapan el calor en la atmósfera, elevan las temperaturas y provocan condiciones climáticas más extremas, según nuevos datos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las concentraciones de dióxido de carbono aumentaron en 2019 y el promedio mundial anual superó la marca de 410 partes por millón, frente al año anterior. En 2020, este aumento continuó a pesar de las medidas de contención que redujeron las emisiones de muchos contaminantes y gases a la atmósfera.(ONU, 2020).

“En 2015 superamos el umbral mundial de las 400 ppm. (de concentración de CO₂ en la atmósfera). Y solo cuatro años después, rebasamos las 410 ppm. Esa velocidad de aumento no tiene precedentes en nuestros registros históricos. La reducción en las emisiones debida a las medidas de confinamiento no es más que una minúscula irregularidad en el gráfico a largo plazo. Tenemos que aplanar la curva de forma continuada”, agregó Taalas. En total, las concentraciones atmosféricas de CO₂ han aumentado en un 148% desde la época preindustrial. "El CO₂ que tenemos ahora en la atmósfera se ha acumulado desde 1750. No es lo que sucedió hoy o ayer, es toda la historia del desarrollo humano y económico lo que realmente nos lleva a este nivel global de 410 ppm", explicó Oksana Tarasova, jefe de la División de Investigación

Atmosférica y Ambiental de la OMM, durante una conferencia de prensa en Ginebra(ONU, 2020).

Imagen 2

Evolución anual mundial de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera (1959-2019)



Nota: emisiones de dióxido de carbono (co₂) en partes por millón. Tomada de (EPDATA, 2020)

7.4 Las plantas y el CO₂

Las plantas absorben o fijan dióxido de carbono de la atmósfera durante la fotosíntesis. Parte del carbono se usa para el crecimiento de las plantas y parte se usa en la respiración, por lo que la planta descompone los azúcares para producir energía. El equilibrio entre la liberación de dióxido de carbono (CO₂) durante la respiración y la fijación de carbono durante la fotosíntesis afecta el crecimiento de las plantas. En todo el mundo, este equilibrio también afecta el equilibrio global de carbono: cuánto se almacena en los seres vivos en comparación con lo que hay libre en la atmósfera. Si bien la velocidad de las fotos es rápida en relación con la respiración, podría ser la velocidad a la que los ecosistemas "absorben" la atmósfera de carbono. Cuando el CO₂ aumenta en la atmósfera debido a la entrada humana, el calentamiento global aumenta y el equilibrio entre la fotosíntesis y la respiración puede cambiar en plantas individuales. En un nuevo estudio publicado esta semana en Proceedings of the National Academy of Sciences, los investigadores encontraron que, en condiciones más cálidas, las plantas cambian la forma en que usan el carbono y usan más para el crecimiento. Al utilizar más CO₂ para el crecimiento, las plantas "fijan" más CO₂ de la atmósfera bloqueándolo en las hojas y los tallos.(García-Carreras et al., 2018).

7.5 La fotosíntesis

La fotosíntesis es un proceso autótrofo de anabolismo. Constituye no solo la forma de nutrición del reino vegetal, sino también la base de la nutrición de todas las cadenas tróficas. Consta de dos fases: una clara y otra oscura. En ellos se produce la transformación no solo de materia inorgánica en orgánica, sino también de energía luminosa en energía de enlace químico. Para que se lleve a cabo la fotosíntesis son necesarios los siguientes elementos: Sol (energía solar), dióxido de carbono (CO_2) que entrará por los estomas de las hojas, Clorofila, Agua y sales minerales (absorbidas por las raíces). Las plantas son autótrofas porque tienen la capacidad de capturar la energía del sol y fijarla en los enlaces de los compuestos orgánicos que producen la energía del sol y fijarla en los enlaces de los compuestos orgánicos que producen a través de la fotosíntesis.(Fernández, 2014).

La fotosíntesis oxigénica es un mecanismo bioquímico que usa agua, dióxido de carbono del aire (CO_2) y luz para formar carbohidratos y liberar oxígeno (O_2) a la atmósfera. Este mecanismo es vital para el planeta porque completa el ciclo global de intercambio gaseoso que ocurre entre los seres vivos. Es decir, mientras ciertos organismos (como nosotros los humanos) consumen O_2 y liberan CO_2 a la atmósfera, los organismos fotosintéticos (como plantas, algas y cianobacterias) realizan básicamente el proceso complementario en el que consumen CO_2 y liberan O_2 a la atmósfera(Almeraya et al., n.d.).

Entre los organismos fotosintéticos, algunos son más eficientes que otros; esto depende de la velocidad a la que las moléculas de CO_2 son capturadas y transformadas en los carbohidratos necesarios para desarrollar su biomasa(Almeraya et al., n.d.). En este contexto, las plantas han logrado adaptaciones evolutivas sorprendentes para asegurar y optimizar el flujo del CO_2 hacia la síntesis de sus propios carbohidratos. A lo largo de este artículo, se explicarán algunas de estas adaptaciones y se describirán varios intentos fascinantes que ha hecho el hombre para mejorar el proceso fotosintético de plantas de interés alimentario, con miras a incrementar sus rendimientos agrícolas(Almeraya et al., n.d.).

Imagen 3

Formula química de la fotosíntesis

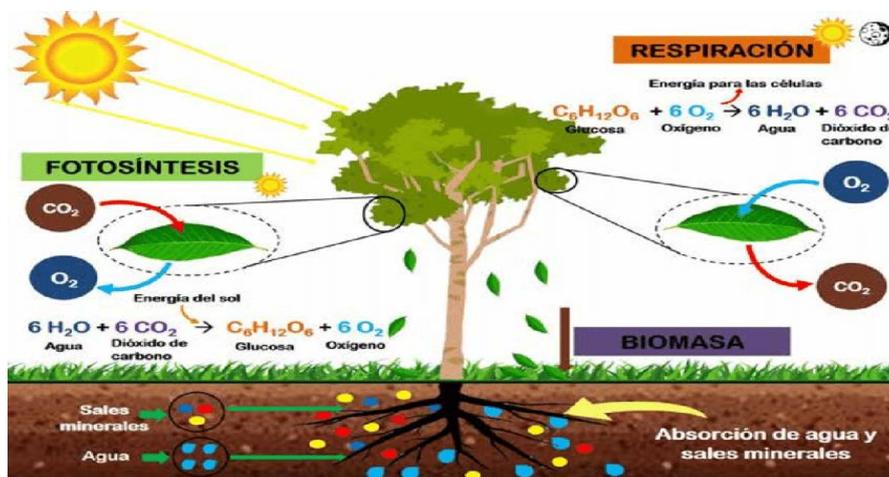


Nota: Proceso metabólico que ocurre en las plantas que permite la transformación de la materia inorgánica en materia orgánica (Fernandez, 2014)

La fotosíntesis ocurre en los cloroplastos, donde existen pigmentos capaces de capturar y absorber la energía luminosa del sol. Estos pigmentos son: clorofila (verde), xantófilos (amarillo) y carotenoides (naranja). Si uno de los procesos anabólicos más importantes de la naturaleza, ya que la síntesis orgánica en su curso permite la realización del mismo (Fernández, 2014).

Imagen 4

Ciclo de la fotosíntesis



Nota: La fotosíntesis proceso químico ocurre en dos etapas diferenciadas: la etapa luminosa o lumínica y la etapa oscura. Tomada de (Arteaga, 2015)

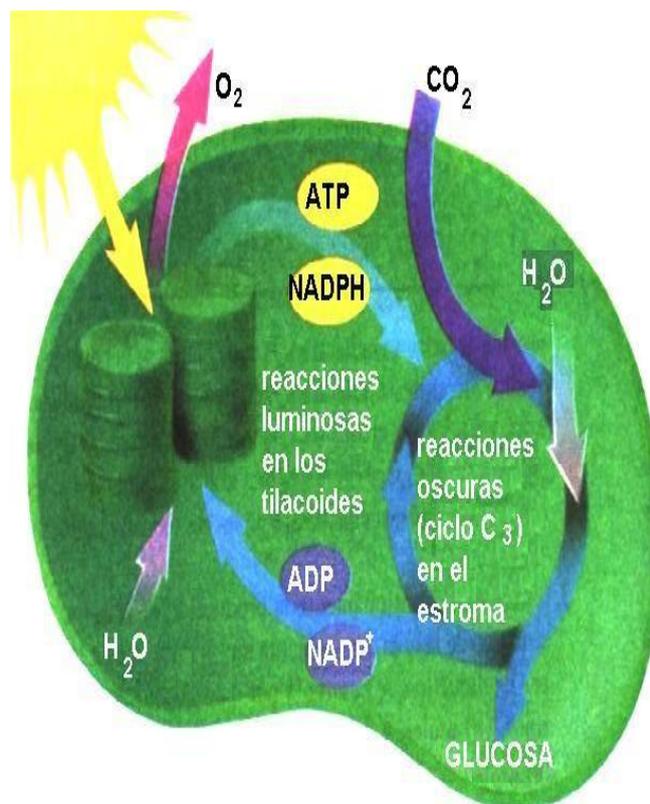
Fases de la fotosíntesis

Fase fotoquímica. La energía lumínica activa electrones de la clorofila de modo que éstos se desplazan a través de una cadena de transporte en la membrana tilacoidal. La clorofila recupera

sus electrones del agua, liberando O_2 . Dichos electrones finalmente son cedidos al $NADP^+$ (junto con H^+) transformándolo en NADPH. Durante el proceso de transporte de electrones se bombean protones a través de la membrana tilacoidal y el gradiente electroquímico generado impulsa la síntesis de ATP en el estroma (S, Alonso., Á, Babino., y V, 2020).

Imagen 5

Fase luminosa de la fotosíntesis.

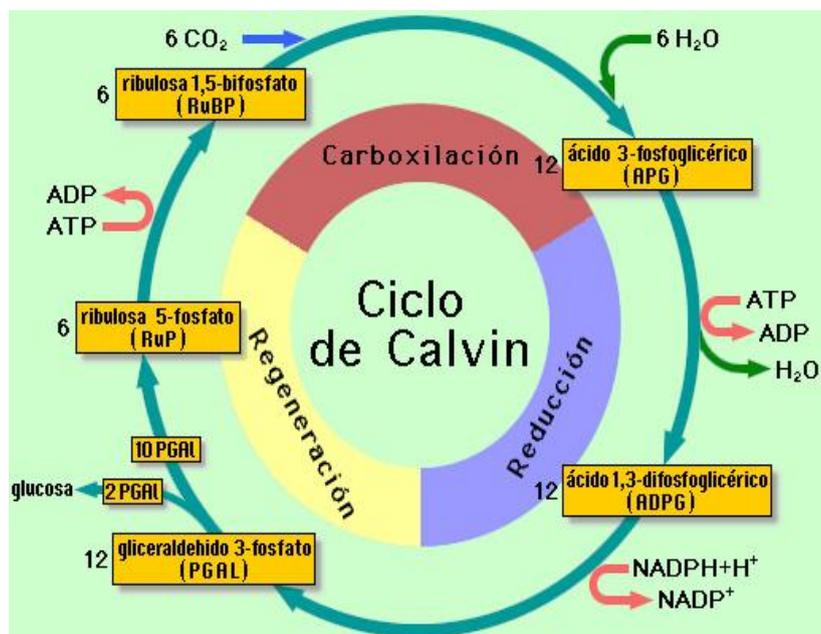


Nota: En esta fase incluye la fotólisis del agua, síntesis de la energía reductora o NADPH y la síntesis de energía en forma de ATP (Ortiz, 2020)

Fase de fijación del carbono. El ATP y el NADPH producido en la fase fotoquímica son la fuente de energía y poder reductor respectivamente para impulsar la síntesis de carbohidratos a partir del carbono del CO_2 . Estas reacciones, que comienzan en el estroma del cloroplasto y continúan en el citosol celular, producen en el mesófilo de las hojas sacarosa y otras moléculas orgánicas. La sacarosa es exportada hacia otros tejidos como fuente de moléculas orgánicas (S, Alonso., Á, Babino., y V, 2020).

Imagen 6

Fase oscura de la fotosíntesis o ciclo de Calvin



Nota: El ciclo de Calvin consiste en una serie de procesos bioquímicos que se realizan en el estroma de los cloroplastos de los organismos fotosintéticos. Tomado de (Ortiz, 2020).

Fase oscura de la fotosíntesis o ciclo de Calvin que implica tres reacciones: primero, se produce la fijación de CO_2 ; luego ocurre la reducción de CO_2 a compuestos orgánicos y finalmente ocurre la regeneración de la enzima RuBP carboxilasa (Ortiz, 2020).

Según (Raffino María Estela, 2020) el ciclo de Calvin se compone de tres etapas distintas:

- **Etapa 1.** Fijación del CO_2 , la enzima RuBisCo cataliza la carboxilación de difosfato de ribulosa, o sea, la fijación del dióxido de carbono para formar PGA (Ácido 3-Fosfoglicérico).
- **Etapa 2.** Reducción de PGA a un azúcar (CH_2O) a través de la formación de gliceraldehído-3-fosfato (GAP) con el NADPH (Nicotidamida adenina dinucleótido fosfato) y el ATP (Adenosín Trifosfato) producido en las reacciones dependientes de la luz.
- **Etapa 3.** Regeneración de difosfato de ribulosa, lo cual requiere ATP también.

La tasa de fotosíntesis está relacionada con la difusión del CO₂

El CO₂ es un gas natural en la atmósfera a niveles muy bajos (alrededor de 380 partes por millón o ppm). A pesar de esto, es el principal sustrato de la fotosíntesis, ya que es la fuente de carbono para la síntesis de los diferentes compuestos orgánicos de las plantas. La concentración de CO₂ en el aire alrededor de las hojas tiene una fuerte influencia en el crecimiento de las plantas, ya que deben incorporar dióxido de carbono en cantidades suficientes. La mayoría de las plantas dependen de la difusión de CO₂ de la atmósfera a los cloroplastos, donde se producirá la fijación de dióxido de carbono gracias a la actividad carboxilasa de la enzima rubisco. Estas plantas en las que la absorción de CO₂ depende de la difusión son las denominadas plantas C₃. Otras plantas dependen menos de la difusión, ya que tienen mecanismos que les permiten concentrar CO₂ para la fotosíntesis, aunque con cierto costo energético. Ejemplos de estos son los implantes C₄ y los implantes CAM(Azcón et al., 2008).

7.6 Plantas que absorben CO₂

Según (INTAGRI, 2018) esta es la fijación de carbono en plantas C₃, C₄ y CAM.

Dependiendo del tipo de fijación de CO₂, la planta tendrá un metabolismo diferente y por lo tanto se clasificará como plantas C-3, C-4 ó CAM. En ellas, tanto la eficiencia del uso del agua y como la tasa de fijación de CO₂ es diferente.

Plantas C-3: Se caracterizado por mantener los estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, lo que provoca una pérdida de agua por transpiración, de forma continua. Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis.

Plantas C-4: Se caracterizan por tener las estomas abiertos de día. Como poseen intermediarios de bombeo de CO₂ en la célula, pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, siendo factible la continuidad del proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO₂.

Plantas CAM: Estomas abiertos por la noche. Las pérdidas de agua por transpiración se reducen enormemente. También poseen reservorio de CO₂, con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética.

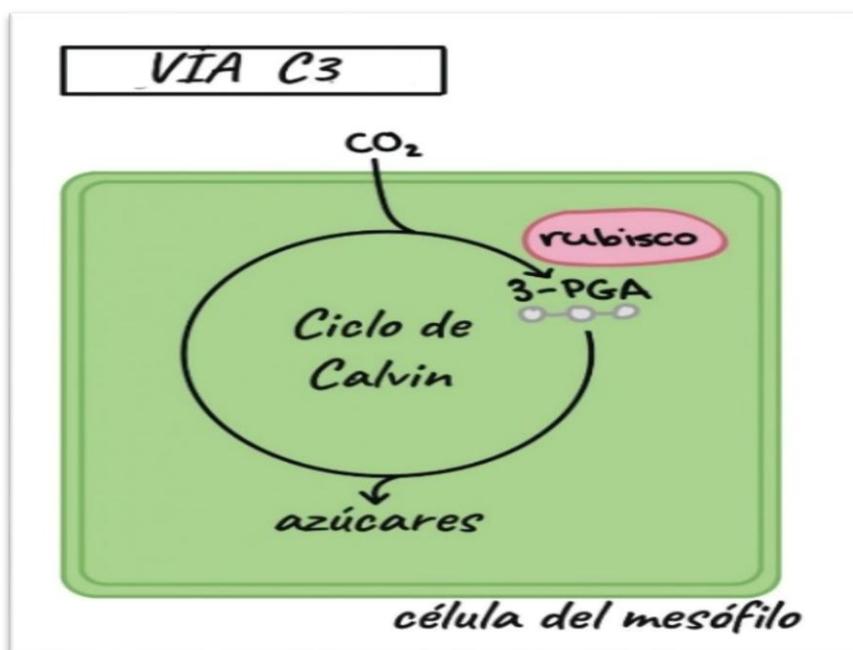
Cuando el agua es escasa, las plantas pueden cerrar sus poros para evitar perder demasiada agua. Esto les permite sobrevivir incluso a periodos más largos de sequía, pero con la mayoría de los poros cerrados, la absorción de dióxido de carbono también es limitada, lo que perjudica el rendimiento fotosintético y, por lo tanto, el crecimiento y el rendimiento de las plantas (Agricultureros, 2019).

7.7 Metabolismo fotosintético

Plantas de metabolismo fotosintético C-3

Imagen 7

Metabolismo fotosintético C3



Nota: Fijación de carbono en plantas C3 mediante el proceso fotosintético. Tomado de (Bear & Rintoul, 2014)

El ciclo de Calvin-Benson o ciclo de las pentosas-fosfato es el conjunto de reacciones que propician la fijación y asimilación reductiva del CO₂ hasta formar compuestos orgánicos (CH₂O)_n. Las plantas en las que sucede se denominan C-3 porque el primer compuesto orgánico que incorpora el CO₂ atmosférico, el fosfoglicerato, tiene tres átomos de carbono (Ucr, n.d.).

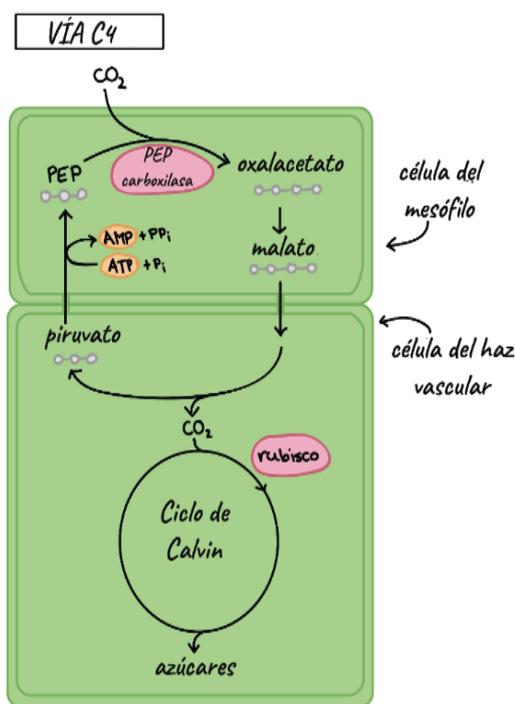
En este ciclo se distinguen tres etapas:

- Carboxilación de seis unidades de ribulosa 1,5 difosfato (5C), con seis unidades de CO_2 , para originar doce moléculas de 3 fosfoglicerato (3C). Esta reacción está catalizada por el enzima ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa-oxigenasa.
- Reducción de las 12 unidades de 3 fosfoglicerato a doce unidades de gliceraldehído 3-fosfato a través de dos reacciones catalizadas por la 3-fosfogliceratoquinasa y por la gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa, con el consumo de seis unidades de ATP y otras tantas de $\text{NADPH}+\text{H}^+$.
- Regeneración de las seis unidades de ribulosa 1-5 difosfato, a expensas de diez de las doce unidades de gliceraldehído 3 fosfato, en una serie de reacciones en las que intervienen azúcares-fosfato de tres a siete átomos de carbono, generados a partir de los restos de gliceraldehído 3 fosfato y que implican la intervención del enzima ribulosa 5-fosfoquinasa que teniendo como sustrato seis unidades de ribulosa 5-P procede a su fosforilación con consumo de seis unidades de ATP.

Plantas de metabolismo fotosintético C-4

Imagen 8

Metabolismo fotosintético C4



Nota: Fijación de carbono en plantas C4 mediante el proceso fotosintético. Tomado de (Bear & Rintoul, 2014)

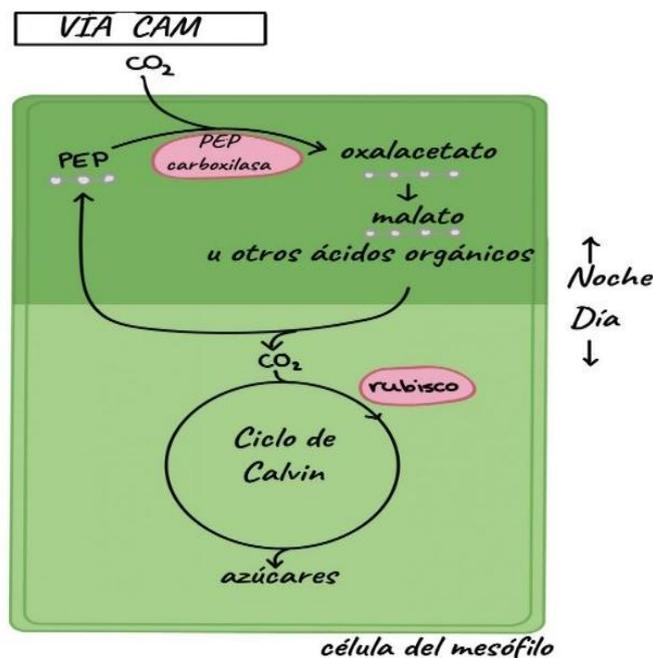
La captación de CO_2 requiere que las estomas se encuentren abiertos. La planta ha de ceder agua para poder captar CO_2 . Disminuir las pérdidas de agua, cerrando las estomas, también hace disminuir el flujo de entrada de CO_2 . La vía metabólica C4 forma parte de la evolución de las plantas para evitar la fotorrespiración. Esta vía metabólica es una adaptación de las plantas para tener una mayor eficiencia en el uso del agua que las plantas C3. Aunque el porcentaje de plantas C4 es menor, algunos cultivos de importancia económica tienen este tipo de metabolismo, por ejemplo: maíz, caña de azúcar, sorgo y amaranto. Se llaman plantas C4 porque el primer compuesto que se forma en el proceso es el ácido oxaloacético (un compuesto de 4 carbonos elaborado a partir de la combinación de fosfoenol-piruvato (PEP) con CO_2) que se convierte rápidamente en otro compuesto llamado malato. La enzima responsable de la reacción de carboxilación es la fosfoenol-piruvato carboxilasa.(INTAGRI, 2018).

En este sentido, la particularidad de las plantas C4 como resultado de su evolución es que el CO_2 de la atmósfera es capturado y fijado en dos compartimentos diferentes. Primero el CO_2 es capturado dentro de células especializadas llamadas mesofílicas, donde es fijado como HCO_3^- por la anhidrasa carbónica (AC) para ser tomada a continuación por la enzima PEPc que incorpora el carbono en un ácido C4. Posteriormente este ácido C4 es transportado hacia la vaina del haz vascular por la acción de acarreadores específicos ATP dependientes, dando lugar a la descomposición (descarboxilación) de los ácidos C4 generando una alta concentración de CO_2 en las células de la vaina e inhibiendo de esta manera la fotorrespiración. Cabe destacar que la descarboxilación según la especie es llevada por alguna de las siguientes enzimas: Málico-NADP, Málico-NAD o PEP Carboxiquinasa. Finalmente, el CO_2 es fijado por la enzima Rubisco e incorporado al ciclo de Calvin-Benson. Esta adaptación en las plantas C4 para transportar de forma efectiva el CO_2 consume energía (2 ATP) por molécula de CO_2 transportada; sin embargo, estas plantas compensan este gasto energético mayor con una mejor eficiencia en el uso del agua, mayor crecimiento y eficiencia en la fotosíntesis a altas temperaturas. Por otra parte, es importante mencionar que esta adaptación está encaminada al uso eficiente del agua, pero no a la tolerancia al estrés hídrico(INTAGRI, 2018).

Plantas de metabolismo fotosintético CAM

Imagen 9

Metabolismo fotosintético CAM



Nota: Fijación de carbono en plantas CAM mediante el proceso fotosintético. Tomado de (Bear & Rintoul, 2014)

A diferencia de los otros dos tipos, las plantas CAM, además de inhibir la fotorrespiración, evolucionarán sus adaptaciones para tolerar un fuerte estrés hídrico, ya que se caracterizan por succulencia tisular o succulencia celular, reducción drástica de órganos fotosintéticos, cierre estomático diurno que evita la pérdida de agua, presencia de extensos sistemas de raíces, etc. Alrededor del 7% de las plantas vasculares tienen la vía metabólica CAM, donde se destacan las plantas que habitan áreas cálidas y secas como los desiertos, seguidas de especies epífitas de áreas tropicales y subtropicales, así como plantas acuáticas. Se denominan plantas CAM porque utilizan la vía de metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), y se caracterizan por tener una fase diurna y una fase nocturna para el metabolismo del CO_2 (INTAGRI, 2018).

- Por la noche: se forma en las células fotosintéticas el receptor primario del CO_2 , fosfoenol-piruvato (PEP). Después las plantas abren sus estomas para que el CO_2 del ambiente sea fijado por la enzima PEP carboxilasa (PEPC) en el citosol y se da lugar a la síntesis del ácido málico. Posteriormente el ácido málico (como ión malato) es almacenado en la vacuola central de las células fotosintéticas (INTAGRI, 2018).

- Durante el día: Las plantas CAM no abren sus estomas, pero al interior de las células se da la liberación del malato de la vacuola hacia el citosol, inmediatamente se da paso a la descomposición (descarboxilación) del malato en el citosol para liberar el CO₂ y permitir la formación de compuestos de tres carbonos (piruvato o PEP) y finalmente el CO₂ entra al ciclo de Calvin. Las estomas de las plantas CAM permanecen abiertos durante la noche y cerrados en el día para evitar pérdidas de agua por transpiración y reducir la fotorespiración manteniendo el nivel de CO₂ en el interior de la planta; son adaptaciones principalmente a condiciones ambientales desérticas por lo cual son alrededor de 5 veces más eficientes en el uso de agua. Sin embargo, las plantas CAM se comportan como plantas C3 si el suministro de agua y las condiciones ambientales son adecuados. Dos ejemplos típicos son la piña (*Ananas comosus*) y el nopal (*Opuntia ficus-indica*), los cuales son cultivos altamente productivos en las regiones donde actualmente se cultivan (INTAGRI, 2018).

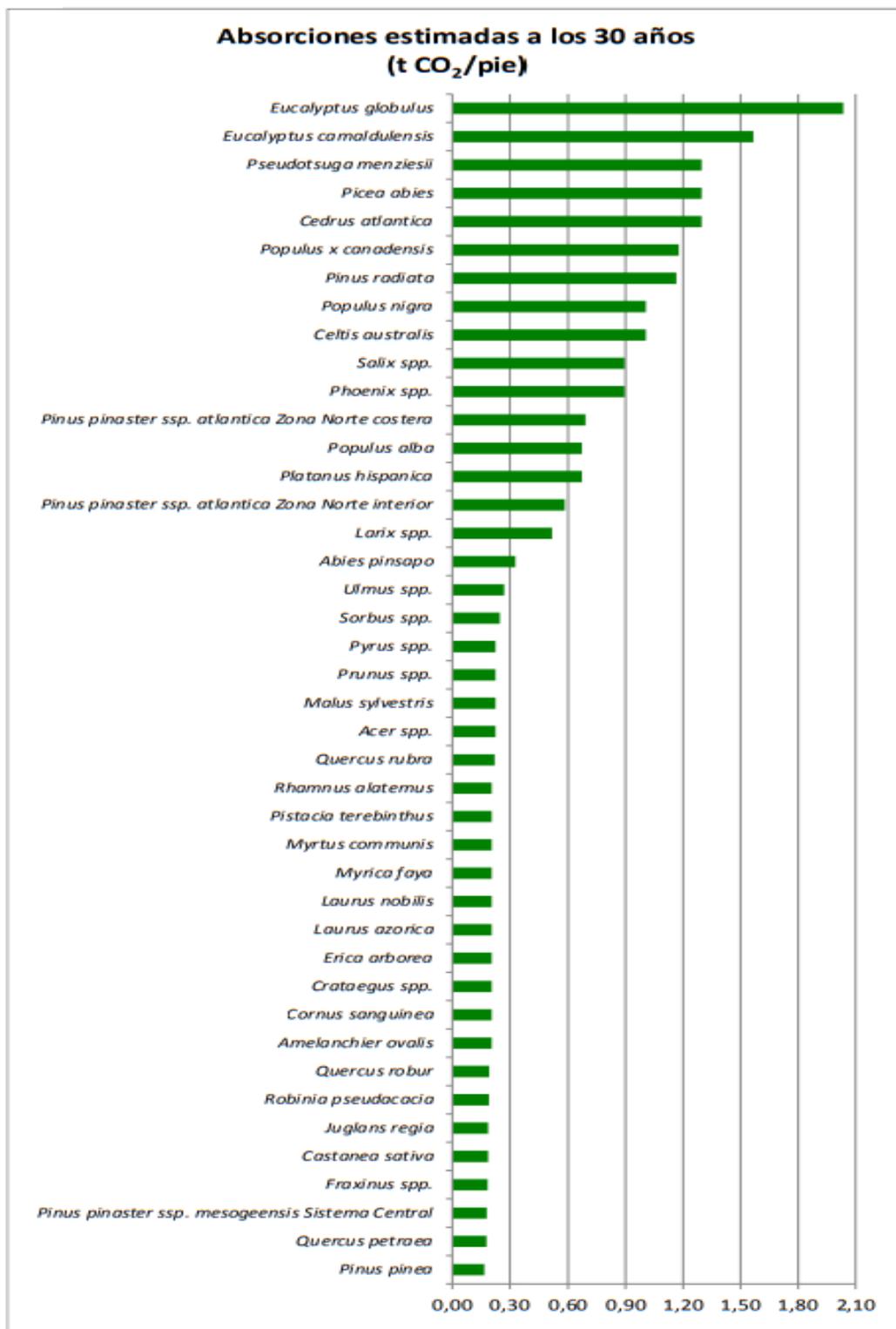
7.8 Principales plantas en el mundo que capturan CO₂

Los árboles que más CO₂ absorben

Según un estudio elaborado por la Universidad de Sevilla en 2007, los árboles que más CO₂ pueden eliminar del ambiente son los pinos, en concreto dos especies muy comunes en España, el pino carrasco (*Pinus halepensis*) y el pino piñonero (*Pinus pinea*). Un pino carrasco maduro puede absorber cerca de 50 toneladas de CO₂ en un año. Esto supone que un solo ejemplar absorbe el equivalente a la emisión de casi 30 automóviles, de tamaño medio y que recorran aproximadamente 10.000 kilómetros cada 12 meses. Teniendo en cuenta que la mayor parte de la Península Ibérica es un hábitat ideal para este tipo de conífera, la conclusión es clara: los pinos son fundamentales para la lucha contra el cambio climático, sin perjuicio de continuar concienciando a la población de que debemos ser responsables tanto en el consumo energético como en el uso del transporte. También tienen una muy buena consideración en este estudio, árboles como las encinas, el Olmo o el Olivo, aunque si lo comparamos con los anteriores, la cantidad de CO₂ que pueden llegar a absorber de forma anual es bastante inferior (entre 5 y 10 toneladas de media) (Conciencia Eco, 2016).

Imagen 10

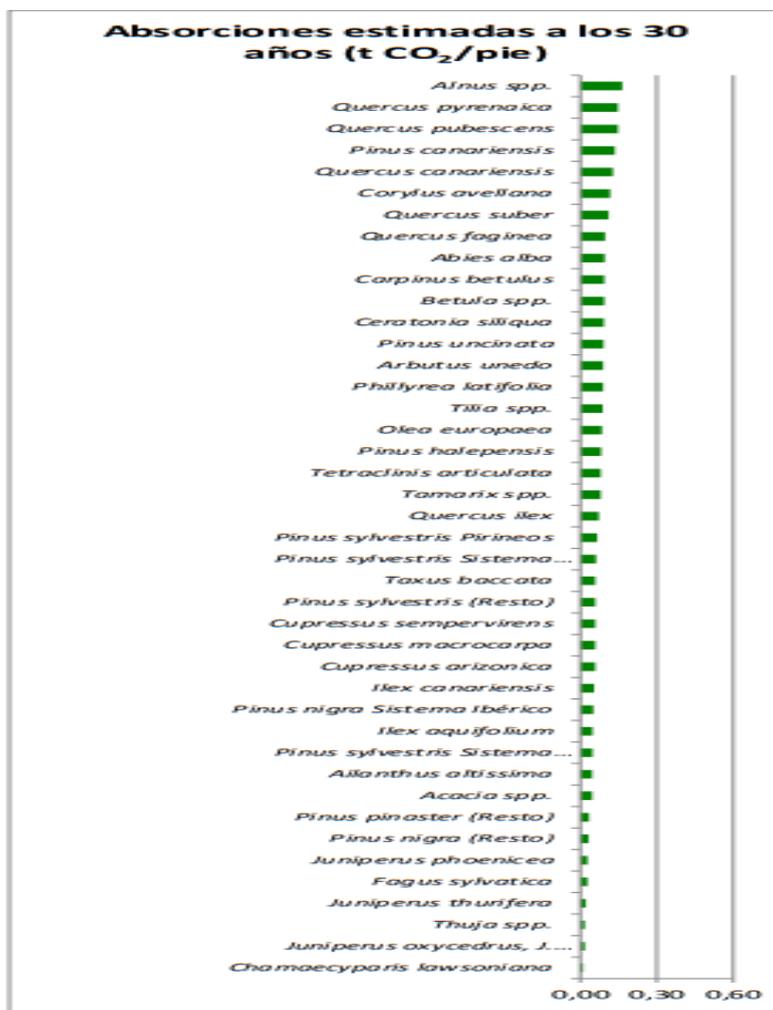
Absorciones unitarias estimadas a los 30 años según especie



Nota: Absorciones de CO₂ de diferentes especies. Tomada de (Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), 2019)

Imagen 11

Absorciones estimadas a los 30 años (tCO_2 /pie)



Nota: Absorción de CO_2 de mayor a menor cantidad. Tomado de (Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), 2019)

7.9 Cálculos posibles para determinar la absorción del dióxido de carbono mediante la fotosíntesis

Para estimar el contenido de carbono almacenado en la biomasa forestal se han desarrollado métodos directos e indirectos. Los directos consisten en un análisis destructivo para la estimación del peso verde y el peso seco de cada uno de los componentes de los árboles seleccionados. Los segundos se basan en la utilización de modelos matemáticos que estiman el peso de las diferentes fracciones del árbol a partir de variables individuales; sin embargo, para poder desarrollar los métodos indirectos es necesario contar con datos obtenidos de métodos directos. En los métodos indirectos también se ha estimado la biomasa mediante el empleo de

sensores remotos (fotografía aérea, imágenes de satélite, imágenes de radar, etc.)(Carrillo Anzures et al., 2017).

Para poder calcular cuánto dióxido de carbono absorbe cada una de las especies, los modelos tienen en cuenta las condiciones ambientales en que se hallan los árboles, la densidad del arbolado existente, la regeneración que ha existido en la zona o los tratamientos silvícolas aplicados o planteados. Los niveles de absorción de una misma especie pueden variar en función de estas variables(SINC, 2013).

Según (Chave et al., 2005) estas son ecuaciones alométricas que se puede utilizar para calcular el CO₂ absorbido en diferentes especies vegetales.

Imagen 12

Ecuaciones alométricas

Estrato	Zona de vida según Chave 2005	Condiciones climáticas		Tipo de ecuación alométrica DAP=diámetro a la altura de pecho ρ= densidad de la madera
		Altura (m.s.n.m)	Precipitación promedio (mm)	
Bosque Seco Andino (BSA)	Bosque Seco (1200-1700 mm precipitación y con más de 5 meses secos)	800-2600	1500 Con más de 5 meses secos	$Biomasa = (\rho * \exp(-0,667 + (1,784 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$
Bosque Pluvioestacional (BSP)	Bosque Seco (1200-1700 mm precipitación y con más de 5 meses secos)	0-700	<1 600 Con 5 o 6 meses secos	
Bosque Siempre Verde Andino Montano (BSVAM)	Bosque Húmedo (1800-6000 mm precipitación con 1 a 5 meses secos)	1300 - 1800	±24 50	$Biomasa = (\rho * \exp(-1,499 + (2,148 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$
Bosque Siempre Verde Andino Pie de Monte (BSVAPM)	Bosque Muy Húmedo (2335 - 3936 mm precipitación y sin meses secos)	1300 - 1500	±3406	$Biomasa = (\rho * \exp(-1,239 + (1,98 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$
Bosque Siempre Verde Andino de Ceja Andina (BSVCA)	Bosque Húmedo (1800-6000 mm precipitación con 1 a 5 meses secos)	1500 - 4000	>2 500	$Biomasa = (\rho * \exp(-1,499 + (2,148 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas de la Amazonía (BSVTBA)	Bosque Húmedo (1800-6000 mm precipitación con 1 a 5 meses secos)	1300 (por debajo esta altitud)	±28 35	$Biomasa = (\rho * \exp(-1,499 + (2,148 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$
Bosque Siempre Verde de Tierras Bajas del Choco (BSVTB)	Bosque Húmedo (1800-6000 mm precipitación con 1 a 5 meses secos)	300 (altitud promedio)	>3 500	$Biomasa = (\rho * \exp(-1,499 + (2,148 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$
Manglar (M)	Bosque de Manglar (180- 3200mm precipitación)	$Biomasa = (\rho * \exp(-1,349 + (1,98 * \ln(dap)) + (0,207 * (\ln(dap))^2) - 0,0281 * (\ln(dap))^3))$

Nota: Ecuaciones alométricas según el tipo de bosque. Tomado de (Chave et al., 2005)

Una alternativa para determinar la absorción de CO₂ es estimar la biomasa sin muestreos destructivos, es el uso de relaciones alométricas con las mismas variables morfológicas comúnmente analizadas en las plantas, como el diámetro al cuello de la raíz (D) y altura de la planta (H) o algunas variables derivadas (D² o D²H) (Ruehle et al., 1984). Una ecuación alométrica describe una línea curva que representa la relación entre la biomasa y el diámetro o la altura de la planta (Schmidt et al., 2011) además, proporciona un buen equilibrio y precisión en las predicciones con bajos requerimientos de datos (Ter-Mikaelian & Parker, 2000).

7.10 Biomasa

Según la (FAO, 2005) determina que “la biomasa aérea es toda la biomasa que habita el suelo, incluidos los tallos, raíces, ramas, cortezas, semillas y hojas. Y esa biomasa subterránea es toda la biomasa viva de las raíces de las plantas vivas. Se excluyeron las raíces pequeñas con un diámetro de menos de 2 mm porque a menudo son empíricamente indistinguibles de la materia orgánica del suelo y la hojarasca.”

Ecuaciones alométricas

Biomasa aérea

La determinación de la biomasa foliar es importante porque enseña la distribución de la materia orgánica en el sistema y se usa con diferentes propósitos como: estimación de contenido de carbono en el bosque, cuantificación en la cantidad de nutrientes en los ecosistemas, determinación de la fijación de energía en los ecosistemas forestales, descripción cuantitativa de ecosistemas y fuentes de biomasa disponible (Urbina et al., n.d.).

$$BA = Cp(D^{2.67})$$

C= estimado es de 0,2457 para especies de árboles de clima templado de América del Norte, y de 0,2593 para las especies templadas mundiales reportados por (Zianis & Mencuccini, 2004)

p= Densidad del árbol

D= diámetro a la altura de pecho

Biomasa aérea total

$$BAT = (Ba * Cv) / E_m$$

Donde:

BAT=biomasa área total de cada especie(ton)

BA=biomasa aérea de la muestra(ton/m²)

CV= cobertura vegetal (m²)

Em=extensión de la muestra(m²)

Biomasa subterránea

$$BS=BAT*Fr$$

Donde:

BS=biomasa subterránea de cada especie (ton)

BAT=biomasa área total de cada especie (ton)

Fr= factor de raíz

El factor de raíz ha sido examinado concorde al tipo de Bosque que pertenecen las especies plantadas en los parques de la ciudad de Latacunga, para este caso se manejó los datos de Bosque de sistema montañoso templado húmedo. En los 4 parques estudiados se presenta un dominio climático templado ($\geq 4-8$ meses a temperatura $>15^{\circ}\text{C}$), región climática (templado frío húmedo o seco) con razonamiento de la zona (altitudes de aproximadamente >1000 m). Para optar por el factor de raíz (Fr) se discurrió la cantidad de biomasa aérea por hectárea, para este caso la biomasa aérea fue menor a 75 ton/h, por lo tanto el valor de Fr fue 0,46(Rodriguez, 2016).

Biomasa total

$$BT=BAT+BS$$

Donde

BT= biomasa total(ton)

BAT=biomasa área total de cada sumidero (ton)

BS=biomasa subterránea de cada sumidero (ton)

Estimación de carbono

$$Ca = BT * FC$$

Donde:

Ca= carbono absorbido (ton)

Bt=Biomasa Total(ton)

Fc=fracción de carbono contenido en la biomasa (0.5)

Dióxido de carbono

$$CO_2 = Ca * Fe$$

Donde

CO₂ =cantidad de dióxido de carbono absorbido en un año (ton)

Ca=carbono total absorbido (ton)

Fe= factor equivalencia (3.67) Factor de conversión a CO₂, resultante del cociente de los pesos moleculares del dióxido de carbono 44 y del carbono 12.

7.11 Índice verde urbano

Índice Verde Urbano: Indica que se trata de la totalidad de áreas verdes medida por un indicador ya establecido en la OMS, esto es medible en todo el país, región o ciudad(DIEA, 2013). La carencia de espacio verde dentro una ciudad implica la forma del hombre que no se preocupa por el medio ambiente, es por eso que su importancia radica en conservar o aumentar los espacios verdes dentro de la ciudad para sí dar mejor un ambiente o calidad de vida a los habitantes de dicha urbe, los espacios verdes no solo son bosques alrededor de la ciudad sino también son parques, patios y jardines que forma parte de la ciudad misma. Estos espacios ayudan oxigenar y purificar el aire que rodea a la población, dicha importancia implica que la ciudadanía general que junto con las autoridades pertinentes ejerzan proyectos para el buen vivir (Jirón-Ochoa, 2019).

Los niveles de contaminación del aire han aumentado en muchas ciudades de América Latina y el Caribe. La más afectados por ello son los niños, adultos mayores y personas con problemas respiratorios. El beneficio se da al momento en que las partículas de polvo y humo

quedan en la vegetación, a la vez estas pueden absorber gases tóxicos, como el smog urbano. Uno de los principales componentes que existe en la contaminación del aire es el dióxido de carbono, el cual mediante la fotosíntesis de las plantas lo absorben directamente en la biomasa y a cambio liberan oxígeno. Así mismo, al poseer vegetación extensa esta reduce el calor sofocante de las áreas urbanas. Los árboles grandes, mayores de 77cm de diámetro, logran almacenar cerca de 3 toneladas métricas de carbón, 100 veces más que aquel almacenado por arboles pequeños(Frutos Madrazo & Esteban Laleona, 2009).

7.12 Importancia de los parques urbanos

La creación y adecuación de grandes zonas verdes se ha convertido en una constante en la agenda de los gobiernos locales de ciudades de todos los tamaños, especialmente desde la invención del automóvil. En ello tiene que ver el término isla de calor urbana, nombre con el que se conoce a la modificación climática no intencional por la cual tanto el aire como la superficie de las metrópolis sufren un aumento de la temperatura —respecto a zonas no urbanizadas— por factores como el tráfico rodado, las calefacciones, el uso de materiales como el cemento o el asfalto, etc. La importancia de los parques urbanos para la ciudad es inimaginable, ellos proporcionan beneficios tales como; la buena calidad del aire que respiramos se lo debemos en su mayoría a los árboles. Sabías que los árboles filtran aire, agua, luz solar, ruidos; enfrían el ambiente; dan sombra a animales y a otros vegetales, y área recreacional para los habitantes. Moderan el clima urbano, reducen vientos y tormentas, proveen de sombra a viviendas(Iberdrola, 2021).

Según (Vilssa, 2020) estos son los aspectos más importantes de los parques, jardines y zonas arboladas

- a. Desde el punto de vista psicológico, introducir zonas en nuestras ciudades que transmitan sosiego y paz, alejadas de los ruidos, el estrés de la circulación de vehículos y con colores y olores que nos trasladan a lugares más tranquilos, supone un gran alivio en la vida cotidiana de las grandes ciudades.
- b. Los grandes parques y jardines son un refugio para animales que habitan en el centro de las ciudades y que necesitan espacios para anidar o madrigueras donde reproducirse.
- c. Los jardines, lugares muy apreciados generalmente por la belleza que nos ofrecen en ciertos momentos del año, como la primavera con la floración de preciosas flores, son también un lugar ideal como hábitat para insectos como las abejas, tan importantes en la polinización de las plantas y por lo tanto en la cadena alimenticia.

- d. Una de las razones más esgrimidas por los defensores de los espacios verdes en nuestras ciudades es su beneficio del punto de vista medioambiental. Un pequeño grupo de árboles puede reducir la contaminación atmosférica entre un 9 y un 13%, además de absorber el polvo que llegaría al suelo en una zona abierta entre un 27 y un 42%.
- e. En determinadas épocas del año, las zonas verdes, sobre todo los espacios arbolados, crean zonas de sombra donde las temperaturas son mucho más bajas que en las zonas de la ciudad abiertas, sin protección y rodeadas de hormigón y de asfalto.
- f. La vegetación supone una regulación de la temperatura del entorno muy importante en las épocas del año de más calor, esto se debe, entre otros factores, a la humedad que contienen estos espacios. La temperatura de confort es una combinación de parámetros donde la humedad relativa del aire resulta un factor determinante. Los ambientes secos y sin ningún tipo de sombra tienen temperaturas mucho más elevadas que los ambientes húmedos y con sombra como los parques y zonas arboladas de nuestras ciudades. Cuantitativamente evaporar 1 g de agua implica que 1 m³ de aire podría bajar la temperatura unos 2,2 °C. Un árbol puede evaporar hasta 800 kilos de agua por metro cuadrado al año.
- g. La existencia de zonas arboladas supone espacios de sombra en verano que impiden el sobrecalentamiento de las fachadas de los edificios, lo que supondría un considerable ahorro desde el punto de vista energético en cuanto a la climatización en verano.

El Programa del GAD Municipal de Latacunga de incremento y mejoramiento de áreas verdes y de recreación para la ciudadanía, mantiene un déficit todavía alto para alcanzar la norma internacional, y si a la principal propiedad (Tilipulo), que aportaría con el mayor porcentaje de terreno a la meta propuesta, se la mutila para otros menesteres y más aún se la degrada con instalaciones que tienen propósitos muy distintos, la generación de espacios públicos para la revitalización, promoción y difusión de las diversas expresiones culturales y de recreación quedarían en letra muerta y el cantón agravaría en este aspecto los indicadores de medición de calidad de vida (Ulloa, n.d.).

-En la ciudad de Latacunga hasta el 2019 se propone destinar para áreas verdes y recreación 500.000 m², incrementando 2.7m²/hab en el cantón. Para alcanzar esta meta "...se ha propuesto crear el Parque de la Familia en el sector de Tilipulo ya que cuenta con una extensión de 76 has. debido a la gran extensión con que cuenta las zonas aledañas a la hacienda Tilipulo, lo óptimo es conservar estas áreas destinándolas a parques recreacionales, lo que ayudaría a

rehabilitar y promocionar turísticamente esta zona de mucha importancia histórica para el cantón Latacunga, además de elevar en 2,41m² de área verde por habitante”(Ulloa, n.d.).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

¿La identificación de la tasa porcentual de absorción de CO₂ mediante la actividad fotosintética influirá en la conservación de las áreas verdes y arbolado de la ciudad Latacunga?

9. METODOLOGÍAS/DISEÑO EXPERIMENTAL.

9.1 MODALIDAD BÁSICA DE INVESTIGACIÓN

9.1.1 Investigación de campo

Se implementó una investigación de campo que permitió la recopilación de datos con el propósito de identificar las especies y luego se procesaron los datos en una tabla en Excel. La recolección de los datos georreferenciales se ejecutó en el lugar de origen de la investigación y también se recopilaron datos dasometricos que se utilizaron para obtener la cantidad de absorción de CO₂ por especie.

9.1.2 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica se caracteriza por la utilización de los datos secundarios como fuente de información. Una de las principales ventajas de un diseño bibliográfico es que permite cubrir una amplia gama de fenómenos ya que abarca una realidad espacio-temporal mucho más dilatada. Las bases de datos que se pueden utilizar a través de Internet, los buscadores digitales especializados y los catálogos on-line de las principales bibliotecas facilitan enormemente la búsqueda(UNAM, 2018). La investigación tiene bases fundamentadas mediante revisiones bibliográficas que permitió tener un enfoque claro y preciso para el análisis y discusión de la investigación.

9.2 Tipo de Investigación

9.2.1 Descriptiva

Se encarga de describir las características de la realidad a estudiar con el fin de comprenderla de manera más exacta. En este tipo de investigación, los resultados no tienen una valoración cualitativa, solo se utilizan para entender la naturaleza del fenómeno(Rojas, 2015). Mediante este tipo de investigación se logró la descripción taxonómica y la identificación de la tasa valorica de toneladas por hectárea al año de absorción de CO₂ de las diferentes especies de los

cuatro parques de la ciudad Latacunga, la cual permitió tener en cuenta la importancia del cuidado de los arbolados.

9.3 Métodos de Investigación

9.3.1 Método cualitativo

La investigación cualitativa es el procedimiento metodológico que utiliza palabras, textos, discursos, dibujos, gráficos e imágenes para construir un conocimiento de la realidad social, en un proceso de conquista-construcción-comprobación teórica desde una perspectiva holística, pues se trata de comprender el conjunto de cualidades interrelacionadas que caracterizan a un determinado fenómeno. La perspectiva cualitativa de la investigación intenta acercarse a la realidad social a partir de la utilización de datos no cuantitativos (Anguera, 1986). Se utilizó el método cualitativo en la investigación realizada la cual permitió obtener una relación entre las revisiones bibliográficas y los datos descubiertos en los 4 parques de la ciudad Latacunga.

9.3.2 Método de deducción indirecto

La deducción consiste en ir de lo general a lo particular, se inicia con la observación de fenómenos generales con el propósito de señalar las verdades particulares. En este caso se parte de un par de premisas: la primera contiene una afirmación universal y la segunda una particular; de la comparación de ambas se obtiene la conclusión (Raffino, 2020). Mediante este método de investigación se pudo partir de bibliografías científicas en las que ayudaron a tener bases fundamentales acerca del papel que juega el CO₂ en las plantas para así llegar a determinar la tasa porcentual de absorción de dióxido de carbono mediante la fotosíntesis en los parques: Vicente León, Filantropía; San Francisco y La Laguna de la ciudad de Latacunga.

9.4 Técnicas de Investigación

9.4.1 Por observación

La observación, como su propio nombre indica, implica observar atentamente el fenómeno, hecho o caso concreto, tomando la información necesaria y registrándola de forma más o menos sistemática. Observación directa: el investigador se pone en contacto personalmente con el hecho a investigar (Montagud Rubio, 2020). Mediante el reconocimiento de las especies encontradas en los cuatro parques de Latacunga se pudo identificar la tasa de absorción de CO₂ mediante el proceso fotosintético y así poder conseguir los objetivos de la investigación.

9.4.2 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica es una técnica cualitativa que se encarga de explorar todo aquello que se haya escrito acerca un determinado tema o problema. Este tipo de investigación pretende cumplir con las siguientes funciones: Apoyar y sustentar, de forma teórica, el trabajo que se quiere realizar. Evitar que la investigación actual sea una réplica de algo que ya se ha hecho (Montagud Rubio, 2020). Esta técnica de investigación fomento a basarse en reseñas bibliográficas para conseguir fundamentaciones teóricas acerca de la importancia de la absorción fotosintética de CO₂ para poder obtener valores en toneladas por hectárea al año en cada especie de los cuatro parques.

9.5 Metodología de la investigación

9.5.1 Ubicación del ensayo

Tabla 1

Establecimiento del proyecto

PROVINCIA	Cotopaxi	Ubicación
CANTÓN	Latacunga Latitud & longitud -0.93521, -78.61554	Se encuentra en el centro del Ecuador, en la Región Interandina del Ecuador, al sureste de la provincia de Cotopaxi, al sur del volcán Cotopaxi, en la hoya del Patate, a 2750 metros sobre el nivel del mar.
PARQUE 1	Vicente León Latitud & longitud -0.931703, -78.61847	Calles Sánchez de Orellana y Padre Salcedo.
PARQUE 2	Filantropía Latitud & longitud -0.9362196, -78.61663	Calles Hnas. Páez, Dos de mayo, Tarqui y Av. Amazonas.

<p>PARQUE 3</p>	<p>San Francisco</p> <p>Latitud & longitud -0.9896703; -76.55777</p>	<p>Junto a la iglesia San Francisco y a la unidad educativa la Salle en la parte céntrica de la ciudad.</p>
<p>PARQUE 4</p>	<p>La Laguna</p> <p>Latitud & longitud -0.9896171; -76.63155</p>	<p>Calle Carihuairazo Avenida Atahualpa y calle Santiago Zamora a nivel de la Escuela Once de Noviembre.</p>

Nota: Caiza K, 2021

9.5.2 Mapas de ubicación geográfica

Imagen 13

Ubicación del cantón Latacunga



Nota: Caiza, K:2021

Imagen 14

Ubicación de los parques de estudio



Nota : Caiza, K:2021

Tabla 2

Nombre de los parques a estudiar

1	Parque Vicente León
2	Parque La Filantropía
3	Parque La Laguna
4	Parque San Francisco

Nota: Caiza, K:2021

9.6 Manejo del proyecto

9.6.1 Materiales y equipos de trabajo

- Computador
- Internet
- Libreta de apuntes
- Esferos
- Metro
- Piola
- GPS
- Teléfono celular
- Flash memory
- Google earth

- Aplicación “Picture this” identificador de plantas
- Aplicación “Timestamp camera” geoubicación
- Personal investigativo

9.6.2 Procedimiento del proyecto de investigación

- a) Se seleccionó el tema para la investigación.
- b) Ya establecido el tema y los objetivos propuestos, inicialmente se procederá a registrar los datos georeferenciales de cuatro parques de la ciudad de Latacunga, utilizando el procesamiento global (GPS) y aplicaciones que permitan identificar las latitudes y longitudes de cada uno de los parques.
- c) Seguido, se identificarán cada especie arbórea mediante la utilización de conocimientos adquiridos durante la carrera y aplicaciones tecnológicas que ayuden a identificarlas por su nombre común y científico.
- d) Una vez reconocidas las especies se realizará una tabla de datos que conste de su nombre común, científico y el número de árboles por especie que exista en los parques.
- e) Se ejecutará el análisis de reseñas bibliográfica con el propósito de obtener operaciones no destructivas que permitan establecer datos estratégicos de la absorción de dióxido de carbono, estas ecuaciones se utilizaran con datos obtenidos en campo como son el DAP de una muestra ejemplar por especie y las densidades aproximadas determinadas mediante investigaciones bibliográficas.
- f) Para finalizar con la investigación se determinaron las cantidades de dióxido de carbono absorbidas mediante el proceso fotosintético en toneladas por hectárea al año.
- g) Una vez obtenidos estos datos se socializaron con el docente tutor de la investigación para su validación y exposición ante el tribunal de grado.

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

10.1 Cantón Latacunga

Es la capital de la provincia de Cotopaxi, además de ser el centro de administración, reúne a mucha población de toda la provincia, el que hacer económico de la ciudad siempre estuvo involucrado en el acopio y venta comercial de la producción agrícola, se dice que en la

época pasada la ciudad fue el molino del Ecuador más importante por su producción de gramíneas. La actividad económica de la tierra de la Mama Negra, cambió mucho en cuando se instalaron las florícolas en los alrededores y también con el asentamiento de otras industrias, se incrementó la explosión demográfica en la zona(Barrionuevo, 2019).

Fundación y clima de Latacunga

Latacunga fue fundada en 1534, con el nombre de Asiento de San Vicente Mártir de Latacunga. En 1539, Gonzalo Pizarro, aumentó el número de pobladores y finalmente la fundación definitiva y oficial la efectuó el Capitán Antonio Clavijo en 1584, con el título de Corregimiento. El clima de la ciudad de Latacunga suele ser entre cálido y templado. La ciudad tiene una cantidad abundante de lluvia durante lo que va del año. Esto no cambia ni en el mes más seco. La temperatura en Latacunga es 13.4 ° C en promedio. Por ello durante la tarde un saco bien abrigado te protegerá del frío y la lluvia que llega sin avisar(Barrionuevo, 2019).

Según Barrionuevo, 2019 la extensión del Cantón Latacunga tiene una superficie de (1.506 km²), distribuido en sus cinco parroquias urbanas y diez rurales.

Límites:

- Norte: Provincia de Pichincha y Cantón Sigchos
- Sur: Cantones Salcedo y Pujilí
- Este: Provincia de Napo
- Oeste: Cantones Sigchos, Pujilí y Saquisilí

Parroquias urbanas: (5) Eloy Alfaro, Ignacio Flores, Juan Montalvo, La Matriz, San Buenaventura. Parroquias rurales: (10) Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joseguango Bajo, Mulaló, 11 de Noviembre, Poaló, San Juan de Pastocalle, Tanicuchi, Toacaso.(GAD COTOPAXI, 2014)

Áreas verdes de la ciudad Latacunga

Los espacios públicos y áreas verdes generalmente son parques y plazas administradas directamente o indirectamente por entes públicos, como municipios, gobiernos provinciales, regionales o el estado. Para calcular el índice verde, se divide los m² de áreas verdes por un número de habitantes, que para este estudio se consideró la población residente en sectores

urbanos de las cabeceras provinciales cantonales. Qué es el Índice Verde Urbano – IVU: Es la cantidad de áreas verdes urbanas en donde predomina vegetación y elementos naturales del entorno, manejado (directamente o indirectamente) por entes públicos como (municipios, gobiernos provinciales, regionales o Estado) existentes dentro del territorio, dividido para el número de habitantes de las zonas urbanas(INEC, 2013).

La importancia del índice verde urbano es que la existencia de áreas verdes urbanas, contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida y a la salud de sus habitantes, al tiempo que facilita la práctica de deportes, la recreación, el esparcimiento y la integración social; además disminuye el impacto producido por niveles excesivamente altos de densidad y edificación, produce efectos que ayudan a la eliminación del polvo, la reducción del ruido, enriquecimiento de la biodiversidad y la protección del suelo(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC], 2012).

El cantón Latacunga, con una superficie aproximada de ciento cuarenta mil hectáreas y una población estimada de ciento ochenta y tres mil habitantes, presenta serias deficiencias en la infraestructura destinada a la recreación. El acceso, uso y equipamiento de los espacios públicos, es un problema que debe ser analizado con detenimiento por parte de las autoridades locales. Según el Plan de Desarrollo del GAD Municipal de Latacunga 2016- 2019 “El espacio público que actualmente existe es de 791752,055 m², se ha tomado en cuenta plazas, canchas, parques, espacios públicos y turísticos ...”. Esto equivale a 4,3 metros cuadrados por habitante, el déficit es de 4, 7 metros cuadrados si tomamos como referencia que la Organización Mundial de la Salud recomienda 9 metros cuadrados por habitante(Ulloa, n.d.).

Imagen 15

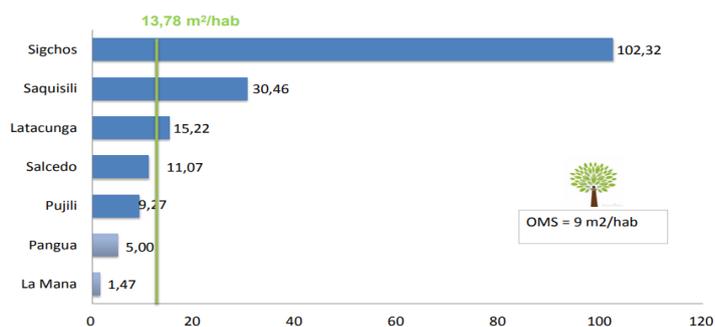
Índice urbano de la provincia Cotopaxi

PROVINCIA	INDICE VERDE URBANO m ² /hab
NAPO	76,58
ZAMORA CHINCHIPE	63,29
MORONA SANTIAGO	27,26
GALAPAGOS	26,55
CARCHI	25,98
PICHINCHA	22,52
IMBABURA	19,76
ESMERALDAS	17,63
MANABI	17,37
PASTAZA	16,90
COTOPAXI	13,78
AZUAY	11,89
TUNGURAHUA	10,12
CAÑAR	9,89
BOLIVAR	7,59
SUCUMBIOS	7,49
LOJA	4,79
CHIMBORAZO	4,11
EL ORO	3,73
GUAYAS	2,52
SANTA ELENA	1,95
LOS RIOS	1,91
ORELLANA	1,33
SANTO DOMINGO DE LOS COLORADOS	0,60
TOTAL NACIONAL	13,01

Nota: Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales – 2012 INEC

Imagen 16

Índice por cantones de la provincia de Cotopaxi



Nota: Censo de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales – 2012 INEC

10.2 Identificación de especies vegetales de cuatro Parques de la Ciudad de Latacunga

Parque Vicente León

El Parque Vicente León es la plaza de armas de Latacunga. En esta gran plaza central de la ciudad se organizaron las campañas libertadoras durante la independencia de la nación. El trazado del parque es el típico trazado castellano de líneas rectas. En el centro de la plaza se encuentra emplazado un imponente monumento a Vicente León, quien fuera uno de los autores de la ley de reforma agraria (Viajeros, 2001).

Tabla 3

Especies plantadas en el parque Vicente León

PARQUE	ESPECIES	NOMBRE CIENTIFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES
PARQUE VICENTE LEÓN	Aliso	<i>Alnus glutinosa</i>	1
	Pino	<i>Pinus</i>	20
	Cucarda	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	1
	Laurel rosa	<i>Nerium oleander</i>	1
	Cepillito llorón	<i>Callistemon citrinus</i>	4
	Ciprés	<i>Cupressus</i>	1
	Palma fénix	<i>Phoenix canariensis</i>	11
	Palmito	<i>Chamaerops humilis</i>	13
	Yuca	<i>Yucca</i>	3
TOTAL, DE ÁRBOLES			55

Nota: Caiza, K:2021

Parque la filantropía

El Parque de la Filantropía se encuentra ubicado en las calles Hnas. Páez, dos de Mayo, Tarqui y Av. Amazonas. Al interior del parque convergen ocho calles cuyo piso es de cemento, rodeadas de hermosos jardines; su entorno urbano se encuentra definido por construcciones de dos pisos contemporáneas, destacándose el edificio de la Jefatura de Salud antiguo Hospital (Carrera, 2015).

Tabla 4*Especies plantadas en el parque La Filantropía*

PARQUES	ESPECIES	NOMBRE CIENTÍFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES
PARQUE FILANTROPIA	Álamo Plateado	Populus alba	6
	Yuca	Yucca elephantipes Regel	10
	Acacia negra	Acacia melanoxylon	2
	Palma datilera	Phoenix dactylifera	3
	Capiri	Sideroxylon capiri	2
	Molle	Schinus molle	2
	Clavel japoses	Dianthus caryophyllus	15
	Palma de jardin	Trachycarpus fortunei	1
	Nogal	Juglans regia	2
	Morera Blanca	Morus	1
	Arce comun	Acer	1
	Chilco	Fuchsia magellanica	1
	Cepillo	Callistemon citrinus	7
	Palma Fenix	Phoenix canariensis	13
TOTAL DE ÁRBOLES			66

Nota: Caiza, K:2021**Parque La laguna**

El Parque de la Laguna está ubicado en el sector de la Laguna, es uno de los principales parques recreacionales de la ciudad. Se ha convertido en uno de los mayores atractivos turísticos. Frecuentado por gente que gusta de la navegación, cuenta con una hermosa laguna artificial y pequeños botes al servicio de los turistas. Es un campo de esparcimiento general donde se puede disfrutar de hermosos jardines, juegos infantiles y en el centro del lago se destaca un kiosco con servicio de comidas rápidas, bar y sala de baile (Carrera, 2015).

Tabla 5*Especies plantadas en el parque La Laguna*

PARQUE	ESPECIES	NOMBRE CIENTÍFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES
PARQUE LA LAGUNA	Acacia	<i>Acacia</i>	3
	Alamo negro	<i>Populus nigra</i>	8
	Nogal	<i>Juglans regia</i>	11
	Trompeta amarilla	<i>Allamanda angustifolia</i>	2
	Cepillo rojo / blanco	<i>Callistemon citrinus</i>	18
	Retama	<i>Retama</i>	3
	Tilo	<i>Tilia platyphyllos</i>	9
	Suspirrosa	<i>Lantana camara</i>	12
	Pino	<i>Pinus</i>	5
	Daga Española	<i>Yucca gloriosa</i>	4
	Alamo Blanco	<i>Populus alba</i>	8
	Sauce	<i>Salix</i>	15
	Ciprés	<i>Cupressus</i>	10
	Molle	<i>Schinus molle</i>	2
	Cholan	<i>Tecoma stans L.</i>	7
	Eucalito	<i>Eucalyptus</i>	2
	Fresno	<i>Fraxinus</i>	6
Palma Canaria	<i>Phoenix canariensis</i>	13	
TOTAL DE ÁRBOLES			138

Nota: Caiza, K:2021**Parque San Francisco**

Parque San Francisco se encuentra entre las calles General Manuel Maldonado y Manuel de Jesús Quijano y Ordóñez. Espectáculo de una naturaleza donde está perenne lo sublime, los arbustos y las flores que pintan de un agradable colorido; calles estrechas rodeadas de los edificios de la Ilustre Municipalidad(Carrera, 2015).

Tabla 6*Especies plantadas en el parque San Francisco*

PARQUE	ESPECIES	NOMBRE CIENTÍFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES
PARQUE SAN FRANCISCO	Cepillo	Callistemon citrinus	3
	Cucarda	Hibiscus rosa-sinensis	15
	Molle	Schinus molle	2
	Palma Fénix	Phoenix canariensis	10
	Tilo	Tilia	2
	Chilco	Fuchsia magellanica	2
	TOTAL DE ARBOLES		

Elaborado por: Caiza, K:2021**Tabla 7***Agrupación taxonómica de las especies identificadas de cuatro parques de la ciudad Latacunga*

Aliso		Alamo plateado/negro/blanco	
			
Nombre científico	<i>Alnus</i>	Nombre científico	<i>Populus alba</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Subclase	Hamamelidae	Orden	Malpighiales
Orden	Fagales	Familia	Salicaceae

Familia	Betulaceae	Género	Populus
Género	Alnus	Especie	P. alba
Arce común		Acacia	
			
Nombre científico	<i>Acer campestre L.</i>	Nombre científico	<i>Acacia melanoxylon</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales	Orden	Fabales
Familia	Sapindaceae	Familia	Fabaceae
Género	Acer	Género	Acacia
Especie	Arce campestre	Especie	Acacia melanoxylon
Cucarda		Capiri	
			
Nombre científico	<i>Hibiscus</i>	Nombre científico	<i>Sideroxylon capiri</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales	Orden	Ericales
Familia	Malvaceae	Familia	Sapotaceae
Tribu	Hibisceae	Género	Sideroxylon

Género	Hibiscus	Especie	S capiri
Claveles japones		Cepillo rojo /blanco/chino/llorón	
			
Nombre científico	<i>Dianthus caryophyllus</i>	Nombre científico	<i>Nerium oleander</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales	Orden	Myrtales
Familia	Caryophyllaceae	Familia	Myrtaceae
Género	Dianthus	Género	Callistemon
Especie	D. caryophyllus	Especie	C. citrinus.
Ciprés		Chilco	
			
Nombre científico	<i>Cupressus</i>	Nombre científico	<i>Baccharis latifolia</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Pinophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Pinopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Pinales	Orden	Asterales
Familia	Cupressaceae	Familia	Asteraceae
Género	Cupressus	Género	Baccharis
Especie	C. sempervirens L.	Especie	B. latifolia

Cholan		Daga española	
			
Nombre científico	<i>Tecoma stans</i>	Nombre científico	<i>Yucca gloriosa</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Liliopsida
Orden	Lamiales	Orden	Liliales
Familia	Bignoniaceae	Familia	Agavaceae
Género	Tecoma	Género	Yucca
Especie	T. stans	Especie	Yucca gloriosa L.
Eucalipto		Laurel rosa	
			
Nombre científico	<i>Eucalyptus</i>	Nombre científico	<i>Nerium oleander</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales	Orden	Gentianales
Familia	Myrtaceae	Familia	Apocynaceae
Género	Eucalyptus	Género	Nerium
Especie	Eucalyptus globulus	Especie	Nerium oleander

Nogal		Morera blanco	
			
Nombre científico	<i>Juglans australis</i>	Nombre científico	<i>Morus alba</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	Filo:	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Juglandales	Orden	Rosales
Familia	Juglandaceae	Familia	Moraceae
Género	Juglans	Género	Morus
Especie	<i>Juglans australis</i>	Especie	<i>M. alba</i>
Molle		Palma canaria	
			
Nombre científico	<i>Schinus molle</i>	Nombre científico	<i>Phoenix canariensis</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Liliopsida
Orden	Sapindales	Orden	Arecales
Familia	Anacardiaceae	Familia	Arecaceae
Género	Schinus	Género	Phoenix
Especie	<i>S. molle</i>	Especie	<i>Phoenix canariensis</i>
Palma datilera		Palmito	

			
Nombre científico	<i>Phoenix dactylifera</i>	Nombre científico	<i>Euterpe edulis</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida	Clase	Liliopsida
Orden	Arecales	Orden	Arecales
Familia	Arecaceae	Familia	Arecaceae
Género	Phoenix	Género	Euterpe
Especie	Phoenix dactylifera	Especie	Euterpe edulis
Pino		Retama	
			
Nombre científico	<i>Pinus</i>	Nombre científico	<i>Retama</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Spermatophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Coniferae	Clase	Magnoliopsida
Orden	Pinales	Orden	Fabales
Familia	Pinaceae	Familia	Fabaceae
Género	Pinus	Género	Retama Raf.
Supirosa		Sauce	

			
Nombre científico	<i>Lantana camara</i>	Nombre científico	<i>Salix</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales	Orden	Malpighiales
Familia	Verbenaceae	Familia	Salicaceae
Género	Lantana	Género	Salix L.
Especie	Lantana cámara	Especie	Salix alba L
Trompeta amarilla		Tilo	
			
Nombre científico	<i>Allamanda angustifolia</i>	Nombre científico	<i>Tilia</i>
Taxonomía		Taxonomía	
Reino	Plantae	Reino	Plantae
División	Magnoliophyta	División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida	Clase	Magnoliopsida
Orden	Gentianales	Orden	Malvales
Familia	Apocynaceae	Familia	Malvaceae
Género	Allamanda	Género	Tilia
Especie	A. angustifolia	Especie	Tilia platyphyllos Scop.
Yucca			

	
Nombre científico	Yucca
Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Asparagales
Familia	Asparagaceae
Subfamilia	Agavoideae
Género	Yucca
Especie	Yucca brevifolia

Nota: Caiza, K:2021

10.3 Discusión

Absorción de dióxido de carbono por especie

Para el cálculo de la absorción de CO₂ mediante la actividad fotosintética de las especies de los cuatro parques se utilizó las variables dasométricas (diámetro y la densidad de cada árbol) realizada en la fase de campo por la investigadora del proyecto: “Evaluación de la absorción de dióxido de carbono (CO₂) mediante la actividad fotosintética de las especies vegetales de cuatro parques de la ciudad de Latacunga.”, cuya información sirvió como base para determinar la absorción de CO₂ en las diferentes especies permitiendo tener datos y valores específicos como: biomasa aérea, subterránea, carbono total y el dióxido de carbono.

Mediante estas ecuaciones alométricas se puede estimar la biomasa aérea y el dióxido de carbono absorbido por árbol, se utilizaron ecuaciones no destructivas de (Chave et al., 2005) y (West et al., 1999)

Tabla 8

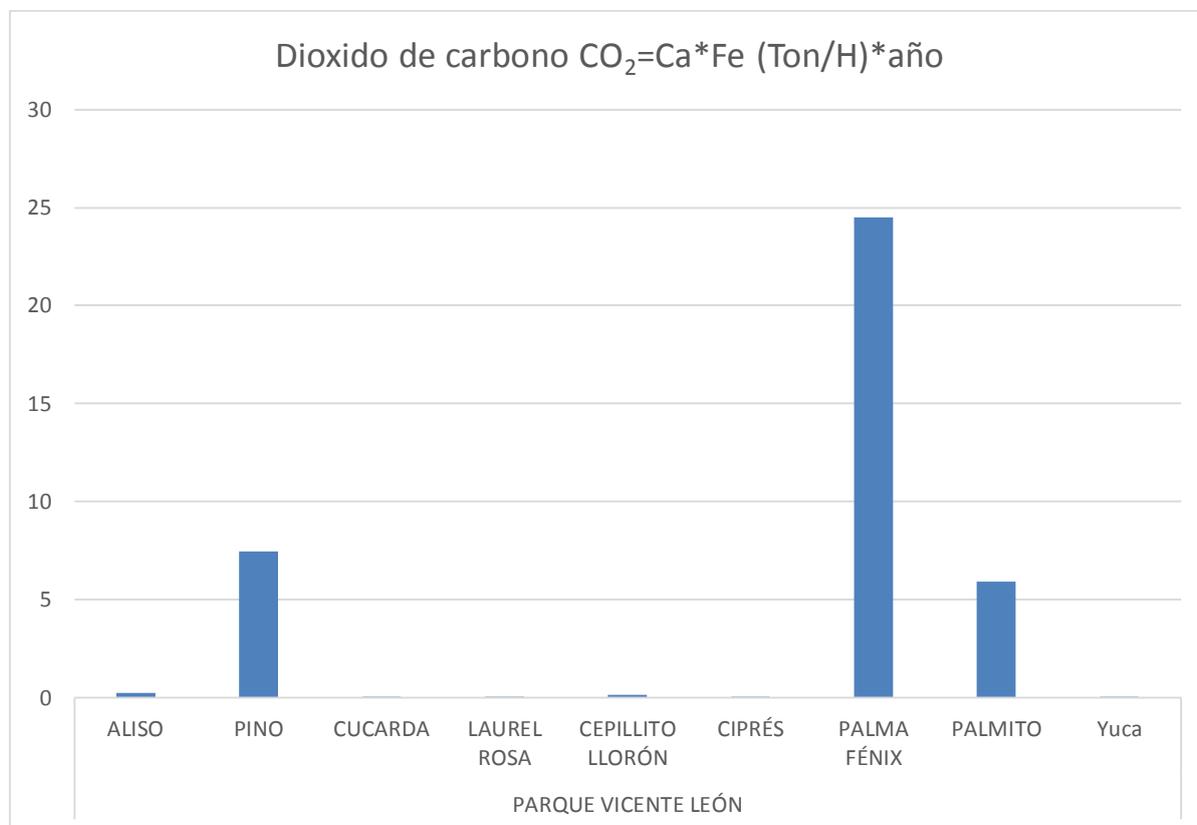
Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque Vicente León

PARQUE	ESPECIES	NOMBRE CIENTIFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES	Dioxido de carbono CO₂=Ca*Fe (Ton/H) *año
PARQUE VICENTE LEÓN	ALISO	<i>Alnus glutinosa</i>	1	0,25
	PINO	<i>Pinus</i>	20	7,44
	CUCARDA	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	1	0,01
	LAUREL ROSA	<i>Nerium oleander</i>	1	0,01
	CEPILLITO LLORÓN	<i>Callistemon citrinus</i>	4	0,12
	CIPRÉS	<i>Cupressus</i>	1	0,02
	PALMA FÉNIX	<i>Phoenix canariensis</i>	11	24,48
	PALMITO	<i>Chamaerops humilis</i>	13	5,91
	Yucca	<i>Yucca</i>	3	0,03
TOTAL DE ÁRBOLES			55	Total, de CO ₂ 38,26

Nota: Caiza, K:2021

Gráfico 1

Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque Vicente León



Nota: Caiza, K:2021

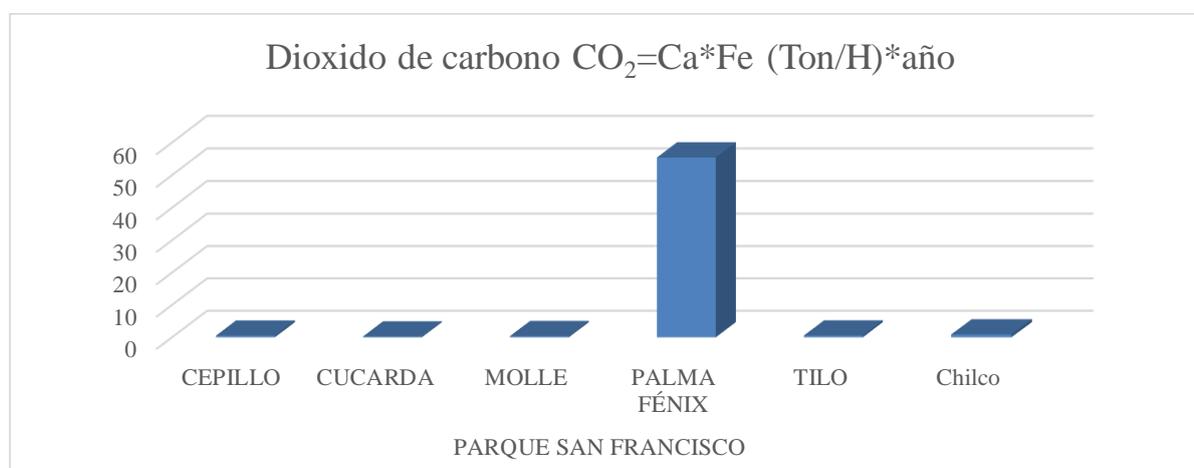
Mediante la aplicación de las ecuaciones alométricas se puede exponer (Tabla 8, gráfico 1), que en el parque Vicente León la especie que predomina con más cantidad de absorción de dióxido de carbono es la palma fénix debido a que existe una gran igualdad biológica de árboles y según (González & Sosa, 2004) es una planta que tiene como característica fisiológica la resistencia a altas y bajas temperaturas, este factor influye determinadamente en las plantas para que se presente y manifieste adecuadamente el proceso fotosintético. Al contrario, la cucarda es una de las especies arbóreas con menos absorción de CO₂ ya que esta especie cuenta con una sola planta cultivada.

Tabla 9: Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque San Francisco

PARQUE	ESPECIES	Dióxido de carbono $CO_2=Ca*Fe$ (Ton/H)*año
PARQUE SAN FRANCISCO	CEPILLO	0,54
	CUCARDA	0,26
	MOLLE	0,38
	PALMA FÉNIX	55,42
	TILO	0,57
	Chilco	0,91
TOTAL		58,08

Nota: Caiza, K:2021

Gráfico 2: Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque San Francisco



Elaborado por: Caiza, K:2021

Por medio de las ecuaciones alométricas se puede presentar (Tabla 9, gráfico 2), que en el parque San Francisco la especie que prepondera con más cantidad de absorción de CO_2 es de 55.2 ton/h al año es la palma fénix debido a que es una planta que tiene una mayor densidad de madera de 0.75 ton/m^3 esto es debido a que el crecimiento en las plantas está íntimamente ligado con el balance en las rutas metabólicas que controlan como es proceso fotosintético el cual le permite obtener energía para el crecimiento es decir a mayor densidad del árbol mayor absorción de CO_2 tiene el mismo (Yepes & Silveira Buckeridge, 2011). Por otra parte, la

cucarda es una de las especies arbóreas con menos absorción de CO₂ con 0.26 ton/h al año a pesar de que en este parque sobresale el número de árboles plantados con una monotonía biológica, ya que su densidad es de 0.2 ton/m³ no necesita la misma cantidad de CO₂ para realizar su proceso fotosintético.

Tabla 10

Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque La Filantropía

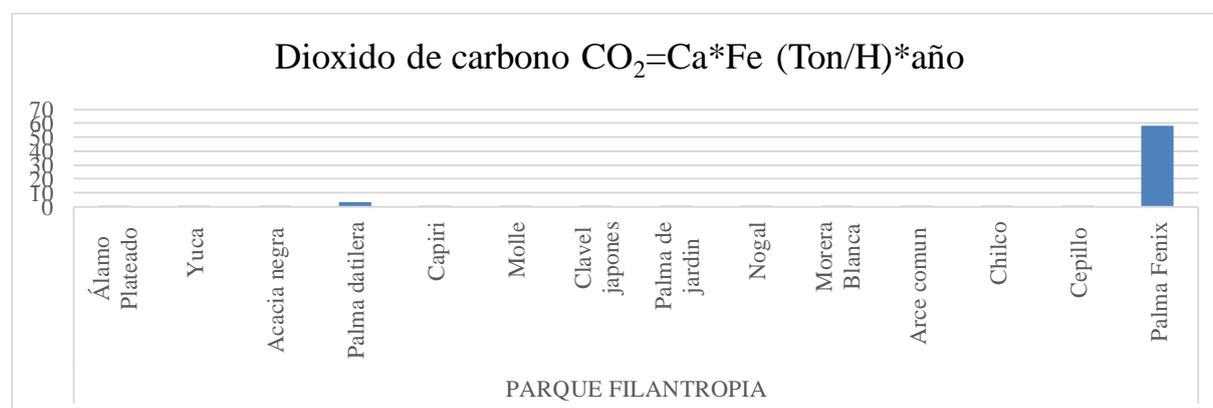
PARQUES	ESPECIES	NOMBRE CIENTÍFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES	DIÓXIDO DE CARBONO CO ₂ =CA*FE (TON/H)*AÑO
PARQUE FILANTROPIA	Álamo Plateado	<i>Populus alba</i>	6	0,08
	Yucca	<i>Yucca elephantipes</i>	10	0,28
	Acacia negra	<i>Acacia melanoxylon</i>	2	0,17
	Palma datilera	<i>Phoenix dactylifera</i>	3	3,14
	Capiri	<i>Sideroxylon capiri</i>	2	0,14
	Molle	<i>Schinus molle</i>	2	0,55
	Clavel japones	<i>Dianthus caryophyllus</i>	15	0,29
	Palma de jardín	<i>Trachycarpus fortunei</i>	1	0,60
	Nogal	<i>Juglans regia</i>	2	0,58
	Morera Blanca	<i>Morus</i>	1	0,15
	Arce común	<i>Acer</i>	1	0,25
	Chilco	<i>Fuchsia magellanica</i>	1	0,34

	Cepillo	<i>Callistemon citrinus</i>	7	0,07
	Palma Fenix	<i>Phoenix canariensis</i>	13	58,40
TOTAL DE ÁRBOLES			66	Total, de CO ₂ absorbido 65,05

Nota: Caiza, K:2021

Gráfico

Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque



Nota: Caiza, K:2021

En el parque de La Filantropía la especie con mayor absorción de dióxido de carbono es la palma fénix con un estimado de 58.40 ton/h al año como ya se ha dicho anteriormente esta especie predomina por su densidad y tamaño, es decir obtienen una buena relación en el proceso fotosintético ya que para obtener sus características fisiológicas necesitan de mucha energía la cual la toman del CO₂ y es transformado en carbohidratos mediante la fotosíntesis, los cuales las plantas necesitan para su desarrollo (Garrett, 2021). Por otro lado, el árbol cepillo tiene menor absorción de CO₂ con un estimado de 0.073 ton/h al año ya que en este parque se encontraron especies con deficiencias agronómicas y no pueden tener la misma actividad fotosintética por su desarrollo.

Tabla 11

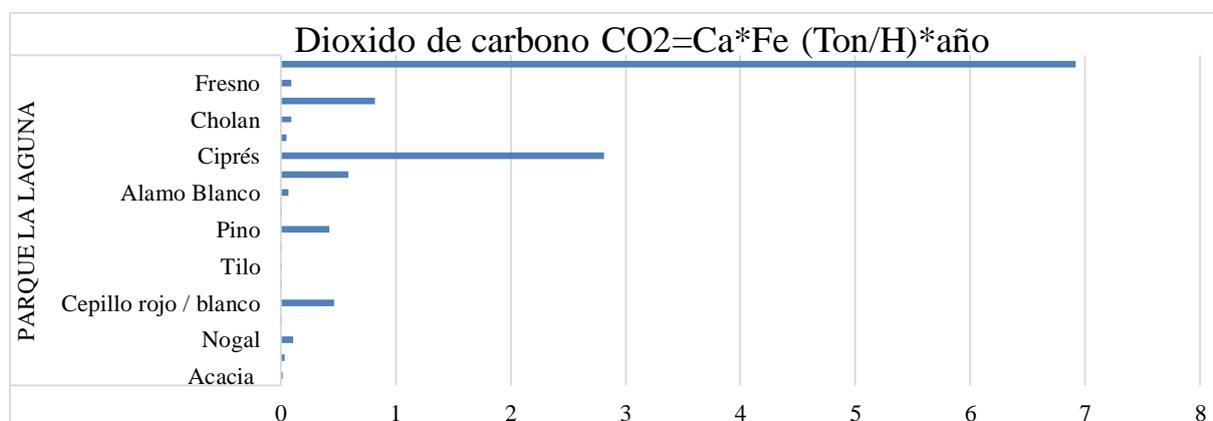
Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono en el parque La Laguna

PARQUE	ESPECIES	NOMBRE CIENTÍFICO	NÚMERO DE ÁRBOLES	DIOXIDO DE CARBONO $CO_2=CA*FE$ (TON/H)*AÑO
PARQUE LA LAGUNA	Acacia	<i>Acacia</i>	3	0,014
	Alamo negro	<i>Populus nigra</i>	8	0,036
	Nogal	<i>Juglans regia</i>	11	0,107
	Trompeta amarilla	<i>Allamanda angustifolia</i>	2	0,001
	Cepillo rojo / blanco	<i>Callistemon citrinus</i>	18	0,465
	Retama	<i>Retama</i>	3	0,006
	Tilo	<i>Tilia platyphyllos</i>	9	0,006
	Suspirosa	<i>Lantana camara</i>	12	0,000
	Pino	<i>Pinus</i>	5	0,420
	Daga Española	<i>Yucca gloriosa</i>	4	0,009
	Alamo Blanco	<i>Populus alba</i>	8	0,069
	Sauce	<i>Salix</i>	15	0,589
	Ciprés	<i>Cupressus</i>	10	2,810
	Molle	<i>Schinus molle</i>	2	0,048
	Cholan	<i>Tecoma stans L.</i>	7	0,092
	Eucalito	<i>Eucalyptus</i>	2	0,819
	Fresno	<i>Fraxinus</i>	6	0,087
	Palma Canaria	<i>Phoenix canariensis</i>	13	6,917
TOTAL DE ÁRBOLES			138	Total de CO ₂ absorbido 12,495

Nota: Caiza, K:2021

Gráfico 4

Dióxido de carbono absorbido por especies en el parque La Laguna



Nota: Caiza, K:2021

A través de la aplicación de ecuaciones no destructivas se determinó que en el parque La Laguna la especie que sobresale en la cantidad de absorción de dióxido de carbono es la Palma canaria con estimado de 6.91 ton/h al año, este valor se tazo por la cantidad de árboles plantados que existen en este lugar y por sus características dasometricas que permiten tener una mayor actividad fotosintéticas. La retama es una de las especies que menor absorción de dióxido de carbono tiene, a pesar de que una de sus características dasometricas según referencias bibliográficas es alta, la densidad de este grupo es de 1.185 ton/m³ por factores agronómicos las especies de este parque no se han desarrollado correctamente interviniendo en la actividad fotosintética, por el diámetro y la altura que tienen actualmente no necesita de mucha energía para realizar los procesos fisiológicos con ende no absorbe CO₂

Tabla 12

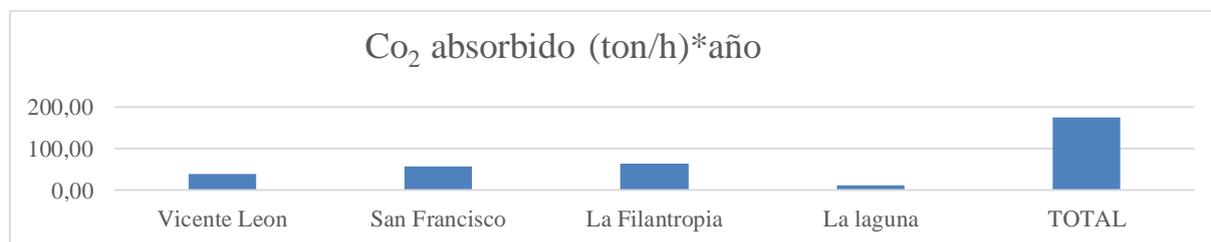
Resultado de la obtención de la cuantificación de absorción del dióxido carbono de los 4 parques

Parque	CO ₂ absorbido (ton/h)*año
Vicente León	38,27
San Francisco	58,08
La Filantropía	65,05
La laguna	12,50
TOTAL	173,89

Nota: Caiza, K:2021

Gráfico 5

Dióxido de carbono absorbido por parques



Elaborado por: Caiza, K:2021

Se determinó mediante el estudio de operaciones alométricas, las cuales que permitieron determinar la cuantificación de absorción de dióxido de carbono, que en los parques muestra según el número y tipo de especies el que tuvo mayor capacidad de absorción de CO₂ fue el parque La Filantropía (tabla 12) con un valor de 65.05 ton/h al año predominando como especie con más absorción a la palmera Fenix. Y el parque con menor capacidad de absorción de dióxido de carbono fue La Laguna (Tabla 12) con 12.50 ton/h al año a pesar de su gran extensión no pudo obtener un gran aforo por falta de un buen manejo agronómico que le permita tener un desarrollo adecuando consecuentemente ayudando a la actividad fotosintética.

Las especies con mayor capacidad de absorción estimadas según las ecuaciones alométricas aplicadas para la cuantificación de CO₂ son las siguientes especies: palmera fénix con un estimado 113.82 ton/h al año respectivamente este valor se dio por el gran número de árboles de la misma especie existente en los cuatro parques, el pino con 7.44 ton/h al año respectivamente a pesar de ser un buen captador de CO₂ no se planta en grandes extensiones porque se provoca el monocultivo y en los procesos industriales de esta especie empeora el calentamiento global, también provoca la pérdida de suelo, disminución de la disponibilidad de la calidad de agua y escasez de este recurso en las comunidades aledañas seguida de la palma canaria con 6.91 ton/h al año ya que al tener las características dasométricas parecidas a la de la palma fenix no absorben la misma cantidad de CO₂ debido a que el número árboles plantados en los cuatro parques es menor, finalmente el ciprés con 2.81 ton/h al año respectivamente, este valor es dado por la variedad de árboles que existen en los parques y los cuales no tienen un equilibrio cuántico de cada especie.

Resultados de la investigación en comparación con otras investigaciones

- En la indagación de (Carrillo Anzures et al., 2017) que tiene como tema “Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa y el carbono de la parte aérea de *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Ixta-Popo, México” realiza una comparación de métodos destructivos y no destructivos para el cálculo de la biomasa el cual es el encargado de obtener la cuantificación de la absorción de dióxido de carbono y determina que el modelo no destructivo no cambió sustancialmente en el valor del coeficiente de determinación de la biomasa a comparación del modelo destructivo. Esta investigación permite tener mayor veracidad en el proyecto realizado en cuatro parques de la ciudad de la Latacunga en la cual se aplicó ecuaciones alométricas con datos dasométricos tomados en campo para la tasación de absorción de CO₂.
- En la investigación de (Cuenca et al., 2014) con el tema de “Carbono y ecuaciones alométricas para grupos de especies y bosque de tierras bajas, Amazonía Ecuatoriana” se determinó que en una extensión de 3600 m² del estrato Bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía, donde se instalaron 12 parcelas permanentes de 60 m x 60 m y se evaluaron los árboles para la determinación de CO₂, dio como resultado una de captura de CO₂ de un promedio de (124,85ton/ha) 124,85 Mg ha⁻¹ y (62,42 ton/ha) 62,45 Mg C ha⁻¹. A comparación de la presente investigación donde se evaluó la absorción de CO₂ mediante el proceso fotosintético de cuatro parques de la ciudad de Latacunga en una extensión de 45.312,09 m² se obtuvo 173,89 ton/ha de almacenamiento de CO₂ en las distintas especies identificadas en dichos parques. Las cantidades de CO₂ absorbidas en las divergentes investigaciones tiene valores diversos donde en la primera indagación muestra que una extensión pequeña se obtuvo más captura de CO₂ esta cantidad se da por la diferencia fisiológica de los árboles en cambio en la evaluación de los cuatro parques con una extensión prolongada de cobertura vegetal tiene menor absorción esta carencia se da por la poca cantidad de árboles que existen en los cascos urbanos de la ciudad Latacunga.
- Según (Escalante et al., 2018) en la investigación con tema de “Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el trópico húmedo de Chiapas, México”. En el estado de Chiapas, México el estudio se realizó en muestras de 143 plantas por ha de palma de aceite en 3 localidades diferentes dando una absorción de CO₂ de 1.05 ton/ha por año. En la presente investigación se determinó que la especie con mayor capacidad de absorción de CO₂ fue la palma fénix

con muestras de 4 parques se tazo un 113.82 ton/h al año. Las palmas tienen gran potencial de captura de carbono ligado al potencial de formación de biomasa, y es un cultivo importante en la mitigación del cambio climático.

11. IMPACTOS

Socioeconómicos

La sociedad actual se enfrenta al cambio climático, uno de los mayores desafíos del próximo siglo. Según el último informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), la red científica más grande del mundo especializada en el estudio de fenómenos, los efectos del calentamiento global se sienten, no solo en todos los ecosistemas, sino también en las comunidades y también es reconocido por la gente. ahorras. Además, esto se debe a la migración de la población (principalmente las zonas costeras que pueden verse afectadas por el aumento del nivel del mar, las inundaciones y la erosión costera), la reducción de la producción agrícola (disminución de la productividad y el impacto ambiental) y la reducción de la calidad de los cultivos. Existe la gran posibilidad de deterioro de la salud de la población (problemas pulmonares, etc.). Al mismo tiempo, indirectamente puede conducir a varios riesgos de conflicto y un fuerte aumento de las tasas de pobreza. Mediante el cálculo de absorción de CO₂ se puede realizar diferentes actividades que tengan como beneficio la disminución de la concentración del CO₂ y el aumento de reforestaciones de árboles en los cascos urbanos, estas investigaciones permiten tener conocimiento agronómico de las especies y también se puede convertir en una fuente de empleo.

Ambiental

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero que se produce de forma natural en la atmósfera. La actividad realizada por los seres humanos aumenta la concentración de CO₂, por tanto, contribuye al calentamiento global de la tierra. Las emisiones de CO₂ ocurren cuando se quema combustible en grandes centrales eléctricas, motores de automóviles, sistemas de calefacción y más. Las emisiones también pueden ocurrir en otros procesos industriales, como cuando se extraen y procesan recursos o cuando existe deforestaciones. Las emisiones de CO₂ atmosférico alcanzaron niveles récord en 2019 y aumentaron en 2018. Este gas genera grandes impactos ambientales, como el incremento del nivel del mar, tormentas más intensas, aumento de sequías, entre otros. Sin embargo, esta investigación puede convertirse en una alternativa para motivar a la forestación de árboles y aumentar la actividad fotosintética que permiten la absorción de CO₂ para su desarrollo morfológico, ayudando a las

ciudades a disminuir la concentración del CO₂. El proyecto tiene como objetivo obtener tener conocimientos acerca de los valores estimados de la absorción de dióxido de carbono en parques de la ciudad de Latacunga los cuales ayudarán a establecer un manejo agronómico adecuado para las especies encontradas en los cuatro parques y estas características permitirán aumentar la capacidad de absorción de CO₂ y disminuir el calentamiento global.

12. PRESUPUESTO

N°	Recursos	Relación de Costo	Actividad	Condiciones	Unidades	Grado de Participación	Costo (\$)	Costo total (\$)
1	Computador	Costo fijo	Investigación y redacción del proyecto	Adquisición	1	Alto	500	500
2	Impresora	Costo variable	Material didáctico para la investigación	Compra	1	Bajo	350	350
3	Internet	Costo fijo	Investigación y redacción del proyecto	Contratación	5	Alto	25	125
4	Libreta de apuntes	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Identificación de especies, Georreferenciación y DAP	Adquisición	1	Medio	2	2
5	Esferos	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Identificación de especies, Georreferenciación y DAP	Adquisición	5	Medio	0,35	1,75
6	Metro	Costo fijo	Material didáctico para la investigación. Identificación	Adquisición	2	Bajo	2,8	5,6

			de especies, Georreferenciación y DAP					
7	Piola	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Identificación de especies, Georreferenciación y DAP	Adquisición	3	Bajo	1,85	5,55
8	GPS	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Georreferenciación	Compra	1	Bajo	80	80
9	Teléfono celular	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Identificación de especies y captura de fotos	Compra	1	Medio	245	245
10	Flash memory	Costo variable	Material didáctico para la investigación	Compra	1	Alto	8	8
11	Google earth		Material didáctico para la investigación. Identificación de parques		1	Medio	0	0

12	Aplicación “Picture this” identificador de plantas	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Identificación de especies	Compra	1	Medio	2,4	2,4
13	Días de campo	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Identificación de especies, Georreferenciación y DAP	Contratación	10	Medio	5	50
14	Aplicación “Timestamp camera” geo ubicación	Costo variable	Material didáctico para la investigación. Longitud y latitud	Compra	1	Medio	2,5	2,5
15	Energía eléctrica	Costo variable	Utilización para los equipos tecnológicos	Contratación	5	Alto	14	70
16	Personal investigativo	Costo variable	Redacción de la investigación		1	Alto	20	20
TOTAL, DE GASTO EN LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO								1467,8

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Después de realizar la evaluación correspondiente y utilizar los métodos antes mencionados, la determinación de la absorción de CO₂ depende de muchos elementos, principalmente factores climáticos como el manejo de la nutrición, la edad de la planta, la precipitación y el tipo de suelo.
- Dentro de la evaluación realizada se considera que el método no destructivo empleado para el cálculo de la biomasa fue eficaz al haber permitido determinar la absorción de CO₂ sin necesidad de talar los árboles, esta alternativa de cálculos alométricos permite tener una tasación de valores con diferencias mínimas a los datos obtenidos en otras investigaciones que se utilizó métodos destructivos.
- Las especies con mayor capacidad de absorción de CO₂ son las siguientes especies: palmera fénix con un estimado 113.82 ton/h al año, el pino con 7.44 ton/h al año seguida de la palma canaria con 6.91 ton/h al año y finalmente el ciprés con 2.81 ton/h al año.
- La tasación a través de las ecuaciones no destructivas permitió obtener la cuantificación total de absorción de dióxido de carbono de los cuatro parques en estudio llegando a la conclusión de una captura de 173,89 ton/h al año respectivamente captadas por las diferentes especies arbóreas de la ciudad de Latacunga.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere realizar proyectos donde se aplique el método no destructivo ya que este permite obtener datos de la absorción del CO₂ sin realizar un daño físico de los árboles en estudio y tiene una diferencia mínima en los resultados en comparación a los datos de un método destructivo.
- Es recomendable realizar un ajuste en las ecuaciones alométricas que se utilizaron para la evaluación del CO₂ en los cuatro parques de la ciudad de Latacunga, donde estos arreglos permitan utilizar nuevas muestras dasométricas como la hojarasca y ramas de los árboles obtenidos mediante podas complementándolos con la densidad y el DAP de los mismos.
- Debido a la escasez de información acerca de la absorción de CO₂ mediante la actividad fotosintética y los numerosos problemas ambientales, es necesario hacer una priorización de la importancia eco sistémica que brindan los árboles, por este motivo se debería realizar investigaciones con enfoques en alternativas no destructivas que permitan determinar la absorción de CO₂ y la influencia que tiene para la sociedad.
- Se recomienda que la investigación tenga continuidad y amplitud en los diferentes parques de la ciudad de Latacunga para obtener la cuantificación de la absorción de dióxido de carbono total de la localidad y que permita ayudar a la mitigación del calentamiento global o a las altas concentraciones de CO₂.
- Es necesario elaborar proyectos de investigación que accedan animar a la contribución de técnicas que permitan la tasación de absorción de CO₂ por métodos que no se destruyan los árboles de los cascos urbanos y también permita la fomentación del cuidado de los mismo.

14. REFERENCIAS

- Agencia Anadolu. (2019a). *Emisiones de CO2 alcanzaron niveles récord en 2019*.
<https://www.aa.com.tr/es/mundo/emisiones-de-co2-alcanzaron-niveles-récord-en-2019/2053454#>
- Agencia Anadolu. (2019b). *Emisiones de CO2 alcanzaron niveles récord en 2019*.
<https://www.aa.com.tr/es/mundo/emisiones-de-co2-alcanzaron-niveles-récord-en-2019/2053454>
- Agriculturers. (2019). *Cómo las plantas miden su absorción de dióxido de carbono – Agriculturers.com | Red de Especialistas en Agricultura*. <https://agriculturers.com/como-las-plantas-miden-su-absorcion-de-dioxido-de-carbono/>
- Almeraya, V., Sánchez, E., & Quintanar, É. (n.d.). *72 ciencia • octubre-diciembre de 2015*.
- Anguera, M. (1986). La investigación cualitativa. *Educación*, 10, 23–50.
<https://doi.org/10.5565/rev/educar.461>
- Arteaga, G. A. S. (2015). *La fotosíntesis y la respiración*. - TOMi.digital.
https://tomi.digital/es/66903/la-fotosintesis-y-la-respiracion?utm_source=google&utm_medium=seo
- Azcón, J., Fleck, I., Aranda, X., and Gómez, N. (2008). Fotosíntesis, factores ambientales y cambio climático. In *FUNDAMENTOS DE FISIOLÓGÍA VEGETAL* (pp. 247–263).
www.ipcc.ch
- Azcón, J., Fleck, I., Aranda, X., & Gómez, N. (2008). Fotosíntesis, factores ambientales. *Fundamentos De Fisiología Vegetal*, 247–263.
<http://biblio3.url.edu.gt/Publi/Libros/2013/FisioVegetal/13.pdf>
- Barrionuevo, M. (2019). *Latacunga - Ecuador. 001*, 1–3. <https://www.goraymi.com/es-ec/cotopaxi/latacunga/ciudades/latacunga-ecuador-a4e86c5c6>
- Bear, R., & Rintoul, D. (2014). Plantas C3, C4 y CAM (artículo) | Khan Academy. In *Fotorrespiración: las plantas C3, C4 y CAM: Vol. Núm. 125* (p. 1).
<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/photorespiration--c3-c4-cam-plants/a/c3-c4-and-cam-plants-agriculture>
- Biobloggeo. (2016). *EMISIONES DE CO2 ACELERAN LA FOTOSÍNTESIS DE LAS PLANTAS*. 03. https://elpais.com/elpais/2016/11/08/ciencia/1478597545_261165.html
- Carbono. (n.d.). *EL CARBONO COMO DESARROLLO Y SUSTENTO DE LA VIDA EN EL PLANETA TIERRA ~ El Carbono para el desarrollo y sustento de la vida*. 2020. Retrieved August 11, 2021, from <https://carbonoparalavida.blogspot.com/p/el-carbono-como-desarrollo-y-sustento.html>
- Carrera, G. (2015). *Ciudades del Ecuador: Latacunga*.
<http://ciudadesecuadorturismo.blogspot.com/2014/11/latacunga.html>

- Carrillo Anzures, F., Acosta Mireles, M., Jiménez Cruz, C. D. R., González Molina, L., & Etchevers Barra, J. D. (2017). Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa y el carbono de la parte aérea de *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Ixta-Popo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(3), 681.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v7i3.327>
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J. P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., & Yamakura, T. (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1), 87–99.
<https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Clickmica. (n.d.). *¿Es un contaminante atmosférico el dióxido de carbono?* Retrieved May 5, 2021, from <https://clickmica.fundaciondescubre.es/conoce/100-preguntas-100-respuestas/contaminante-atmosferico-dioxido-carbono/>
- Conciencia Eco. (2016). *Los árboles más eficientes para la absorción de CO2 - Conciencia Eco*. <https://www.concienciaeco.com/2016/02/05/los-arboles-mas-eficientes-la-absorcion-co2/>
- CSS templates, F. (2011). Ciclo del Carbono. *Licencia GFDL*, 19.
http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/olgabermudezciclosecologicos-1/ciclo_del_carbono.html
- Cuenca, M. E., Jadán, O., Cueva, K., & Aguirre, C. (2014). Carbon Storage and allometric equations for species groups and lowland forest, Ecuadorian Amazon. *Cedamaz*, 4(1), 21–31.
- DFM. (2016). *Tabla de Densidad de maderas - Forestal Maderero*.
<https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/tabla-de-densidad-de-maderas.html>
- DIEA, D. de E. A. (2013). *ÍNDICE VERDE URBANO 2012. Manual de llenado del Formulario*.
- El Comercio. (n.d.). *El récord de emisiones de CO2 en 2019 agravará aún más la crisis climática*. Retrieved August 11, 2021, from <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/record-emisiones-dioxido-carbono-crisis.html>
- EPDATA. (2020). *Datos y gráficos para entender la contaminación del aire*.
<https://www.epdata.es/datos/datos-graficos-contaminacion-aire/380>
- Escalante, G. R., de Coss, A. L., Espino, C. A., España, J. C. E., Aryal, D. R., Ruiz, R. P., Hernández, F. G., & Medina, C. E. G. (2018). Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el trópico húmedo de Chiapas, México. *Agrociencia*, 52(5), 671–683.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-

31952018000500671

- FAO. (2005). *Términos y definiciones relacionados con las tablas nacionales de FRA 2005*.
<http://www.fao.org/3/ae156s/ae156s03.htm>
- Fernandez, N. O. (2014). Fotosíntesis. *Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, 8.
https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/bachillerato/documentos/2014/LECT110.pdf
- Frutos Madrazo, P., & Esteban Laleona, S. (2009). Estimaciones de los beneficios generados por los parques y jardines urbanos a través del método de valoración contingente. *Revista de Economía Pública Urbana = Urban Public Economics Review*, 10, 13–51.
- GAD COTOPAXI. (2014). *Latacunga*. <https://www.cotopaxi.gob.ec/index.php/2015-09-20-00-13-36/2015-09-20-00-15-41/latacunga>
- García-Carreras, B., Sal, S., Padfield, D., Kontopoulos, D. G., Bestion, E., Schaum, C. E., Yvon-Durocher, G., & Pawar, S. (2018). Role of carbon allocation efficiency in the temperature dependence of autotroph growth rates. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(31), E7361–E7368.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1800222115>
- Garrett, C. (2021). *¿Cuánto CO2 absorbe un árbol?*
<https://climate.selectra.com/es/actualidades/co2-arbol>
- Geoambiental, I. para la salud. (2015). *Dióxido de carbono CO2 | Instituto para la Salud Geoambiental*. <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-carbono-co2>
- González, M., & Sosa, P. (2004). *La Palmera Canaria (Phoenix canariensis) Diversidad Genética e Hibridación. Primera evidencia molecular de la existencia de híbrido entre Phoenix canariensis y P. Dactylifera*.
- Iberdrola. (2021). *Parques urbanos, ¿por qué son tan importantes?*
<https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/parques-urbanos>
- INEC. (2013). *Ecuador - Índice Verde Urbano 2012 - Información general*.
<https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/360>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2012). Índice Verde Urbano 2012. *Ecuador En Cifras*, 1–15. <https://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/catalog/360>
- INTAGRI. (2018). Plantas C3, C4 Y CAM. *Serie Nutrición Vegetal*, 125(1), 5p.
- INTI. (2003). *Peteribí*. 1–8.
- Jirón-Ochoa, P. P. (2019). Índice Verde Urbano. *EL Comercio*.
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/indice-verde-urbano/>
- Keenan, T. F., Prentice, I. C., Canadell, J. G., Williams, C. A., Wang, H., Raupach, M., &

- Collatz, G. J. (2016). Recent pause in the growth rate of atmospheric CO₂ due to enhanced terrestrial carbon uptake. *Nature Communications*, 7. <https://doi.org/10.1038/NCOMMS13428>
- Latacunga. (n.d.). Retrieved April 9, 2021, from <https://www.cotopaxi.gob.ec/index.php/2015-09-20-00-13-36/2015-09-20-00-15-41/latacunga>
- Maderame. (2020). *Madera de Tilo, cuestión de talla: Usos y Características* / Maderame. <https://maderame.com/enciclopedia-madera/tilo/>
- Medina Valtierra, J. (2010). La dieta del dióxido de carbono. *Conciencia Tecnológica*, 39(14055597), 50–53. <https://www.redalyc.org/pdf/944/94415753009.pdf>
- Mendoza, Z. A., Fernando, Á., Chalán, L., Solano, C., Nikolay, A., & Mendoza, A. (n.d.). *Especies forestales más aprovechadas en la región sur del Ecuador*. Retrieved June 26, 2021, from www.ediloja.com.ec
- Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO). (2019). *Guía para la estimación de absorciones de dióxido de carbono*. 29.
- Montagud Rubio, N. (2020). *Los 12 tipos de técnicas de investigación: características y funciones*. Psicología y Mente. <https://psicologiymente.com/cultura/tipos-tecnicas-investigacion>
- Moreira Viteri, P., Corral, F., Cubillo, P., Aragundi León, S., Cubillo, P., & Aguilera, K. (n.d.). *Un Diagnóstico de la Diversidad y Funcionalidad del Plan Árbol Fases 2 & 3 Un Diagnóstico de la Diversidad y Funcionalidad del Arbolado de Quito*.
- Muñoz, G. R., Encinas, J. I., & de Paula, J. E. (2019). Wood density of 59 tree species in the order sapindales from natural forests in Brazil. *Madera y Bosques*, 25(2), 1–12. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2521817>
- Noticias ONU. (2019). *Las emisiones de CO₂ rompen otro récord: un calentamiento global catastrófico amenaza el planeta* | Noticias ONU. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485312>
- ONU. (2019). *Se alcanzan niveles récord de concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera*. <https://news.un.org/es/story/2019/11/1465851>
- ONU. (2020). Ni el confinamiento por COVID-19 da tregua al cambio climático: los gases que calientan la Tierra llegan a niveles récord. *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2020/11/1484462>
- Ortiz, M. (2020). *El ciclo de Calvin (artículo)* / Fotosíntesis | Khan Academy. <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/cellular-energetics/photosynthesis/a/calvin-cycle>

- Pineda, J. (n.d.). *CICLO DEL CARBONO CLASES E IMPORTANCIA, BIOGEOQUÍMICO*. Retrieved June 26, 2021, from <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/ciclo-del-carbono/>
- PRTR España. (2019). *CO2 (Dióxido de carbono) | PRTR España*. Ministerio Para La Transición Ecológica. <https://prtr-es.es/CO2-Dioxido-de-carbono,15590,11,2007.html>
- Raffino, M. E. (2020). *Método Deductivo - Concepto, ejemplos y método Inductivo*. Concepto.De. <https://concepto.de/metodo-deductivo/>
- Raffino María Estela. (2020). *Ciclo de Calvin - Concepto, fases, función e importancia*. <https://concepto.de/ciclo-de-calvin/>
- Rojas, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electronica de Veterinaria*, 16(1), 1–14. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet2015Volumen16Nº01->
<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010115.html>
- Ruehle, J. L., Marx, D. H., & Muse, H. D. (1984). Notes: Calculated Nondestructive Indices of Growth Response for Young Pine Seedlings. *Forest Science*, 30(2), 469–474. <https://doi.org/10.1093/FORRESTSCIENCE/30.2.469>
- S, Alonso., Á, Babino., y V, P. (2020). Fotosíntesis Introducción. *Consejo de Formación En Educación*. <http://repositorio.cfe.edu.uy/bitstream/handle/123456789/751/Fotosintesis.pdf?sequence=2>
- Sánchez, J. (2019). *El impacto medioambiental del dióxido de carbono*. <https://www.ecologiaverde.com/el-impacto-medioambiental-del-dioxido-de-carbono-1334.html>
- Schmidt, A., Poulain, M., Klein, D., Krause, K., Peña-Rojas, K., Schmidt, H., Schulte, A., Allometric, al, PeñaPe, K., & Schmidt, A. (2011). *Annals of Forest Science. Ann. For. Sci*, 66(5), 513. <https://doi.org/10.1051/forest/2009030i>
- SINC. (2013). *Ya se puede calcular cuánto CO2 absorben los árboles de los bosques gallegos y asturianos*. <https://www.agenciasinc.es/Noticias/Ya-se-puede-calcular-cuanto-CO2-absorben-los-arboles-de-los-bosques-gallegos-y-asturianos>
- SUELO, B. DEL. (n.d.). *El ciclo del carbono – BIOLOGÍA DEL SUELO*. Retrieved August 11, 2021, from <https://soilbio.wordpress.com/2016/01/13/el-ciclo-del-carbono/>
- Surià, C. (n.d.). *Contaminación por CO2: Efectos a la Salud*. Retrieved May 5, 2021, from <https://www.carlessuria.com/toxicos/co2-dioxido-carbono/>
- Ter-Mikaelian, M. T., & Parker, W. C. (2000). Estimating biomass of white spruce seedlings with vertical photo imagery. *New Forests*, 20(2), 145–162. <https://doi.org/10.1023/A:1006716406751>

- Ucr, C. S. (n.d.). *Fotosíntesis C4 y CAM*. Retrieved August 11, 2021, from <https://premioensayo.com/fotosintesis-c3-c4-y-cam/>
- Ulloa, F. (n.d.). *RECREACIÓN Y ESPACIOS VERDES EN LATACUNGA*. Retrieved June 4, 2021, from <http://panchoullloaenriquez.blogspot.com/2016/01/recreacion-y-espacios-verdes-en.html>
- UNAM. (2018). Investigación Bibliográfica. *Seminario: Introducción a La Metodología de Investigación*, 8–11. <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/ss/wp-content/uploads/2018/10/12.pdf>
- Urbina, N., Marín, G., & Álvarez, R. (n.d.). *ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE BIOMASA, FIJACIÓN DE CARBONO Y RESGUARDO INDÍGENA PIAPOCO CHIGÜIRO-CHÁTARE DE BARRANCOMINAS, DEPARTAMENTO DEL GUAINÍA (COLOMBIA)*. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.9>
- Viajeros. (2001). *Toda la información del Parque Vicente León | Viajeros*. <https://www.viajeros.com/producto/parque-vicente-leon>
- Vilssa. (2020). *La importancia de los parques, jardines y zonas arboladas en nuestras ciudades*. <https://vilssa.com/la-importancia-de-los-parques-jardines-y-zonas-arboladas-en-nuestras-ciudades>
- Volume I. IPCC/IGES. (2006). 4: Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *IPCC/IGES, Hayama, Japan, December*. http://www.cso.ie/en/media/csoie/releasespublications/documents/services/2006/rsi_sep2006.pdf
- West, G. B., Brown, J. H., & Enquist, B. J. (1999). The fourth dimension of life: Fractal geometry and allometric scaling of organisms. *Science*, 284(5420), 1677–1679. <https://doi.org/10.1126/science.284.5420.1677>
- Yepes, A., & Silveira Buckeridge, M. (2011). *RESPUESTAS DE LAS PLANTAS ANTE LOS FACTORES AMBIENTALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL (REVISIÓN)*. 14.
- Zianis, D., & Mencuccini, M. (2004). On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and Management*, 187(2–3), 311–332. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2003.07.007>

15. ANEXOS

Anexo 1

Informe de software anti plagio



Document Information

Analyzed document	Proyecto de investigacion Caiza-Karen.docx (D111193196)
Submitted	8/12/2021 4:30:00 AM
Submitted by	
Submitter email	milton.cardenas@utc.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	milton.cardenas.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2016/12/TESIS-Dom%C3%ADnguez-Madrid-Ana-Yurendy.pdf Fetched: 8/12/2021 4:31:00 AM		1
SA	ESTIMACIÓN DE CARBONO EN PLANTACIONES DE Cedrelinga catenaeformis D. Duke, Cordia a lliodora (Ruiz & Pav.) Oken y Tabebuia donnell-smithii Rose EN LA HACIENDA LOS LAURE LES, CANTÓN ARCHIDONA.doc Document ESTIMACIÓN DE CARBONO EN PLANTACIONES DE Cedrelinga catenaeformis D. Duke, Cordia a lliodora (Ruiz & Pav.) Oken y Tabebuia donnell-smithii Rose EN LA HACIENDA LOS LAURE LES, CANTÓN ARCHIDONA.doc (D63443232)		2
W	URL: https://www.buenastareas.com/materias/lista-de-plantas-c3-c4-cam/0 Fetched: 10/23/2019 9:15:25 PM		2
SA	ESCOBAR NARANJO DANIA-TESINA.docx Document ESCOBAR NARANJO DANIA-TESINA.docx (D110855801)		3
W	URL: https://www.eljornalero.com.mx/edicionesdigitales/images/images/1369-ElJornalero/51236/51236_V_iPad_1493704.00_Pagina_1.pdf Fetched: 8/12/2021 4:31:00 AM		2
SA	Andrade y Arias (Ambiental).docx Document Andrade y Arias (Ambiental).docx (D20534743)		7
SA	TFT Carlos Lomas.docx Document TFT Carlos Lomas.docx (D64604242)		1
SA	TESIS MARIA JOSÉ VIVANCO.docx Document TESIS MARIA JOSÉ VIVANCO.docx (D96253773)		2

Anexo 2

Aval del traductor



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) MEDIANTE LA ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA DE LAS ESPECIES VEGETALES DE CUATRO PARQUES (VICENTE LEÓN, LA FILANTROPÍA, SAN FRANCISCO Y LA LAGUNA) DE LA CIUDAD DE LATACUNGA”** presentado por: **Karen Dayana Caiza Quillupangui**, egresada de la Carrera de: **Ingeniería Agronómica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2021

Atentamente,


LIDIA REBECA YUGLA LEMA
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050265234-0



Firmado electrónicamente por:
MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTE S



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo 3

Densidades aproximadas de las especies identificadas de los cuatro parques de la ciudad de Latacunga.

ESPECIES	Densidad Aprox Ton/m3	Referencias
Aliso	0,8	(DFM, 2016)
Álamo plateado/negro/blanco	0,45	(DFM, 2016)
Arce común	0,7	(Muñoz et al., 2019)
Acacia	0,54	(Mendoza et al., n.d.)
Cucarda	0,2	(Muñoz et al., 2019)
Capiri	0,54	(Mendoza et al., n.d.)
Clavel japones	0,2	(Muñoz et al., 2019)
Cepillo rojo /blanco/chino/llorón	0,25	(Mendoza et al., n.d.)
Cholan	0,45	(Moreira Viteri et al., n.d.)
Ciprés	0,5	(DFM, 2016)
Chilco	0,5	(Moreira Viteri et al., n.d.)
Daga española	0,2	(Moreira Viteri et al., n.d.)
Eucalipto	0,88	(DFM, 2016)
Fresno	0,673	(INTI, 2003)
Laurel rosa	0,38	(Moreira Viteri et al., n.d.)
Nogal	0,98	(DFM, 2016)
Morera blanco	0,69	(Mendoza et al., n.d.)
Molle	1,005	(DFM, 2016)
Palma fénix /datilera/canaria	0,75	(INTI, 2003)
Palmito	0,4	(INTI, 2003)
Pino	0,408	(DFM, 2016)
Retama	1,185	(INTI, 2003)
Supirosa	0,05	(Muñoz et al., 2019)
Sauce	0,85	(DFM, 2016)
Trompeta amarilla	0,15	(Muñoz et al., 2019)
Tilo	0,395	(Maderame, 2020)
Yucca	0,2	(INTI, 2003)

Nota: Caiza, K;2021

Anexo 2

Tabla de áreas de muestras y la cobertura vegetal

PARQUE	ÁREA MUESTRA(m ²)	COBERTURA VEGETAL (m ²)
La Laguna	32505,83	45.312,09
Vicente León	6658,66	
San Francisco	2270,10	
Filantropía	3877,50	

Nota: Caiza, K;2021

Anexo 4

Cálculos para la cuantificación de absorción del dióxido de carbono en el parque Vicente León

Parque	Especies	Número de árboles	Diámetro(m)	Densidad aprox(ton/m3)	Biomasa aérea $Ba=cp(d^2,67)$ ton/m2	Biomasa total número de árboles ton/h	Biomasa aérea total BAT= $(ba*cv)/em$	Biomasa subterránea $bs=bat*fr$	Biomasa $bt=bat+bs$	Carbono absorbido $c=bt*fc$	Dióxido de carbono $CO2=ca*fe$ (ton/h)*año
PARQUE VICENTE LEÓN	Aliso	1	0,36	0,8	0,01356	0,0136	0,0923	0,04244	0,13471	0,06736	0,2472
	Pino	20	0,54	0,408	0,02042	0,4083	2,7785	1,27811	4,05662	2,02831	7,4439
	Cucarda	1	0,18	0,2	0,00053	0,0005	0,0036	0,00167	0,00529	0,00265	0,0097
	Laurel rosa	1	0,16	0,38	0,00074	0,0007	0,0050	0,00231	0,00734	0,00367	0,0135
	Cepillito llorón	4	0,25	0,25	0,00160	0,0064	0,0436	0,02004	0,06360	0,03180	0,1167
	Ciprés	1	0,17	0,5	0,00114	0,0011	0,0078	0,00358	0,01136	0,00568	0,0208
	Palma fénix	11	0,84	0,75	0,12209	1,3430	9,1392	4,20404	13,34327	6,67163	24,4849
	Palmito	13	0,76	0,2	0,02492	0,3240	2,2048	1,01422	3,21905	1,60953	5,9070
	Yuca	3	0,17	0,2	0,00046	0,0014	0,0093	0,00429	0,01363	0,00681	0,0250
TOTAL											38,2687

Anexo 5

Cálculos para la cuantificación de absorción del dióxido de carbono en el parque San Francisco

Parque	Especies	Número de árboles	Diámetro (m)	Densidad aprox (TON/m3)	Biomasa aérea $Ba=Cp(D^{2,67})$ TON/m2	Biomasa total número de árboles TON/H	Biomasa aérea total BAT= ($Ba*CV$) /Em	Biomasa subterránea BS=BAT*Fr	Biomasa BT=BAT+BS	Carbono absorbido C=Bt*Fc	Dióxido de carbono CO2=Ca*Fe (Ton/H) *año
PARQUE SAN FRANCISCO	Cepillo	3	0,33	0,25	0,0034	0,0101	0,2011	0,0925	0,2936	0,1468	0,54
	Cucarda	15	0,15	0,2	0,0003	0,0049	0,0980	0,0451	0,1431	0,0715	0,26
	Molle	2	0,2	1,005	0,0035	0,0071	0,1416	0,0651	0,2067	0,1033	0,38
	Palma fénix	10	0,79	0,75	0,1036	1,0364	20,6870	9,5160	30,2030	15,1015	55,42
	Tilo	2	0,33	0,395	0,0053	0,0106	0,2119	0,0975	0,3093	0,1547	0,57
	Chilco	2	0,36	0,5	0,0085	0,0169	0,3383	0,1556	0,4939	0,2470	0,91
TOTAL											58,08

Anexo 6

Cálculos para la cuantificación de absorción del dióxido de carbono en el parque La Filantropía

Parques	Especies	Número de árboles	diámetro(m)	Densidad aprox(TON/m ³)	Biomasa aérea Ba=Cp(D ² ,67) TON/m ²	Biomasa total número de árboles TON/H	Biomasa aérea total BAT=(Ba*CV)/E m	Biomasa subterránea BS=BAT*Fr	Biomasa BT=BAT+BS	Carbono absorbido C=Bt*Fc	Dióxido de carbono CO ₂ =Ca*Fe (Ton/H)*año
PARQUE LA FILANTROPIA	Álamo Plateado	6	0,12	0,45	0,0004	0,0024	0,0285	0,0131	0,0416	0,0208	0,0762
	Yuca	10	0,22	0,2	0,0009	0,0091	0,1064	0,0489	0,1553	0,0776	0,2849
	Acacia negra	2	0,23	0,54	0,0028	0,0055	0,0647	0,0297	0,0944	0,0472	0,1733
	Palma datilera	1	0,78	0,75	0,1002	0,1002	1,1706	0,5385	1,7091	0,8546	3,1362
	Capiri	2	0,21	0,54	0,0022	0,0043	0,0507	0,0233	0,0741	0,0370	0,1359
	Molle	2	0,28	1,005	0,0087	0,0174	0,2035	0,0936	0,2971	0,1486	0,5452
	Clavel japones	15	0,19	0,2	0,0006	0,0092	0,1079	0,0496	0,1575	0,0787	0,2890
	Palma de jardin	1	0,69	0,2	0,0193	0,0193	0,2250	0,1035	0,3285	0,1643	0,6029
	Nogal	2	0,29	0,98	0,0093	0,0186	0,2179	0,1002	0,3182	0,1591	0,5839

	Morera Blanca	1	0,26	0,69	0,0049	0,0049	0,0573	0,0264	0,0837	0,0418	0,1536
	Arce común	1	0,31	0,7	0,0080	0,0080	0,0930	0,0428	0,1358	0,0679	0,2492
	Chilco	1	0,395	0,5	0,0109	0,0109	0,1269	0,0584	0,1852	0,0926	0,3399
	Cepillo	7	0,09	0,799	0,0003	0,0023	0,0273	0,0126	0,0399	0,0200	0,0733
	Palma Fenix	11	0,95	0,75	0,1696	1,8654	21,7992	10,0276	31,8268	15,9134	58,4023
TOTAL											65,0456

Anexo 7

Cálculos para la cuantificación de absorción del dióxido de carbono en el parque La Laguna

Parque	Especies	Número de árboles	Diámetro (m)	Densidad aprox (TON/m ³)	Biomasa aérea $Ba=Cp(D^{\wedge}2,67)$ TON/m ²	Biomasa total número de árboles TON/H	Biomasa aérea total BAT= (Ba*CV) /Em	Biomasa subterránea BS=BA T*Fr	Biomasa BT=BA T+BS	Carbono absorbido C=Bt*Fc	Dióxido de carbono CO ₂ =Ca* Fe (Ton/H) *año
PARQUE LA LAGUNA	Acacia	3	0,17	0,54	0,0012	0,0037	0,0052	0,0024	0,0075	0,0038	0,0138
	Álamo negro	8	0,18	0,45	0,0012	0,0096	0,0134	0,0061	0,0195	0,0098	0,0358
	Nogal	11	0,18	0,98	0,0026	0,0287	0,0400	0,0184	0,0584	0,0292	0,1072
	Trompeta amarilla	2	0,11	0,15	0,0001	0,0002	0,0003	0,0001	0,0004	0,0002	0,0008
	Cepillo rojo / blanco	18	0,28	0,799	0,0069	0,1246	0,1737	0,0799	0,2536	0,1268	0,4653
	Retama	3	0,09	1,185	0,0005	0,0015	0,0021	0,0010	0,0030	0,0015	0,0056
	Tilo	9	0,09	0,395	0,0002	0,0015	0,0021	0,0010	0,0030	0,0015	0,0056

Suspirrosa	12	0,06	0,05	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0003
Pino	5	0,56	0,408	0,0225	0,1125	0,1568	0,0721	0,2289	0,1145	0,4201
Daga Española	4	0,19	0,2	0,0006	0,0025	0,0034	0,0016	0,0050	0,0025	0,0092
Álamo Blanco	8	0,23	0,45	0,0023	0,0184	0,0257	0,0118	0,0375	0,0188	0,0689
Sauce	15	0,32	0,85	0,0105	0,1578	0,2199	0,1012	0,3211	0,1606	0,5893
Ciprés	10	0,66	0,88	0,0752	0,7524	1,0489	0,4825	1,5313	0,7657	2,8100
Molle	2	0,25	1,005	0,0064	0,0129	0,0179	0,0083	0,0262	0,0131	0,0481
Cholan	7	0,27	0,45	0,0035	0,0248	0,0345	0,0159	0,0504	0,0252	0,0925
Eucalipto	2	0,76	0,88	0,1097	0,2193	0,3057	0,1406	0,4464	0,2232	0,8191
Fresno	6	0,24	0,673	0,0039	0,0232	0,0323	0,0149	0,0472	0,0236	0,0866
Palma Canaria	13	0,89	0,75	0,1425	1,8522	2,5819	1,1877	3,7695	1,8848	6,9170
										12,4951

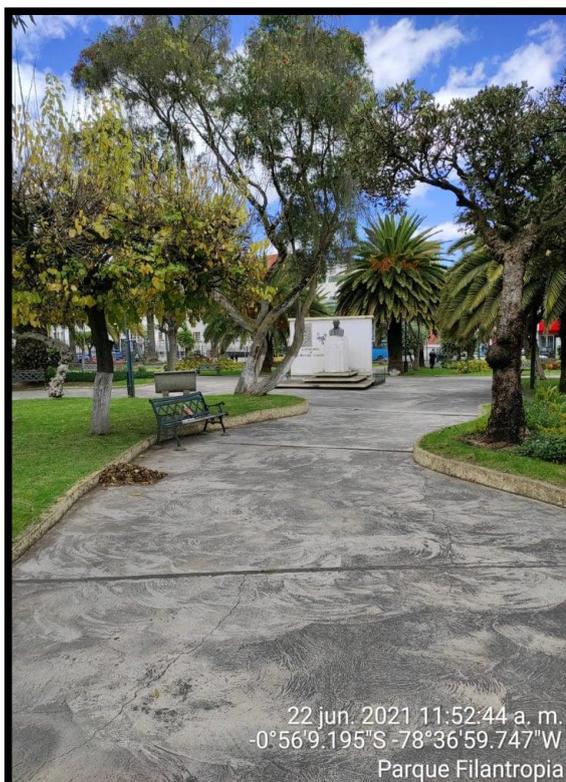
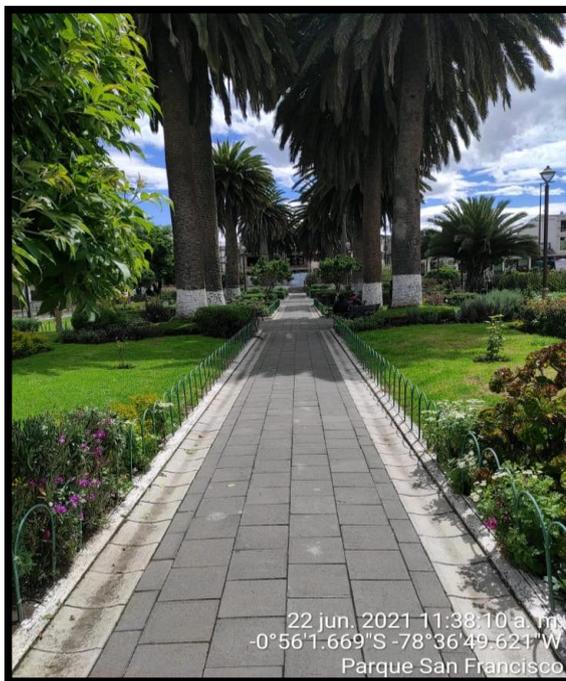
Anexo 8

Cuantificación del Dióxido de carbono absorbido por especies de los cuatro parques de la ciudad Latacunga

ESPECIES	CO ₂ ABS TON/H AL AÑO
Aliso	0,259
Alamo plateado/negro/blanco	0,191
Arce comun	0,029
Acacia	0,184
Cucarda	0,2835
Capiri	0,146
Clavel japones	0,298
Cepillo rojo /blanco/chino/lloron	1,2024
Cholan	0,00945
Ciprés	2,8312
Chilco	1,258
Daga española	0,01255
Eucalito	0,825
Fresno	0,0954
Laurel rosa	0,0185
Nogal	0,7044
Morera blanco	0,158
Molle	0,989
Palma fénix /datilera/canaria	148,36
Palmito	6,554
Pino	7,865
Retama	0,01542
Supirosa	0,00032
Sauce	0,598
Trompeta amarilla	0,001235
Tilo	0,58444
Yucca	0,328
Total de CO₂	173,80

Anexo 9

Fotografías de los lugares de muestra con latitudes

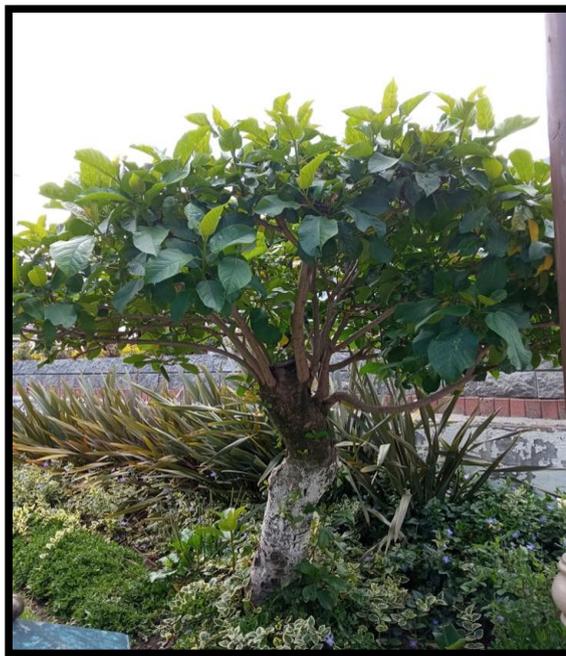


Anexo 10*Fotografías de especies de los cuatro parques*

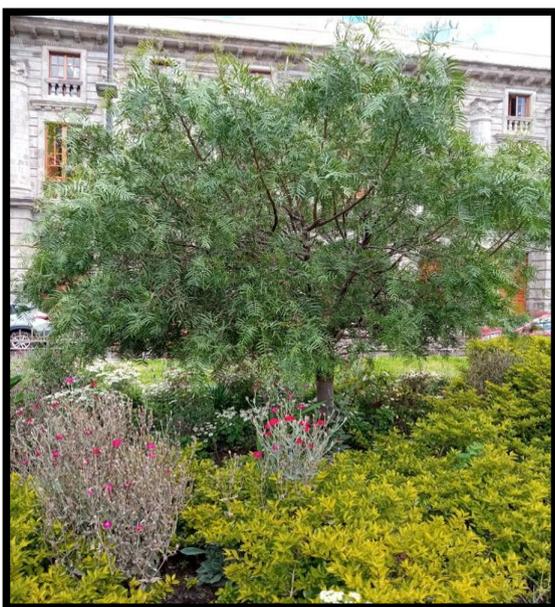
Tilo (*Tilia*
angustifolia)



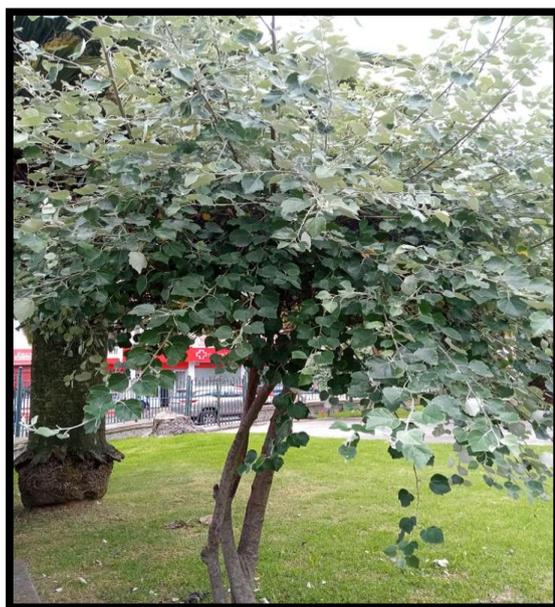
Trompeta amarilla (*Allamanda*



Molle (*Schinus molle*)



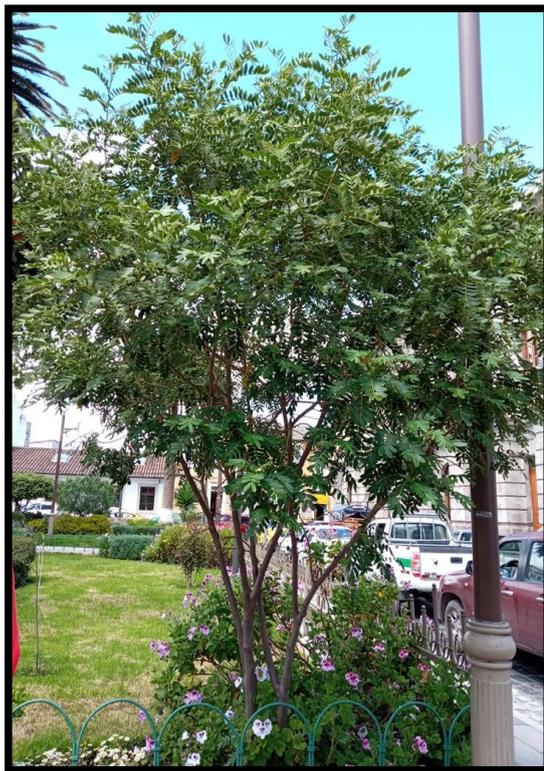
Álamo (*Populus alba*)



Arce común (*Acer*)



Acacia (*Acacia*)



Palma Fénix (*Phoenix dactylifera*)



Yucca (*Yucca*)



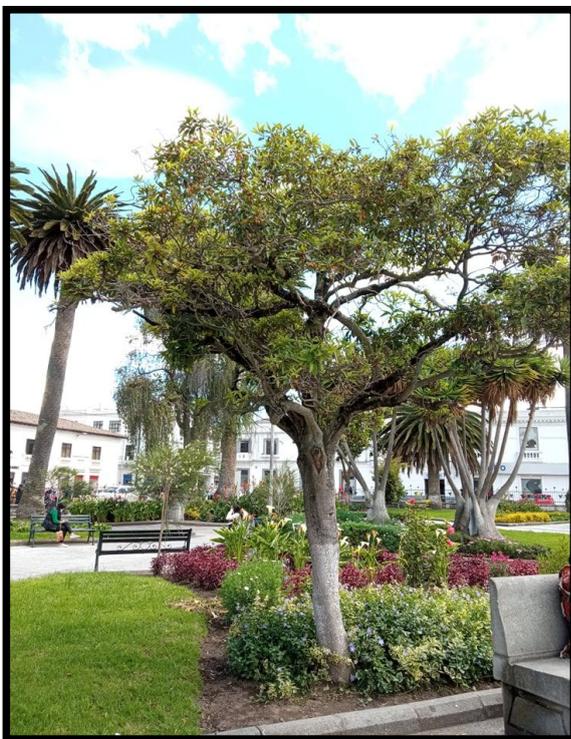
Clavel japonés (*Dianthus caryophyllus*)



Fresno (Fraxinus)



Chil co (*Fuchsia magellanica*)



Cepillo (*Callistemon citrinus*)



Palmito (*Chamaerops humilis*)



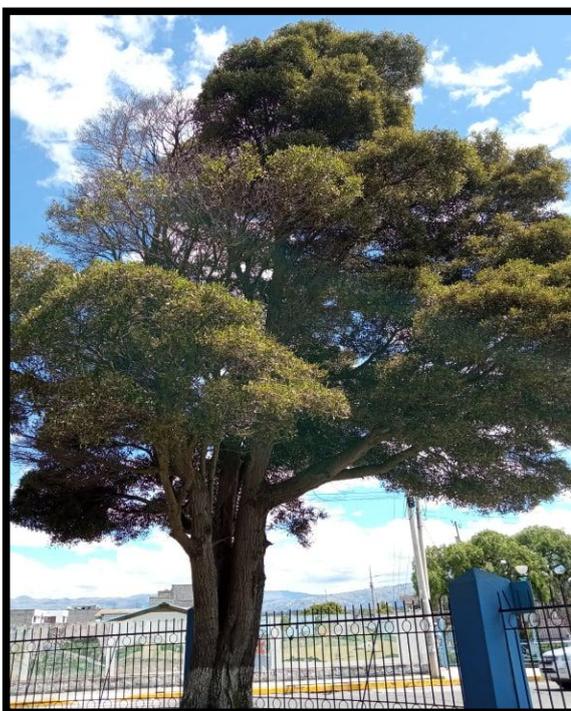
Palma datilera (Phoenix dactylifera)

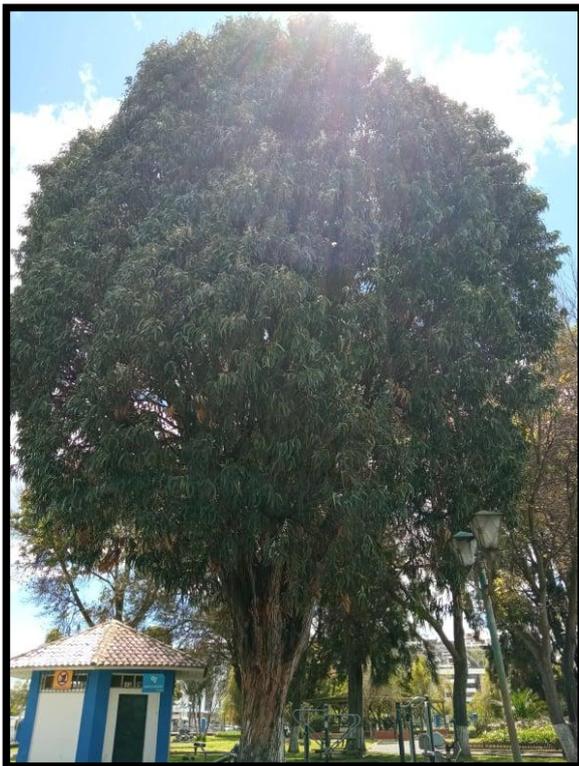


Nogal (*Juglans regia*)



Cholan (*Tecoma stans* L.)



Eucalipto (*Eucalyptus*)Palma canaria (*Phoenix canariensis*)Morera (*Morus*)Suspirosa (*Lantana camara*)

Cucarda (*Hibiscus rosa-sinensis*)



Retama (*Retama*)

