UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO DE LA FLORA ARBÓREA DE LA RIBERA DEL RÍO TARQUI EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR.

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental

AUTORES: ANGÉLICA MARIELA ORELLANA JIMÉNEZ
ERIKA ANDREA LANDI LATA

TUTOR: DR. FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Angélica Mariela Orellana Jiménez con documento de identificación N° 0104914478 y Erika Andrea Landi Lata con documento de identificación N° 0150799872; manifestamos que:

Somos las autoras y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 03 de marzo del 2023

Atentamente,

Angélica Mariela Orellana Jiménez	Erika Andrea Landi Lata
0104914478	0150799872

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotras, Angélica Mariela Orellana Jiménez con documento de identificación N° 0104914478 y Erika Andrea Landi Lata con documento de identificación N° 0150799872, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del Trabajo experimental: "Estimación de la captura de carbono de la flora arbórea de la ribera del río Tarqui en la zona urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 03 de marzo del 2023

Atentamente,

Angélica Mariela Orellana Jiménez	Erika Andrea Landi Lata
0104914478	0150799872

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Fredi Leonidas Portilla Farfán con documento de identificación N° 0102824331, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTIMACIÓN DE LA CAPTURA DE CARBONO DE LA FLORA ARBÓREA DE LA RIBERA DEL RÍO TARQUI EN LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CUENCA, ECUADOR, realizado por Angélica Mariela Orellana Jiménez con documento de identificación N° 0104914478 y por Erika Andrea Landi Lata con documento de identificación N° 0150799872, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 03 de marzo del 2023

Atentamente,

Dr. Fredi Leonidas Portilla Farfán, PhD.
0102824331

DEDICATORIA

Gracias, gracias, gracias, es el lema de que siempre debemos ser muy agradecidos por todos los momentos que vivimos cada día y en esta ocasión tan especial aún mucho más.

Agradezco a Papá Dios por regalarme salud y vida, sin esos dos regalos maravillosos no podría estar presente cumpliendo este gran reto.

El día viernes 27 de enero del 2023 mi abuelita se fue al cielo, y aunque no pudo estar presente físicamente para compartir este triunfo, sé que está en un lugar maravilloso sonriendo por su nieta.

Agradezco a mis padres Gonzalo y María por trabajar arduamente para que nunca me falte lo necesario, Mami Mari gracias por inculcarme el amor a Dios, porque desde niña me decías confía en Dios, ten FÉ, todo se puede mientras haya vida y amor a Dios, a mis hermanos y hermana, porque creyeron en mí, y me han apoyado cada día con su amor y sus palabras de aliento, a mis sobrinas y sobrinos que son la expresión de amor más bonita, a mis tíos y primos que siempre estuvieron pendientes, a mis profesores porque gracias a sus enseñanzas, a sus conocimientos, a sus exigencias hoy estoy culminando mi carrera, a mis amigos y compañeros de aulas, de quienes me llevo, esas risas y carcajadas, esos momentos de tensión y sustos, esos momentos de festejos por cada paso que dábamos. Y por último un gracias muy especial a mí misma porque a pesar de que habían días en los que platicaba conmigo misma pues sentía que no iba a poder, hoy puedo decirme que nada es imposible, mientras crea en mí, puedo lograr grandes cosas. Hoy es un motivo para celebrar que si pude y que seguiré creando historias a lo largo de mi vida.

MARIELA

DEDICATORIA

La presente Tesis está dedicada a:

A Dios, quien ha sido mi guía, fortaleza, el que me acompaña y me guía por el camino del bien, el que me cuida y me protege siempre, gracias a él e logrado concluir mi carrera.

A mi madre Mariana de Jesús Lata y a mi padre Manuel Arcesio Landi, por haberme dado su apoyo incondicional durante todos estos años y por ser esa razón el más grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos que significa alegría y orgullo para mí y también para ellos.

A mis hermanos Cristian, Fernando y Fabian, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente, a todas mis amigas, por apoyarme cuando mas las necesito, por sus consejos, por su fidelidad, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, siempre las llevo en mi corazón.

ANDREA

AGRADECIMIENTO

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son el resultado de tu ayuda; ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir que es gracias a ti que esta meta está cumplida.

A la Universidad Politécnica Salesiana por brindarnos una buena formación académica, enfocado en el carácter salesiano, ético y moral.

A nuestro director de tesis. Dr. Fredi Portilla, PhD. por su guía, comprensión, paciencia, entrega y valiosos consejos a lo largo del proceso de investigación también por confiar plenamente en nosotras.

A todos los docentes que con su carisma y amor se han ganado nuestro cariño, especialmente: Ing. Juanito Carpio, Ing. Estefanía Avilés, Blga. Geovanna Zea, Dr. Tony Viloria.

A nuestros queridos grandes amigos "Gemelos" porque siempre estuvieron presente para solventar cualquier duda a lo largo de nuestra carrera.

A todos nuestros compañeros y amigos con los cuales compartimos trabajos, risas, tristezas, y grandes momentos sobre todo a: Evelin Quillay, Lisseth Romero, Daniel Cajilema, Stalin Godoy, Carlos Lema, Luis Delgado, Manuel Delgado, Wilson Encalada, Grace Gallardo, Luis Ochoa.

El éxito es la suma de pequeños esfuerzos que se repiten cada día.

Mariela y Andrea

RESUMEN

Actualmente el cambio climático representa la mayor amenaza para los hábitats, las especies y los medios de subsistencia de los seres humanos. Por tal motivo, es muy importante implementar medidas de mitigación frente a este fenómeno, y entre algunas que destacan, está la captura de carbono en vegetación urbana, medida que además se orienta a los objetivos de lograr ciudades sostenibles. Con base a lo anterior, la presente investigación tiene como objetivo estimar el potencial de captura de carbono de cuatro especies: *Eucalyptus globulus*, *Populus alba*, *Salix humboldtiana* y *Alnus acuminata* inventariadas dentro de la ribera urbana del río Tarqui en la ciudad de Cuenca, Ecuador. Para conocer el volumen de carbono capturado se utilizó el método indirecto que utiliza ecuaciones alométricas y datos de parámetros medidos in-situ como son la altura y el DAP del árbol. Los resultados indicaron que en la ribera urbana del río Tarqui hay 2320 árboles de los cuales el 30,3% son especies nativas y el 69,7 % son especies introducidas. Con relación a la captura de carbono se estimó que las especies analizadas en conjunto capturan aproximadamente 21260,98 Ton de CO_2, resultando *Eucalyptus globulus* la especie de mayor potencial de captura de CO_2, con 13,41 Ton/árbol, luego *Salix humboldtiana* con 1,84 Ton/árbol, *Populus alba L*. con 0,38 Ton/ árbol y *Alnus acuminata* con 0,33 Ton/árbol. Se realizó también la valoración económica de la venta del bono del carbono y se determinó que se puede obtener $ 1.846.303,50 USD como beneficio por la captura de CO_2 en estos bosques urbanos. Además, como resultado se presenta un plan de manejo para la ribera del río Tarqui que ayudará a preservar sus beneficios ecosistémicos de este hábitat natural. Finalmente se concluye que los resultados de este estudio servirán como una guía para generar proyectos orientados a la mitigación del cambio climático y de esta mejorar la calidad de vida tanto de las personas como del ambiente, además de ayudar a preservar las especies nativas que son primordiales para la cuidad.

ABSTRACT

Climate change currently represents the greatest threat to habitats, species and human livelihoods. For this reason, it is very important to implement mitigation measures against this phenomenon, and among some that stand out, is the capture of carbon in urban vegetation, a measure that is also oriented towards the objectives of achieving sustainable cities. Based on the above, this research aims to estimate the carbon sequestration potential of four species: *Eucalyptus globulus, Populus alba, Salix humboldtiana* and *Alnus acuminata* inventoried within the urban banks of the Tarqui river in the city of Cuenca, Ecuador. To know the volume of carbon captured, the indirect method that uses allometric equations and data of parameters measured in-situ such as height and DBH of the tree was used. The results indicated that on the urban banks of the Tarqui River there are 2,320 trees, of which 30.3% are native species and 69.7% are introduced species. Regarding carbon capture, it was estimated that the species analyzed together capture approximately 21,260.98 tons of CO2, with *Eucalyptus globulus* being the species with the greatest CO2 capture potential, with 13.41 tons/tree, followed by *Salix humboldtiana* with 1 .84 tons/tree, *Populus alba* L. with 0.38 tons/tree and *Alnus acuminata* with 0.33 tons/tree. The economic valuation of the sale of the carbon credit was also carried out and it was determined that $1,846,303.50 USD can be obtained as a benefit for the capture of CO2 in these urban forests. In addition, as a result, a management plan for the banks of the Tarqui river is presented that will help preserve its ecosystem benefits of this natural habitat. Finally, it is concluded that the results of this study will serve as a guide to generate projects aimed at mitigating climate change and thereby improving the quality of life of both people and the environment, in addition to helping to preserve native species that are essential. for the city.

Índice general

1. Introducción 15

1.1. Problema 15

1.2. Delimitación 17

1.3. Explicación del problema 17

1.4. Objetivos 17

1.4.1. Objetivo general 17

1.4.2. Objetivos específicos 17

2 Fundamentación teórica 18

2.1. Gases de efecto invernadero 18

2.1.1. Fuentes de emisión de los GEI 19

2.2. Cambio climático 19

2.2.1. Impactos globales 20

2.2.2. Impactos a la salud 21

2.3. Evolución del cambio climático de acuerdo con el IPCC 21

2.3.1. Cambio en la temperatura 21

2.3.2. Cambio en el nivel del mar 23

2.3.3. Cambio en las precipitaciones 24

2.4. Bonos y mercados de carbono 25

2.4.1. Enfoques de los mercados de carbono 26

2.4.2. Tipos de mercado de carbono 26

3 Materiales y Métodos 28

3.1. Diseño 28

3.2. Población y muestra 29

3.3. Primera fase 30

3.3.1. Inventario forestal 30

3.3.2. Cálculo de la diversidad 31

3.4. Segunda Fase 31

3.4.1. Estimación de la captura de carbono de especies arbóreas 31

3.5. Tercera fase 35

3.5.1. Valoración económica 35

3.5.2. Análisis costo-beneficio 35

3.5.2.1. Relación Costo-Beneficio (B/C) 35

3.5.2.2. Valor Actual Neto (VAN) 36

3.5.2.3. Tasa interna de retorno (TIR) 37

4 Resultados y Discusión 37

4.1. Inventario forestal 37

4.2. Diversidad de especies 39

4.3. Características morfométricas 40

4.3.1. Altura del árbol en pie 40

4.3.2. Diámetro a la altura del pecho 41

4.3.3. Biomasa seca 43

4.4. Captura de carbono 43

4.5. Valoración económica 47

4.5.1. Determinación de Egresos 50

4.5.2. Análisis económico del proyecto 50

4.5.2.1. Flujos de Efectivo 51

4.5.2.2. Mercados de Cumplimiento y Mercados Voluntarias 51

4.6. Plan de manejo 52

5 Conclusiones y Recomendaciones 59

6 Referencias 60

7 Anexos 90

7.1. Anexo 1: Inventario forestal de la ribera del río Tarqui 90

7.2. Anexo 2. Costos de mantenimiento Áreas verdes del Río Tarqui 107

7.3. Anexo 3. Flujos de efectivo de diferentes escenarios planteados 108

Índice de tablas

Tabla 1. Lista de especies de la ribera Urbana del río Cuenca. 38

Tabla 2. Altura de las especies arbóreas analizadas 41

Tabla 3. DAP de las especies arbóreas analizadas.....42

Tabla 4. Potencial de captura de carbono de las especies analizadas 44

Tabla 5. Captura de CO2 en diferentes formaciones vegetales 45

Tabla 6. Densidad de captura de CO_2 47

Tabla 7. Análisis económico de la venta de bonos de carbono 48

Tabla 8. Análisis de viabilidad económica 51

Índice de Figuras

Figura 1. Cambio en la temperatura media global en superficie (con respecto a 1986-2005) 22

Figura 2. Temperatura media en superficie sobre una base de proyecciones para 2081-2100 en relación con 1986-2005 22

Figura 3. Elevación del nivel medio del mar 24

Figura 4. Cambio en la precipitación media 24

Figura 5. Mapa de zona de estudio 29

Figura 6. Representación gráfica de las especies nativas de la ribera del río Tarqui ... 39

Figura 7. Representación gráfica de las especies introducidas de la ribera del río Tarqui 40

Figura 8. Diagrama de cajas y bigotes de la altura de las especies analizadas 41

Figura 9. Diagrama de cajas y bigotes del DAP de las especies analizadas 42

Figura 10. Biomasa seca de las especies analizadas 43

Figura 11. Modelo de regresión lineal de egresos proyectados hasta el año 2027 (10 periodos) 50

CAPÍTULO I

1. Introducción

Actualmente el cambio climático representa la mayor amenaza para los hábitats, las especies y los medios de subsistencia de los seres humanos (World Wild Life [WWF], 2022). El cambio climático se refiere a los cambios en el clima del planeta y es consecuencia principal de la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera (Work, 2019), que se derivan principalmente de la actividad humana o de fuentes naturales (Sanz-Elorza, 2018).

Las principales actividades antropogénicas que generan GEI son: cambios en el uso del territorio, la deforestación de los bosques, producción de energía, la agricultura, la ganadería, la eliminación de desechos, el transporte y la industria, y cuyas emisiones se han registrado desde la Revolución industrial (IPCC, 2018; Kongboon et al., 2022), y hoy en día es preocupante conocer que la mayor parte de estos focos de emisión se generan dentro de las áreas urbanas, y representan más del 70 % de las emisiones mundiales, (Kongboon et al., 2022) lo que ha encendido las alertas en las ciudades pues su tasa de emisión es alarmante al considerar que el área que estas cubren representa menos del 5% de la superficie terrestre del planeta (Paolini et al., 2019).

De acuerdo con lo anterior, la presente investigación se realiza con la finalidad de estimar el potencial de captura de carbono de cuatro especies arbóreas que forman parte del entorno biótico de la ribera urbana del río Tarqui, de la ciudad de Cuenca. Ecuador.

1.1. Problema

A medida que el cambio climático altera los sistemas naturales y humanos en todo el mundo, se espera impactos a nivel global, por ejemplo, desplazamiento geográfico de especies silvestres (Huang et al., 2019; Sales et al., 2020) y poblaciones humanas, (Kim et al., 2021),

pérdida de biodiversidad (Nath et al., 2021; Skogen et al., 2018), pérdida de productividad y crecimiento económico (Vu, 2021) afectaciones a la salud, seguridad alimentaria y abastecimiento de agua dulce (Mekonnen et al., 2021; Omar et al., 2021; Zhao et al., 2022). Además de los impactos catastróficos bien documentados del calentamiento global como, el aumento de la temperatura, cambios en los patrones de las precipitaciones, la subida del nivel del mar, deshielo de los glaciales, inundaciones, incendios forestales, sequías y heladas (Djalante, 2019; Lasanta et al., 2022).

Con relación a lo anterior, es muy valioso implementar medidas de mitigación frente al cambio climático, y entre algunas que destacan, está la captura de carbono en biomasa vegetal (J. Ma et al., 2021), sobre todo porque es un método sostenible en relación a otras tecnologías, puesto que la vegetación actúa como sumidero natural de carbono al absorber grandes cantidades de CO_2 (Y. Zhang et al., 2022). Sin embargo, a pesar de que todo tipo de vegetación absorben CO_2, los árboles son los más eficientes (FAO, 2006).

Es así que a nivel global se han iniciado diversas actividades vinculadas con el papel de la vegetación urbanas en la captura del carbono para conocer su incidencia con el cambio climático (CEPAL, 2017); y la literatura reporta variados estudios de captura de carbono de vegetación urbana en diferentes partes del mundo (Bhattacharya et al., 2020; Dorendorf et al., 2015; Stoffberg et al., 2010; Sultana et al., 2021; F. Zhang et al., 2020).Sin embargo, a nivel local son pocos los estudios disponibles, a saber, los realizados por (Jiménez & Peralta, 2019) y (Muñoz et al., 2022); que estimaron el potencial de captura de carbono de los árboles en parques de la ciudad de Cuenca, Ecuador; y en relación a captura de carbono en riberas de ríos se encuentra soló el realizado por (Pintado & Astudillo, 2021) en la ciudad de Gualaceo.

1.2.Delimitación

El presente estudio espacialmente se limita a la zona de ribera del río Tarqui dentro del casco urbano de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Y metodológicamente, como objetivo de muestra de estudio, se limita a los árboles que tengan una altura superior a 1,5 m.

1.3. Explicación del problema

Una vez analizada la problemática, la pregunta de estudio para esta investigación se resume en conocer si la flora arbórea existente en las riberas del río Tarqui tiene la capacidad de capturar carbono y funcionar como sumideros de carbono, y la vez aprovechar su beneficio como medida de mitigación para el cambio climático. En el contexto anterior se formulan las siguientes hipótesis:

- **Hipótesis nula:** Las especies arbóreas de la ribera del río Tarqui pueden secuestrar carbono, por lo tanto, sirven como sumideros de carbono.
- **Hipótesis alternativa:** Las especies arbóreas de la ribera del río Tarqui no pueden secuestrar carbono, por lo tanto, no sirven como sumideros de carbono.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar la flora arbórea de la zona urbana del río Tarqui en la Cuidad de Cuenca, Ecuador y su incidencia con el cambio climático, mediante la estimación de su potencial de captura de carbono.

1.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar y diagnosticar la flora arbórea existente.
- Realizar un inventario arbóreo en el río Tarqui.

- Estimar el potencial de captura de carbono de dos especies nativas y dos especies exóticas de mayor predominancia en el área de estudio.
- Realizar el análisis de la valoración económica del carbono secuestrado.
- Formular propuestas como parte de un plan de manejo ambiental para la zona ribereña del río Tarqui.

2 Fundamentación teórica

2.1.Gases de efecto invernadero

Los GEI son aquellos que atrapan la energía infrarroja en forma de calor contenido en la atmosfera, evitando así que la radiación solar escape al espacio (Gregory, 2022). A medida que aumenta la cantidad de GEI en la atmósfera, también aumenta el calor atrapado y la temperatura global correspondiente. Como resultado, las tormentas se vuelven más violentas, las sequías más frecuentes, los glaciares se derriten y el nivel del mar aumenta, por nombrar solo algunos efectos de un clima que cambia rápidamente (Klugmann-Radziemska, 2022), se consideran GEI al dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarbono (CFC) (Buchwitz et al., 2015).

Estas emisiones de GEI se consideran la causa principal del calentamiento global, que es una característica clave del cambio climático al que nos enfrentamos hoy (Anderson et al., 2016) y son producto de actividades antropogénicas, incluida la agricultura, la deforestación, el consumo de combustibles fósiles por partes de las industrias y los automóviles (Okeke et al., 2022) y su acumulación en la atmosfera ha ido aumentado significativamente desde la revolución Industrial (Raihan & Tuspekova, 2022).

2.1.1. Fuentes de emisión de los GEI

El CO_2 es un gas que se emite de la proporción del consumo de combustibles fósiles (Gholami et al., 2022), en el mundo es del 80 % del consumo total de energía, se descubrió que uno de los principales contribuyentes a las emisiones de CO_2 son los niveles de consumo de energía no renovable. Sin embargo, se espera que la capacidad mundial total de energía renovable crezca un 50 % entre 2019 y 2024 (Chen et al., 2022).

El CH_4 es un gas que proviene de la agricultura, (Chandra et al., 2012) emitido por el ganado vacuno, se debe a las emisiones entéricas del sistema digestivo de los rumiantes y de la degradación del estiércol animal (Vechi et al., 2022).

El N_2O es producto del crecimiento de las actividades industriales, el uso de vehículos motorizados, a la generación de residuos sólidos y además se generan en el tratamiento de aguas residuales (Bozkurt et al., 2018).

Los CFC se generan debido al uso de productos comerciales como refrigerantes y agentes de expansión que incluyen o están compuestos por triclorofluorometano, diclorodifluorometano, diclorotetrafluoroetano y cloropentafluoroetano. En cuanto a sus efectos sobre la salud pueden causar asfixia y sensibilización cardíaca en altas concentraciones, pero su potencial de efectos crónicos es bajo (Tsai, 2014).

2.2.Cambio climático

El calentamiento global ha estado cambiando el patrón climático del planeta (Baker, 2022) y se considera sin duda, que el clima se ha calentado significativamente desde la década de 1950 con niveles de aumento de gases de efecto invernadero (GEI) (A. M. Brown et al., 2022).

El cambio climático puede considerarse como la ocurrencia más frecuente e intensificada de fenómenos meteorológicos extremos y desastres naturales relacionados con el clima, así como impactos ambientales globales (T. Ma et al., 2022).

2.2.1. Impactos globales

El cambio climático global y sus repercusiones ecológicas han ganado especial atención a medida que las actividades humanas se han vuelto más intensas desde la revolución industrial (Q. Lin et al., 2022).

Este cambio climático ha dado como resultado peligros y fenómenos físicos relacionados con el clima, especialmente eventos climáticos más extremos como sequías, inundaciones y olas de calor (Negev et al., 2022). Dichos eventos tienen un impacto potencial a los sistemas naturales y humanos a través de interacciones de múltiples amenazas, una mayor exposición y una mayor vulnerabilidad (Bixler et al., 2021); tales efectos dañinos incluyen rendimientos agrícolas reducidos (Jawid, 2020), enfermedades relacionadas con el clima, por ejemplo enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Zhao et al., 2022), escasez de agua (Ray Biswas et al., 2022) e inundaciones de tierras (Jothityangkoon et al., 2013) perdida de especies silvestres (Zuluaga et al., 2022) por ejemplo, por el cambio de uso del suelo alterando los comportamientos animales críticos para la vida silvestre, como el movimiento, convirtiéndose en el principal factor que amenaza las funciones ecológicas de la vida silvestre (Wang & Teng, 2022).

Además, el aumento de la temperatura está ocasionando el deshielo del Antártico y de los glaciares. Como consecuencia, el nivel del mar ha ascendido entre 10 y 20 cm durante las últimas décadas, y las distintas proyecciones realizadas indican que puede aumentar entre 200 cm. También las tormentas se vuelven más violentas, las sequías más frecuentes, por

nombrar solo algunos efectos de un clima que cambia rápidamente (Roca Villanueva et al., 2019).

2.2.2. Impactos a la salud

El cambio climático tiene impactos directos e indirectos en la salud humana. Las muertes, las lesiones y los impactos en la salud mental debido a las terribles tormentas, las inundaciones y las intensas olas de calor son algunos de los impactos directos del cambio climático en las vidas humanas (Masood et al., 2022). Por tal razón, ha sido catalogado como el mayor desafío de salud global del siglo XXI (T. Ma et al., 2022). Sus repercusiones, van desde enfermedades relacionadas con el calor hasta un mayor riesgo de desnutrición en países de bajos ingresos (Ammann et al., 2021). Además de esto, los problemas respiratorios, las enfermedades cardiovasculares, y las enfermedades diarreicas son algunos de los impactos indirectos a largo plazo de la revolución climática global (Masood et al., 2022).

Se ha informado, además de problemas de salud mental pueden presentarse como problemas agudos o crónicos, que incluyen ansiedad, trastorno de estrés postraumático (TEPT), depresión, trastornos por uso de sustancias, deterioro fóbico y somático, ideación suicida y suicidio (M. J. Brown et al., 2022).

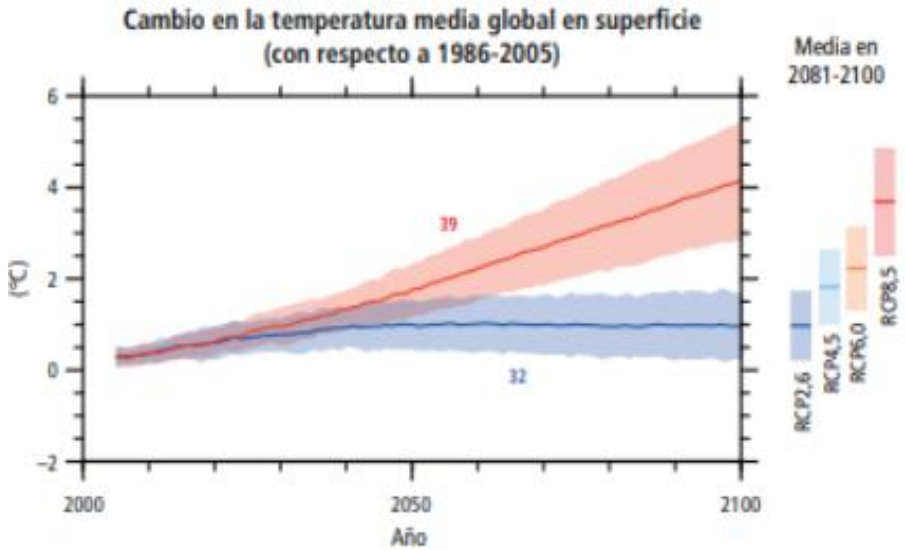
2.3.Evolución del cambio climático de acuerdo con el IPCC

2.3.1. Cambio en la temperatura

De acuerdo al IPCC la temperatura media del planeta a cambio aproximadamente en 1,1 °C en relación a los nivel medios respecto a 1986, Además se estima que la temperatura global del planeta aumentara más de 2 °C para el 2100, si las emisiones actuales continúan (modelo de proyección RCP 8,5), Sin embargo si las emisiones disminuyen como se plantea en el modelo

de proyección RCP 2,6 la temperatura se mantendrá por debajo de los 2 °C como se planteó en el Protocolo de Kioto (ver figura 1) (IPCC, 2014).

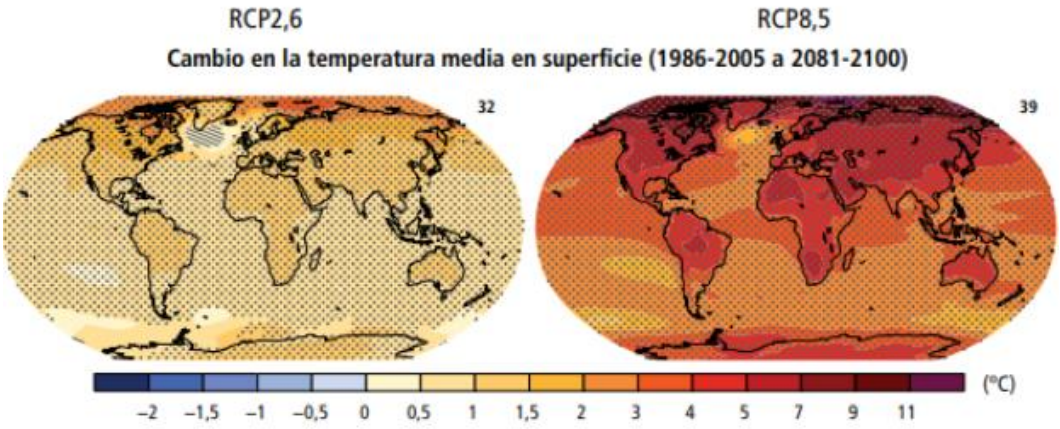
Figura 1. Cambio en la temperatura media global en superficie (con respecto a 1986-2005)



Nota: RCP 8.5 significa: escenario de alta emisión de GEI; RCP 2.6, escenario de mitigación de GEI. Fuente: (IPCC, 2014)

Por otro lado, se observa la temperatura del océano global seguirá en aumento durante el siglo XXI, y se espera un mayor aumento de temperatura en la superficie en las regiones tropicales y en las regiones subtropicales del hemisferio norte de acuerdo a RCP 8,5 (ver figura 2).

Figura 2. Temperatura media en superficie sobre una base de proyecciones para 2081-2100 en relación con 1986-2005

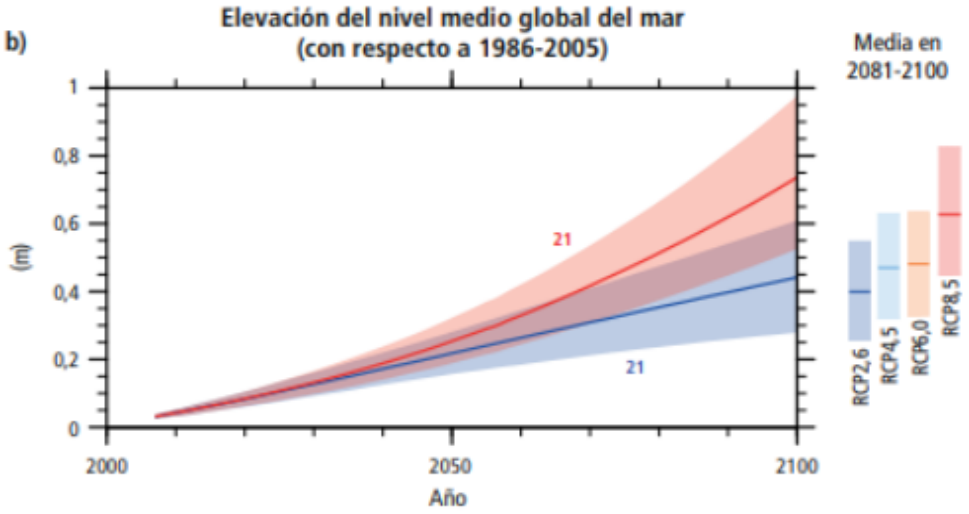


Fuente: (IPCC, 2014)

2.3.2. Cambio en el nivel del mar

El cambio climático causara un aumento del nivel del mar, se ha estimado que la elevación media global alcance rangos de 0,26 a 0,55 m para RCP 2,6, para finales del siglo con relación a lo observado en el periodo 1986-2005, mientras que para RCP 8,5 se espera rangos de 0,45 a 0,82 m (ver figura 3). Sin embargo, esta elevación no será igual en todas las regiones y posiblemente para 2100 el nivel del mar sea superior en más del 95% de las zonas oceánicas y se estima que cerca del 70% de las costas de todo el mundo sufran un aumento del nivel del mar en un intervalo de ±20% de la media global (IPCC, 2014).

Figura 3. Elevación del nivel medio del mar

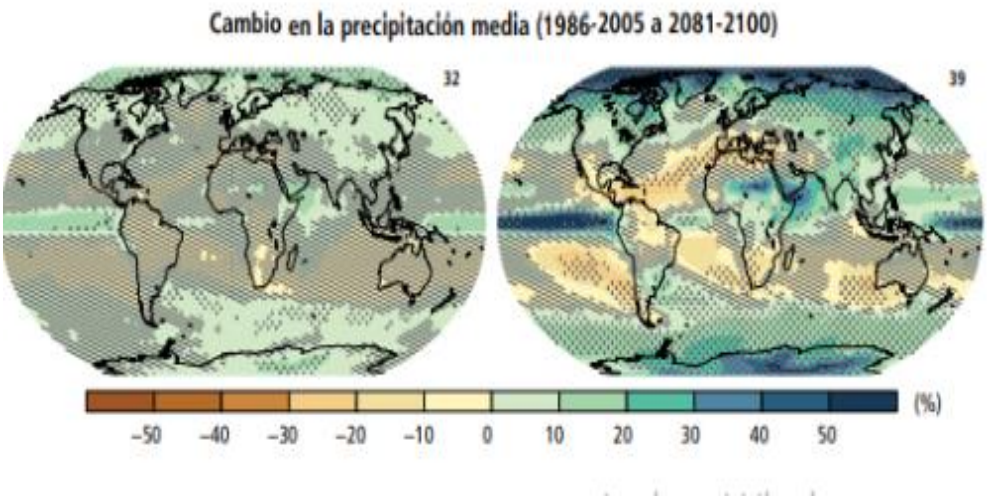


Fuente: (IPCC, 2014)

2.3.3. Cambio en las precipitaciones

De acuerdo con las proyecciones del IPPCC, basados en el escenario RCP 8,5 es probable que en las latitudes altas y en el océano Pacifico ecuatorial se observe un aumento en la precipitación media anual, en las latitudes medias y subtropicales disminuya la precipitación media (ver figura 4). Además, se prevé que en algunas regiones húmedas de latitud media la precipitación media aumente, en las masas terrestres de latitud media y regiones tropicales húmedas es probable que sean más intensos y frecuentes los episodios de precipitación extrema (IPCC, 2014).

Figura 4. Cambio en la precipitación media



Fuente. (IPCC, 2014)

2.4.Bonos y mercados de carbono

El mercado de carbono se refiere “al mercado en el que se obtienen y venden créditos de carbono, es decir, certificados de carbono, dentro de estándares definidos para la prevención o reducción de GEI” Haga clic o pulse aquí para escribir texto. mercado está desempeñando un papel cada vez más importante para abordar el cambio climático, (Haga clic o pulse aquí para escribir texto.. Pues lograr la neutralidad de carbono y ha sido muy reconocido por la comunidad internacional, debido a que el desarrollo bajo en carbono de industrias intensivas en energía es de vital importancia para lograr los objetivos energéticos y climáticos, Haga clic o pulse aquí para escribir texto., varios mercados de comercio de carbono se han establecido a nivel mundial, incluida la Unión Europea, California de los Estados Unidos y Nueva Zelanda. (B. Lin & Huang, 2022).

Un mercado de carbono son una herramienta eficaz para promover y mejorar la eficiencia de las reducciones de emisiones (Zhou et al., 2022), reducir los costos de transacción, reducir la fuga de emisiones, brindar disponibilidad de más instrumentos financieros y reducir el poder de mercado para los grandes participantes.(Xiao et al., 2022).

2.4.1. Enfoques de los mercados de carbono

Los mercados de carbono tienen dos enfoques principales:

Los sistemas basados en asignaciones funcionan donde las emisiones de GEI están reguladas por un límite que determina cuántas asignaciones de carbono puede emitir cada entidad, región o país. Por lo general, a los que se rigen por el plan se les permite negociar sus asignaciones, para que puedan cumplir con el tope de la manera más eficiente posible (Amos & Mensah, 2018).

Los sistemas basados en proyectos actúan a través de los Mecanismos de Flexibilidad del Protocolo de Kioto y el mercado voluntario de carbono, que permite el desarrollo de proyectos de abatimiento o secuestro de emisiones de GEI, recibiendo créditos de carbono (Amos & Mensah, 2018).

Los dos mecanismos basados en proyectos más destacados son el Mecanismo de desarrollo limpio (MDL) , que genera créditos de Reducción de Emisiones Certificadas (CER) en los países en desarrollo (Baredar et al., 2020) e Implementación Conjunta, que genera Unidades de Reducción de Emisiones (Li et al., 2015).

2.4.2. Tipos de mercado de carbono

Existen dos tipos de mercados. El mercado oficial y el mercado voluntario.

El mercado oficial es el cual está asociado con tratados internacionales como el Protocolo de Kioto y siempre está certificado, es decir, respaldado por normas contables y auditorías, en este mercado los países controlan en última instancia el mercado oficial y definen su tamaño a través de las regulaciones que establecen (Klein et al., 2015).

Los mercados voluntarios también cuentan con certificaciones, sin embargo, son de distintos grados de rigor y su precio de carbono es menor en comparación al mercado oficial, y

están compuestos, del lado del vendedor, por una variedad de instituciones, desde entidades corporativas con fines de lucro hasta instituciones no gubernamentales interesadas en promover preocupaciones ambientales y sociales (Benessaiah, 2012).

Capítulo II

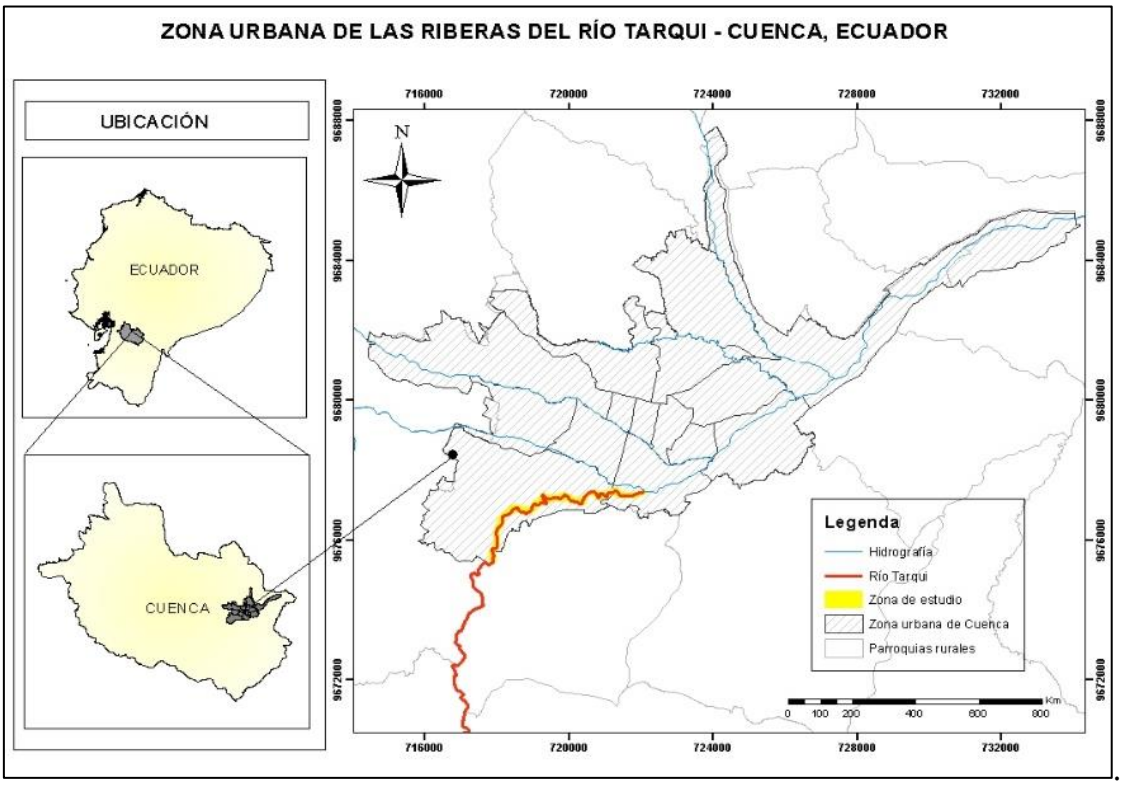
3 Materiales y Métodos

3.1. Diseño

El presente estudio comprendió la ribera del río Tarqui en su tramo urbano, cuyo inicio se da al suroeste de la ciudad de Cuenca, Ecuador, específicamente en el sector del Carmen de Guzho (Colegio de Arquitectos del Azuay) y termina en el sector del parque Botánico de Cuenca donde se une al río Yanuncay. Este tramo comprende una longitud de 6,81 km y el área de ribera es de 25,03 ha.

Para la recolección de datos, la zona de estudio se dividió en cuatro tramos: el primero (T1), desde la calle del Charango, sector Colegio de Arquitectos del Azuay hasta la Av. 12 de octubre, sector parque Tarqui Guzho; el segundo desde el final de T1 hasta la Av. Felipe ll sector Mall del río; el tercer tramo (T3), desde el final de T2 hasta la Av. 24 de Mayo; y el cuarto tramo (T4) desde el final de T3 hasta la Av. Francisco Moscoso sector del parque Botánico de Cuenca donde el río Tarqui se junta con el río Yanuncay. El área de estudio se observa en la figura 5.

Figura 5. Mapa de zona de estudio



3.2.Población y muestra

La población de este estudio fueron los árboles mayores a 1,5 m de altura de la ribera del río Tarqui. Para conseguir este objetivo se realizó observación y conteo in-situ mediante campañas de identificación y los resultados se registraron en un inventario forestal.

Una vez obtenida la población total, esta se separó en subpoblaciones considerando el tipo de especie de cada individuo identificado, y luego de dicha clasificación se determinó cuatro especies predominantes (dos nativas y dos introducidas) y se calculó el tamaño de muestra con la ecuación 1 (Sánchez, 2015), para realizar la medición de altura y DAP (diámetro a la altura del pecho) parámetros necesarios para el cálculo del carbono capturado:

$$n = \frac{Npq}{\frac{(N-1)E^2}{Z^2}+pq} \tag{2}$$

Donde:

n: tamaño de muestra

N: tamaño de población

Z: nivel de confianza (para una confianza del 95% Z= 1,96)

p: posibilidad de ocurrencia de un evento (p=5%=0,05)

q: posibilidad de no ocurrencia de un evento (q=1-p =0,95)

E: error de la estimación

3.3.Primera fase

3.3.1. Inventario forestal

Para realizar el inventario forestal se efectuó el levantamiento de información in-situ, basados en criterios de selección para la recolección de datos. Se consideró como objeto de estudio solo los árboles que superen 1,5 metros de altura ya que los de menor tamaño al estar aún en crecimiento son propensos a sufrir ciertas dificultades (tala, maltrato) que impidan su completo desarrollo. Por otro lado, para el reconocimiento botánico de las especies se tomó como base el Libro de árboles y arbustos de los ríos de la ciudad de Cuenca de los autores Minga Ochoa y Verdugo Navas, (2016) y otras fuentes bibliográficas como las de Muñoz y Vásquez (2020).

Equipos y materiales usados en el inventario forestal:

- 1 carpeta y formulario de registro.
- 1 cámara.
- 1 cinta métrica
- Lapiceros y esferos.

3.3.2. Cálculo de la diversidad

La diversidad de vegetación se calculó mediante el índice de Shannon-Wiener (Shannon y Weaver, 1949). Este índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son pi...pS) y es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades. La fórmula es la siguiente (Z. Aguirre, 2013):

$$H^{\acute{}} = -\sum_{i=1}^{S}[p_i(log_2 p_i)] \quad (2)$$

Donde:

S: número de especies (la riqueza de especies)

p_i: proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i) $=n_i/N$

n_i =número de individuos de la especie i

N=número de todos los individuos de todas las especies

3.4.Segunda Fase

3.4.1. Estimación de la captura de carbono de especies arbóreas

Una vez obtenidos los datos del inventario se determinaron las cuatro especies predominantes (dos nativas y dos introducidas).

A continuación, para estimar la captura de carbono de la vegetación arbórea se utilizó la metodología implementada por (Muñoz & Vásquez, 2020), misma que se detalla a continuación.

- Diámetro a la altura de pecho (DAP)

Para el cálculo del DAP. Primeramente, se midió in situ la circunferencia a la altura de pecho (CAP) con una cinta métrica y luego se aplicó la siguiente fórmula:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (3)$$

Dónde:

- *DAP*: Diámetro a la altura de pecho [cm].
- *CAP*: Circunferencia a la altura de pecho [cm].

- Medición de la altura total del árbol

Para este dato se utilizó un hipsómetro que permitió conocer la altura del árbol muestreado.

- Determinación del peso verde de la biomasa aérea

Para la determinación del peso verde de la biomasa aérea de especies forestales se utilizará la siguiente fórmula:

$$Bva = a\ D^b\ H^c \quad (4)$$

Dónde:

- *Bva*: Biomasa verde aérea [kg].
- *D*: Diámetro a la altura de pecho [cm].
- *H*: Altura total [m].
- *a*: 0,026.
- *b*: 1,529.
- *c*: 1,747

- Determinación del peso verde de la biomasa radicular

La biomasa radicular es aquella que abarca toda la biomasa viva de las raíces y se calculó tomando el 20% del peso de la biomasa área.(Arana et al., 2018)

- Determinación del peso verde de la biomasa total

Para la determinación de la biomasa total se utilizó la siguiente fórmula:

$$Bvt = Bva + Bvr \quad (5)$$

Dónde:

- Bvt: Biomasa verde total [kg].
- Bva: Biomasa verde aérea [kg].
- Bvr: Biomasa verde radicular [kg].

- Cálculo de la biomasa seca

La biomasa seca con siguiente ecuación (biomasa en forma natural con una humedad menor al 60%).

$$Bs = Bvt - (Bvt * 40/100)$$

Dónde:

- *Bs*: Biomasa en peso seco [kg].
- *Bvt*: Biomasa verde total (peso verde) [kg].

- Cálculo de carbono aéreo total

Para calcular el carbono aéreo con la siguiente ecuación en la cual se multiplicará por un factor de 0,5 a la biomasa aérea, dicho factor pertenece a la biomasa seca que se obtuvo a través de una ponderación interespecífica y específica de factores de contenido de carbono, de ramas, hojas y raíces.

$$CAT = 0{,}5Bs \quad (6)$$

Dónde:

- *CAT*: Carbono aéreo total [kg].
- Biomasa en peso seco [kg].

- Cálculo del carbono radicular

El carbono radicular se calcula a través de un método indirecto en donde se relaciona el carbono aéreo y la relación media que existe entre la biomasa del suelo que tiene un valor de 0,24. Se usó la siguiente ecuación.

$$CR = 0{,}24CAT \tag{7}$$

Dónde:

- *CR*: Carbono radicular [kg].
- *CAT*: Carbono aéreo radicular [kg].

- Cálculo carbono total

Para calcular el carbono total se suma el carbono aéreo total y el carbono radicular, con la siguiente ecuación:

$$CT = CAT + CR \tag{8}$$

Dónde:

- *CT*: Carbono total [kg].
- *CAT*: Carbono aéreo total [kg].
- *CR*: Carbono radicular [kg].

- Cálculo del dióxido de carbono capturado

Para el cálculo del dióxido de carbono se utilizó la siguiente ecuación:

$$CO_2 = \frac{3{,}6663CT}{1000} \tag{9}$$

Dónde:

- CO_2: Carbono capturado en toneladas de dióxido de carbono [Tn].
- *CT*: Carbono total almacenado [kg].

- 3,6663: Factor de conversión a dióxido de carbono, el cual es el resultado del cociente de los pesos moleculares de carbono y dióxido de carbono es decir el peso de las emisiones/ peso atómico del carbono siendo:

    - Peso atómico del CO2: 43,999915 [gr/mol].
    - Peso atómico del carbono: 12,001115 [gr/mol].
    - 1000: Factor de conversión de kilogramos a toneladas.

3.5.Tercera fase

3.5.1. Valoración económica

Los beneficios económicos asociados con el almacenamiento de carbono se estiman utilizando la tasa de secuestro neto de carbono y el costo de los bonos de carbono ofertados en el mercado. Para el valorar el secuestro de carbono en la ribera del río Tarqui se utilizó la ecuación 10 (Morales & Vásquez, 2019).

$$Ve = CO_2 \times Precio\ del\ mercado \tag{10}$$

Donde:

- Ve: Valor económico de carbono capturado [USD].
- CO_2: Dióxido de carbono capturado [Ton].

3.5.2. Análisis costo-beneficio

El análisis del costo-beneficio se describe una valoración cuantitativa de un determinado proyecto, y se considera como una herramienta para tomar decisiones de cualquier tipo, e “involucra, de manera explícita o implícita, determinar el total de costos y beneficios de todas las alternativas para seleccionar la mejor o más rentable” (Aguilera Díaz, 2017).

3.5.2.1.Relación Costo-Beneficio (B/C)

La relación Costo-Beneficio permite evaluar viabilidad de un proyecto mediante la relación entre los egresos e ingresos, cuyo valor determiná la viabilidad del proyecto se calcula con la ecuación 1 (Muñoz & Vásquez, 2020):

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC+I_o} \tag{11}$$

Donde:

- VAI: valor actual de los ingresos netos.
- VAC: valor actual de los egresos netos.
- I_o: inversión inicial del proyecto.

La relación Costo-Beneficio tiene tres criterios:

- Si B/C>1: la ejecución del proyecto dará rentabilidad
- Si B/C = 1: la ejecución del proyecto es indiferente no se recomienda realizarlo.
- Si B/C< 1: la ejecución del proyecto dará rentabilidad

3.5.2.2.Valor Actual Neto (VAN)

De acuerdo con (Mete, 2014) el VAN de un proyecto "es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos periódicos y los egresos periódicos". Se calcula con la siguiente ecuación (Muñoz & Vásquez, 2020):

$$VAN = -Inversión + \sum_{n=0}^{n} \frac{I_n - E_n}{(1+i)^t} \tag{12}$$

Donde:

I_n: Ingresos obtenidos

E_n: El Egresos generados

i: La tasa de descuento

Los criterios de VAN pueden ser (Muñoz & Vásquez, 2020):

- Si VAN > 0: el proyecto debe ejecutarse si este genera ganancias
- Si VAN= 0: es indiferente realizar la inversión, no habrá ganancias ni perdidas
- Si VAN < 0: el proyecto no debe ejecutarse ya que no genera ganancias.

3.5.2.3. Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como "la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del VAN, hace que este sea igual a 0"(Mete, 2014). Se obtiene con la siguiente ecuación (Muñoz & Vásquez, 2020):

$$TIR = -Inversión + \sum_{n=0}^{n} \frac{I_n - E_n}{(1+i)^t} = 0 \quad (13)$$

Donde:

I_n: Ingresos obtenidos

E_n: El Egresos generados

i: La tasa de descuento

Los criterios del TIR son los siguientes (Mete, 2014):

- Si la TIR> *i:* el proyecto se aprueba
- Si la TIR < *i* el proyecto no se aprueba
- Si la TIR = *i:* es indiferente ejecutar el proyecto, no habrá ni ganancias ni perdidas

4 Resultados y Discusión

4.1. Inventario forestal

En la ribera urbana del río Tarqui se identificaron 33 especies arbóreas de las cuales el 30,3 % (10) son nativas y el 69,7% (23) son introducidas. De esta lista se discriminó cuatro

especies predominantes, resultando *Eucalyptus globulus* (1540 individuos) y *Populus alba* (51 individuos) como las especies introducidas sobresalientes. Mientras que, para las especies nativas, *Salix humboldtiana* (310 individuos) y *Alnus acuminata* (60 individuos) fueron las de mayor presencia.

Tabla 1. Lista de especies de la ribera Urbana del río Cuenca.

Nombre común	Nombre científico	Origen	# de individuos
Acacia	*Acacia dealbata Link*	Introducida	34
Acacia negra	*Acacia melanoxylon*	Introducida	17
Álamo blanco	*Populus alba L.*	Introducida	51
Aliso	*Alnus acuminata Kunth*	Nativa	63
Arupo	*Chionanthus pubescens Kunth*	Nativa	5
Capulí	*Prunus serótina Ehrh*	Nativa	38
Cedro	*Cedrela montana Moritz ex Turcz*	Introducida	25
Cepillo	*Callistemon lanceolatus Sweet*	Introducida	10
Cepillo blanco	*Callistemon salignus (Sm.) Sweet*	Introducida	17
Cereza magenta	*Syzygium paniculatum (Lam.) DC.*	Introducida	3
Ciprés	*Cupressus macrocarpa Hartw*	Introducida	48
Cucarda	*Hibiscus rosa-sinensis L.*	Introducida	3
Eucalipto	*Eucalyptus globulus Labill*	Introducida	1540
Eucalipto limón	*Eucalyptus citriodora Hook*	Introducida	3
Fresno	*Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth*	Introducida	28
Guaba	*Inga edulis*	Nativa	6
Guabisay	*Podocarpus sprucei Parl*	Nativa	8
Guaylo	*Delostoma integrifolium*	Nativa	6
Huesito	*Pittosporum undulatum Vent*	Introducida	6
Jacaranda	*Jacaranda mimosifolia D. Don*	Introducida	10
Molle	*Schhus molle L*	Introducida	8
Mora de árbol	*Morus nigra*	Introducida	2
Níspero	*Eriobotrya japonica*	Introducida	2
Nogal	*Uglans neotropica Diels*	Nativa	5
Palo de fierro	*Myrrhinium atropurpureum Schott*	Nativa	1
Pino	*Pinus radiata*	Introducida	3
Ramo de novia	*Yucca guatemalensis Baker*	Introducida	32
Sauce	*Salix humboldtiana.*	Nativa	310
Tilo	*Sambucus mexicana C. Presl ex DC.*	Introducida	18

Turbinto	*Schinus terebinthifolia Raddi*	Introducida	4
U rapan	*Fraxinus excelsior L.*	Introducida	4
Yubar	*Myrsine andina (Mez) Pipoly*	Nativa	13

4.2.Diversidad de especies

La diversidad de especies arbóreas, calculada bajo el índice de Shannon (H´) fue de 2,36 cuyo valor está dentro de los valores típicos de este índice para bosques urbanos que oscilan entre 1,5 y 4,3 (Love et al., 2022).Otros estudios realizados en centros urbanos indicaron un H' de 2,47 para sitios de vivienda y 1,63 para parques en la ciudad de Westminster, Inglaterra (Roebuck et al., 2022). Mientras que Wei et al. (2022) indicaron valores máximos de H'=2,5 en 49 parques forestales urbanos en 13 ciudades de China. Estos resultados demuestran la tendencia de las ciudades a tener una alta diversidad de árboles. Por otro lado, en comparación a ecosistemas rurales el H' obtenido en este estudio fue inferior pero bastante próximo al logrado en un bosque deciduo tropical donde se informó un H'=2,55 (Soler et al., 2012).

Figura 6. Representación gráfica de las especies nativas de la ribera del río Tarqui

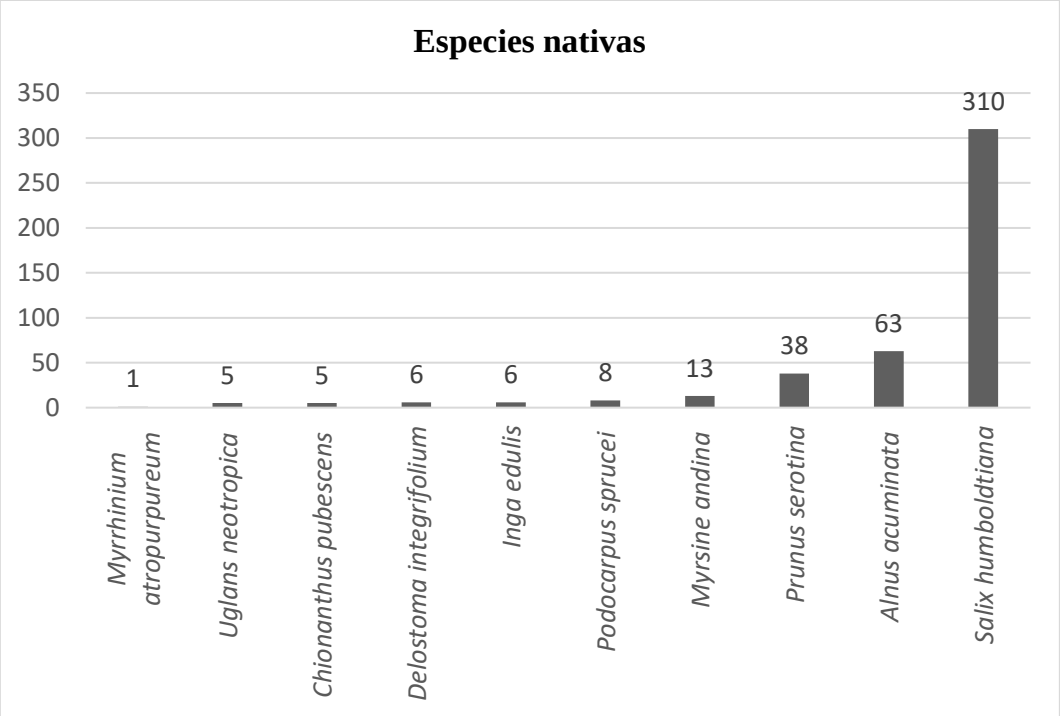
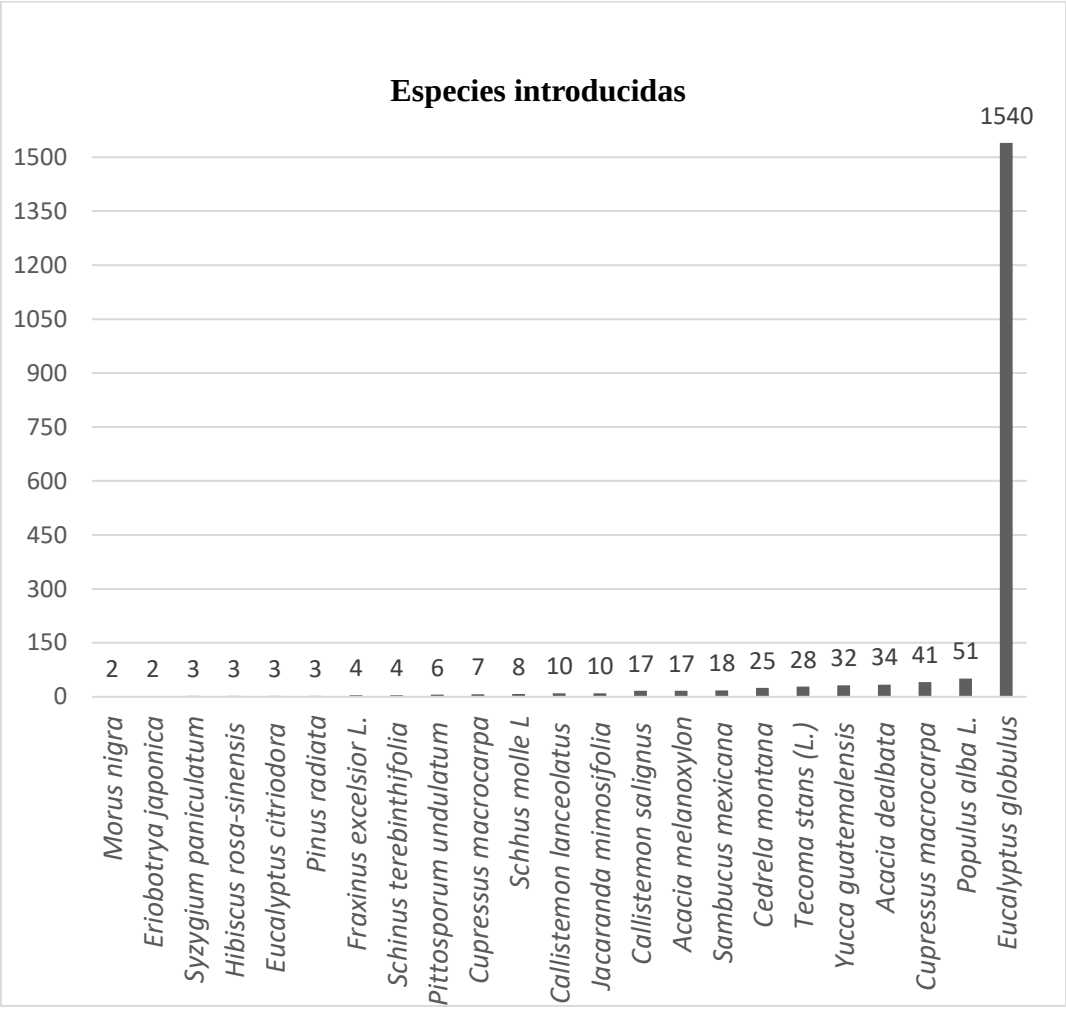


Figura 7. Representación gráfica de las especies introducidas de la ribera del río Tarqui



4.3. Características morfométricas

4.3.1. Altura del árbol en pie

De las especies analizadas, *Eucalyptus globulus* registro el mayor promedio con 39,26 m, además esta especie registro el individuo con mayor altura que fue de 61,75 m. Por otro lado, la especie con menor altura promedio fue *Populus alba* con 9,02 m, los datos de las cuatro especies se indican en la tabla 1.

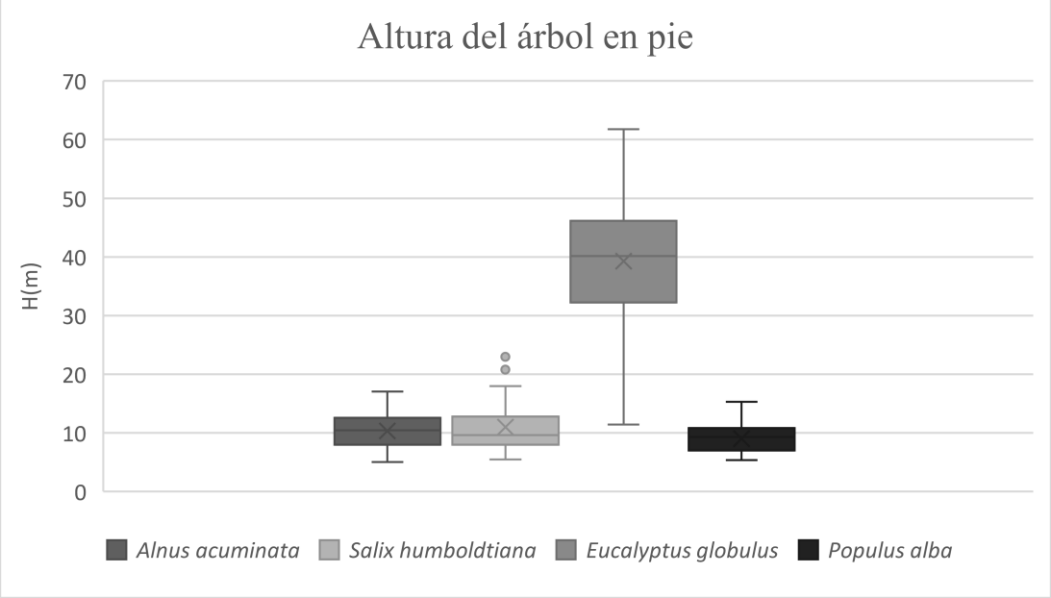
Se pudo identificar también, que la variabilidad de datos se distribuye de manera uniforme para todas las especies analizadas, excepto para *Salix humboldtiana* que presenta

valores atípicos que sobrepasan la distribución de cuartiles. Sin embargo, esto se puede atribuir a que cada árbol tiene una variada capacidad y velocidad de crecimiento, y variables como la luz solar, disponibilidad de nutrientes, competencia y adaptabilidad serán factores claves para la morfología de la especie. Además, se identificó semejanza de altura entre *Salix humboldtiana*, *Populus alba* y *Alnus acuminata* como se observa en diagrama de cajas y bigotes de la figura 6.

Tabla 2. Altura de las especies arbóreas analizadas

Especie		*Alnus acuminata*	*Salix humboldtiana*	*Eucalyptus globulus*	*Populus alba*
Altura (m)	Promedio	10,33	11,01	39,26	9,02
	Mínimo	5,02	5,48	11,45	5,39
	Máximo	17,07	22,96	61,75	15,30

Figura 8. Diagrama de cajas y bigotes de la altura de las especies analizadas



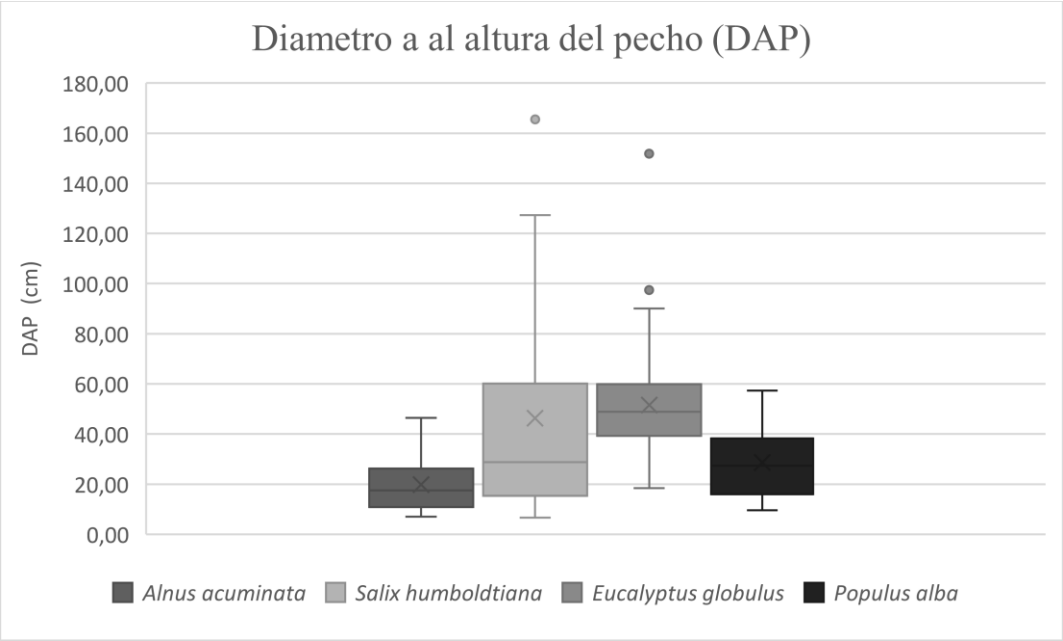
4.3.2. Diámetro a la altura del pecho

La especie con mayor DAP fue *Eucalyptus globulus* registrado un promedio de 51,61 cm. Por el contrario, *Alnus acuminata* fue la especie con menor DAP con un valor medio de 19,79 cm, los valores de todas las especies se indican en la tabla 2. Con relación a la variabilidad de datos muestreados las especies que presentaron valores atípicos fueron *Eucalyptus globulus* y *Salix* humboldtiana (ver figura 7). Sin embargo, estos valores no generan inquietud en tratamiento de datos, debido a que la morfología de cada árbol es diferente como se explicó anteriormente, por lo que se precisa trabajar con promedios a partir de la muestra de estudio.

Tabla 3. DAP de las especies arbóreas analizadas

Especie		*Alnus acuminata*	*Salix humboldtiana*	*Eucalyptus globulus*	*Populus alba*
	Promedio	19,79	46,34	51,61	28,60
DAP (cm)	Mínimo	7,00	6,68	18,46	9,55
	Máximo	46,47	167,43	151,83	57,30

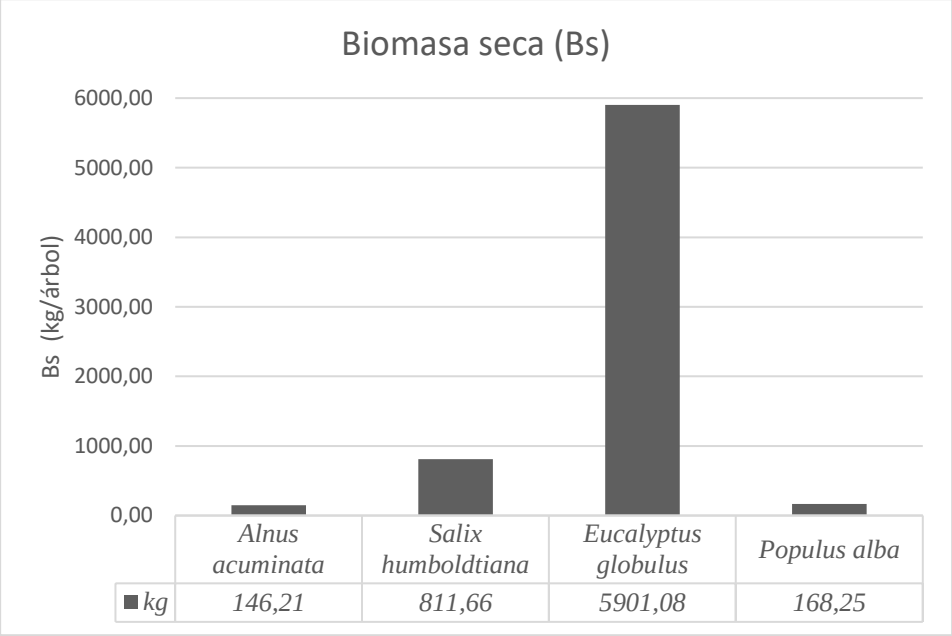
Figura 9. Diagrama de cajas y bigotes del DAP de las especies analizadas



4.3.3. Biomasa seca

Con relación a la biomasa seca *Eucalyptus globulus* es la especie con mayor peso al tener un promedio de 5901,08 kg por cada individuo. Luego le sigue *Salix humboldtiana* con 811,66 kg. Y finalmente *Populus alba* y *Alnus acuminata* con 168,25 kg y 146,21 kg respectivamente (ver figura 8).

Figura 10. Biomasa seca de las especies analizadas



4.4.Captura de carbono

La captura de carbono de la ribera del río Tarqui que contabiliza los resultados de las cuatro especies analizadas es de 21260,98 Tn, de este total, las especies introducidas representan el 97,22 % mientras que las nativas el 2,88%, evidenciándose que existe una amplia diferencia de capacidad de captura considerando el tipo de origen de los árboles.

De las cuatro especies analizadas *Eucalyptus globulus* es la que posee mayor potencial de captura con una capacidad de 13,41 Tn/árbol. Luego se encuentra, *Salix humboldtiana* con

el 1,84 Tn/árbol, en tercer lugar, está *Populus alba L* con 0,38 Tn/ árbol y finalmente *Alnus acuminata* con 0,33 Tn/ árbol.

Tabla 4. Potencial de captura de carbono de las especies analizadas

Tipo de origen	**Especie**	n_i	**CO_2 capturado (Tn/árbol)**	**CO_2 capturado por especie (Tn)**	**CO_2 capturado por tipo de origen (Tn)**	**CO_2 capturado total (Tn)**
Nativas	*Salix humboldtiana*	310	1,84	570,4	590,2	21260,98
	Alnus acuminata	60	0,33	19,8		
Introducidas	*Eucalyptus globulus*	1540	13,41	20651,4	20670,78	
	Populus alba L.	51	0,38	19,38		

En cuanto a la densidad de captura de carbono, la ribera del río Tarqui tiene un potencial de captura de 849,42 Tn de CO_2/ha, valor que supera a lo indicado en otros estudios similares que fueron ejecutados en vegetación arbórea urbana, como, por ejemplo, al realizado por Pintado y Astudillo (2021) en las riberas de los ríos Santa Bárbara y San Francisco en Gualaceo, Ecuador, donde obtuvieron 436,07 Tn/ha. De igual manera a lo logrado por Shadman et al. (2022) que reportaron 393,54 Tn/ha y a los resultados de Muñoz et al. (2022) cuyo potencial fue de 177,01 Tn/ha, ambos estudios realizados en arbolados de parques urbanos, en Dhaka, Bangladés y Cuenca, Ecuador respectivamente.

Los resultados obtenidos también indican que en la vegetación arbórea existe mayor potencial de captura en comparación a otros tipos de formaciones vegetales, a saber, supera

significativamente al potencial de secuestro de un tolar y pajonal que están compuestas principalmente por asteráceas y gramíneas y que de acuerdo con Medina et al. (2020) su potencial de captura es de 4,66 Tn/ha y 16,84 Tn/ha respectivamente, así mismo supera al potencial de captura de pastos cuyo valor determinado por Pérez et al. (2019) fue de 14,8 Tn/ha. De la misma manera supera al potencial de secuestró de diferentes cultivos, por ejemplo, a policultivos de maíz que se ha reportado captura 149,70 Tn/ha (Quito, 2018) y a cultivos de trigo cuyo potencial fue de 6,78 (Sarangle et al., 2018). Por el contrario, la bibliografía disponible a demostrado que las formaciones vegetales con mayor potencial de captura de carbono son los manglares Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Valores de hasta 1049 Tn/ha (Kauffman & Rupesh, 2017). De hecho, los bosques de manglares pueden almacenar de tres a cuatro veces más carbono que los bosques que se encuentran en la tierra (Nyanga, 2020).

Tabla 5. Captura de CO2 en diferentes formaciones vegetales

Tipo de vegetación	**Sitio de estudio**	**CO_2 capturado (Tn/ ha)**	**Referencia**
Bosque urbano (ribera de río)	Cuenca, Ecuador	849,42	Presente estudio
Árboles de parques urbanos	Gualaceo, Ecuador	491,88	(Pintado & Astudillo, 2021)
Bosque urbano (ribera de río)		436,07	
Árboles de parques urbanos	Dhaka, Bangladés	393,54	(Shadman et al., 2022)

Árboles de parques urbanos	Cuenca, Ecuador	177,01	(Muñoz et al., 2022)
Bosque natural de Pino encino	Tamaulipas, México	110,01	(Rodríguez et al., 2009)
Policultivos de maíz	Cuenca, Ecuador	149,70	(Quito, 2018)
Cultivos de trigo	Punjab, India	6,78	(Sarangle et al., 2018)
Tolar	Reserva Nacional de Salinas y Aguada Blanca, Perú	4,66	(Medina et al., 2020)
Pajonal		16,84	
Pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*)	Antioquia, Colombia	14,8	(Pérez et al., 2019)

Por otro lado, con relación a la densidad de captura de carbono (ver tabla 5), *Eucalyptus globulus* fue la especie con mayor potencial de captura alcanzado 825,07 Tn/ha, valor que fue más alto que lo informado para *Eucalyptus tereticornis* (654.91 Tn/ha) en India (Sarangle et al., 2018) y para *Eucalyptus grandis* (312,10 Tn/ha) en Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador (Ramírez & Chagna, 2019). La diferencia entre los resultados se puede atribuir a que la capacidad de captura de *Eucalyptus* es dependiente a la edad del árbol, esto lo demostró Du et al. (2015) que estudiaron rodales de plantaciones de *Eucalyptus* a cinco edades (de uno a ocho años) cuyos resultados estuvieron entre 6,8 y 75,5 Tn/ha.

En relación con *Salix humboldtiana* su densidad de captura fue de 22,79 Tn/ha, para *Alnus acuminata* fue 0,79 y 0,77 Tn/ha para *Populus alba*. Nuestros resultados fueron inferiores a lo reportado en otros estudios que indicaron 76,6 y 80,1 Tn/ha para *Salix* y *Populus* (Rytter, 2012). Las variaciones en los resultados se deben generalmente a la densidad de árboles en el área de estudio. Por ejemplo, en el caso de *Alnus acuminata*, Cyamweshi et al. (2021) obtuvieron 13,6 Tn/ha en un área donde hubo 130–161 árboles/ha. Mientras que en otro estudio realizado en parque Nacional Podocarpus en Loja, Ecuador que tenía 120 árboles/ha, se estimó 85,65 Tn/ha (Aulestia-Guerrero et al., 2018). En cambio, en nuestro estudio la densidad para el aliso fue de 2,3 árboles/ha. Por tal motivo es evidente el amplio rango de diferencia entre los resultados.

Tabla 6. Densidad de captura de CO_2

Especie	Captura de CO_2 (Tn)	Densidad de CO_2 capturado (Tn /ha)
Alnus acuminata	19,8	0,79
Salix humboldtiana	570,4	22,79
Eucalyptus globulus	20651,4	825,07
Populus alba	19,38	0,77
Total	21260,98	849,42

4.5.Valoración económica

El análisis del beneficio económico se realizó para los dos tipos de mercado, para siete entidades pertenecientes al mercado de cumplimiento y tres entidades pertenecientes al mercado voluntario. Los resultados de valor monetario se indican en la siguiente tabla:

Tabla 7. Análisis económico de la venta de bonos de carbono

Mercado de cumplimiento				
Entidad	**País de origen**	**Precio USD**	**Referencia**	**Valor total USD**
SENDECO2	España	$ 86,84	(SENDECO2, 2022)	$ 1.846.303,50
European Energy Exchange	Unión Europea	$ 83,93	(EEX, 2022)	$ 1.784.434,05
Tanjiaoyi Mews Service	China	$ 11,98	(K.Tanjiaoi, 2022)	$ 254.706,54
Jarden Commtrade	Nueva Zelanda	$ 74,75	(CommTrade Carbon, 2023)	$ 1.589.258,26
RGGI,Inc	Estados Unidos	$ 12,99	(RGGI, 2021)	$ 276.180,13
Cap-and-Trade	Estados Unidos	$ 28,04	(California Air Resources Board, 2012)	$ 596.157,88
Dirección General de Acción por el Clima (DG CLIMA)	Unión Europea	$ 86,07	(Comisión Europea, 2022)	$1.829.932,55
Mercado voluntario				
Entidad	**País de origen**	**Precio USD**	**Referencia**	**Valor total USD**
Deloitte Touche Tohmatsu	Reino Unido	$ 53,32	(Deloitte, 2022)	$ 1.133.635,46
FERRERE	Sudamérica (Paraguay,Bolivia, Uruguay)	$ 27,00	(FERRERE, 2022)	$ 574.046,46
Ecosystem Marketplace	Estados Unidos	$ 3,74	(Ecosystem Marketplace, 2022)	$ 79.516,07

El mejor beneficio económico se puede obtener con la venta del bono de carbono a Sendenco2 cuyo valor sería de $ 1.846.303,50 USD, sin embargo, la segunda opción también es bastante comprometedora pues se obtendría $ 1.784.434,05 USD, con la venta a European Energy Exchange, estas dos entidades pertenecen al mercado de cumplimiento. Por otro lado, el beneficio menos favorable se encuentra en el mercado voluntario con Ecosystem Marketplace cuyo bono tiene un precio de $ 3,74 USD lo que significaría $ 79.516,07 USD de beneficio para el proyecto.

Se han realizado varios estudios de valoración económica por captura de carbono en Ecuador, por ejemplo, Maza (2019) indicó un valor de $ 12 144 790.84 por el servicio ecosistémico de secuestro de carbono del Bosque Buenaventura, en la provincia de El Oro, Ecuador. En cambio Muñoz et al. (2022) reportaron un valor de $ 283.302,50 USD por la captura de CO_2 en los árboles de los parques de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Los precios del bono de carbono para dichos estudios fueron de $ 20,00 USD y $ 24,81 USD respectivamente.

Otro estudio realizado en el Bosque Protector Cerro Blanco en Guayaquil, Ecuador obtuvo una valoración de $850.210,76 USD (Cervantes et al., 2022). Mientras que en los bosques de la Reserva Tapichalaca de la provincia de Zamora Chinchipe, Ecuador se calculó un valor de $822.263,05 USD (Bolaños et al., 2022). Así mismo, Aguirre y Erazo (2017) estimaron un valor de $ 183.582.000,00 USD como beneficio por la captura de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. En estos tres estudios analizados se consideraron CER valorados en $0,25, $0,15 y $ 5 USD/CER, respectivamente.

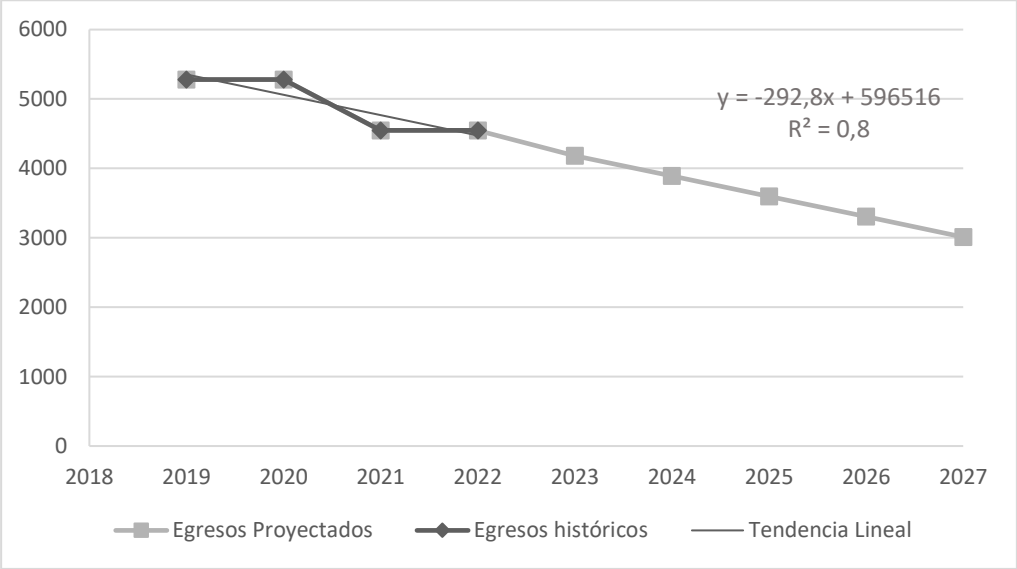
En relación con proyectos beneficiados por la venta de bonos de carbono el Ecuador ya ha recibido beneficios, por ejemplo, según Gallegos (2012) el Estado ecuatoriano desde el 2003 aspiró "recibir 4,6 millones de dólares anuales durante diez años por reducir más de 400.000 Tn de emisiones de carbono, gracias a un proyecto a escala nacional de uso de focos

ahorradores", mientras que en otro proyecto de generación de energía eléctrica en la Amazonia ecuatoriana el país habría de recibir 20 millones de dólares por la venta de bono de carbono (el Universo, 2011). Esto de mutra que es posible generar proyectos orientados a la venta de bonos de carbono. Sin embargo, "el valor del derecho de emisión de CO_2 es muy volátil y factores como el clima, situaciones político-económicas y el volumen de asignaciones a nivel europeo, influyen directamente en su evolución"(Páez & Recalde, 2016).

4.5.1. Determinación de Egresos

Para determinar los costos del proyecto, se solicitó información de los costos de Mantenimiento de las áreas Verdes del Río Tarqui a la Empresa Municipal de Aseo para Cuenca EMAC EP, obteniendo como respuesta los datos presentados en el Anexo 2. A continuación, con estos valores se procedió a proyectar los egresos de los próximos 5 años, aplicando el método matemático de regresión lineal, que dejó como resultado un valor de $R^2 = 0{,}08$ (ver figura 11)

Figura 11. Modelo de regresión lineal de egresos proyectados hasta el año 2027 (10 periodos)



4.5.2. Análisis económico del proyecto

4.5.2.1.Flujos de Efectivo

Los ingresos para utilizar en el flujo de efectivo son el producto del precio medio por ha, ofrecido por las empresas de cada continente y la cantidad de área (ha), destacando al ser un contrato forward (precio fijado en una fecha determinada) el precio no varía durante los próximos 5 años. Cómo se puede evidenciar en el Anexo 3. Los costos de mantenimiento son los proyectados en base a la información ofrecida por la EMAC EP. El costo de $154.041,00 corresponde a la inversión inicial ha sido tomada como referencia de un proyecto similar de Aguirre et al. (2017) realizado en la ciudad de Loja, Ecuador.

4.5.2.2.Mercados de Cumplimiento y Mercados Voluntarias

Para el análisis económico del proyecto se procedió a realizar el flujo de efectivo proyectado para cada uno de los escenarios y sus distintas variables, tomando como característica de diferenciación los tipos de mercado según su continente, en este caso; mercado europeo, americano, oceánico y asiático. A partir de cada "Flujo Proyectado" se realizó el análisis económico de viabilidad de cada mercado, utilizando tres indicadores financieros para evaluación económica como lo son el VAN, TIR y B/C. Los resultados obtenidos indican que en el Escenario 1 de mercado de cumplimiento todas las opciones son viables, destacando que el mercado europeo y oceánico son los que generan mayor rentabilidad. Por su parte en el Escenario 2 Mercados Voluntarios, el mercado europeo es el que genera mayores ganancias, al menos el doble de lo que se generaría en los mercados de América del Sur, Sin embrago, existe un mercado que no es factible, el mercado de América del norte, que dieron un resultado negativo en cada uno de los indicadores utilizados. Esto se lo puede evidenciar en la tabla 8.

Tabla 8. Análisis de viabilidad económica

Escenario 1 Mercado de cumplimiento

Mercado	VAN	TIR	B/C	Criterio
Europeo	$6.077.007,62	1114%	13,54309558	Factible
Oceánico	$5.244.430,08	964%	11,82463473	Factible
Americano	$1.087.801,39	217%	3,245249251	Factible
Asiático	$433.669,82	98%	1,895105339	Factible
Escenario 2 Mercado Voluntario				
	VAN	TIR	B/C	Criterio
Europeo	$3.602.011,87	669%	8,434642508	Factible
América del Sur	$1.584.818,76	306%	4,271105522	Factible
América del Norte	-$197.852,62	-66%	0,591627245	No Factible

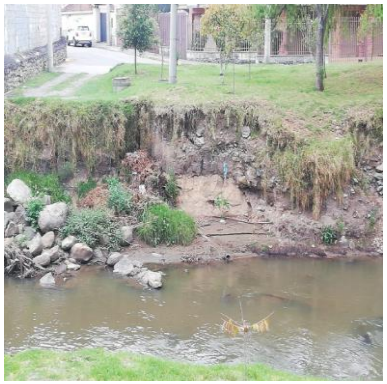
4.6.Plan de manejo

Problemática	Impacto generado	Evidencia	Programas de manejo ambiental	Actividades	Valor Aproximado
Basura arrojada en las orillas de los ríos	• Contaminación al agua, suelo y aire • Impacto paisajístico • Ocasiona vectores como ratas, mosquitos.		Programa de control y manejo de desechos en las riberas del rio Tarqui.	Realizar educación ambiental sobre el manejo correcto de residuos sólidos.	1200
				Colocación de contenedores para residuos sólidos con su respectiva señalización.	450
Bajo índice de diversidad de flora nativa	• Pérdida de biodiversidad • Peligro de extinción de	De todas las especies arbóreas de la ribera del Rio Tarqui, el 72,73% son especies introducidas	Programa de reintroducción de especies arbóreas nativas.	Identificar las zonas en donde predominen especies introducidas	2500

	especies autóctonas			para minimizar la población de dichos árboles. Para lograr el objetivo es necesario la tala de árboles introducidos y como medida de compensar se reforestará con especies nativas.	
Tala y destrucción de arboles	• Daño a los hábitats • Erosión del suelo • Pérdida de biodiversidad		Programa de control y monitoreo de la flora existente en la ribera del rio Tarqui.	Socialización del proyecto con los colindantes a las riberas del rio Tarqui y todos los usuarios interesados.	200

				Generar un plan de monitoreo y control que permita la alerta temprana sobre el daño a la vegetación existente.	500
Vertimiento de desagües	• Daños a la salud • Contaminación al agua • Afectación a la biodiversidad marina		Programa de monitoreo de vertimientos ilícitos o que estén ocasionando algún impacto al rio Tarqui.	Identificación y evaluación de las tuberías de desagües que están direccionadas al rio y ocasionan impactos.	250

				Notificación a la autoridad competente de los posibles impactos identificados.	
Falta de control de edificaciones cerca del rio	• Afectación al bienestar de las personas • Contaminación al agua		Programa de control de construcción y riesgo de obras civiles en las riberas del rio Tarqui.	Realizar una inspección y evaluación de las edificaciones que incumplan el retiro de construcción a la orilla del rio y	400

				otras obras civiles que se encuentren en riesgo de colapso.	
Deslizamiento y hundimientos de las orillas	• Daños estructurales a las edificaciones cercanas • Arrastre de solidos • Disminuye la calidad del agua • Peligro a la integridad de los habitantes		Programa de evaluación y recuperación de zonas afectadas por deslizamientos.	Identificar las zonas afectadas o propensas a deslizamientos en las orillas del rio Tarqui. Construcción de barreras de protección por ejemplo muros de contención o muros de gaviones para detener los deslizamientos.	5000

Depósito de escombros	• Contaminación al agua • Impacto paisajístico • Alteración de drenajes naturales		Programa de monitoreo para el control de depósito de escombros.	Crear un plan de monitoreo por los habitantes cercanos a la orilla del rio para controlar y evitar el depósito de escombros. Crear concientización y difundir las sanciones que existen por estos actos y fortalecer dichas sanciones.	400

5 Conclusiones y Recomendaciones

- En la ribera urbana del río Tarqui se identificaron 33 especies arbóreas de las cuales el 30,3 % (10) son nativas y el 69,7% (23) son introducidas y la diversidad calculada bajo el índice de Shannon (H´) fue de 2,36 cuyo valor está dentro de los valores típicos de este índice para bosques urbanos que oscilan entre 1,5 y 4,3
- Las cuatro especies predominantes fueron *Eucalyptus globulus* (1540 individuos) y *Populus alba* (51 individuos) para las especies introducidas sobresalientes. Mientras que, para las especies nativas, *Salix humboldtiana* (310 individuos) y *Alnus acuminata* (60 individuos) fueron las de mayor presencia.
- La captura de carbono de la ribera del río Tarqui que contabiliza los resultados de las cuatro especies analizadas es de 21260,98 Tn, de este total, las especies introducidas representan el 97,22 % mientras que las nativas el 2,88%.
- De las cuatro especies analizadas *Eucalyptus globulus* es la que posee mayor potencial de captura con una capacidad de 13,41 Tn/árbol. Luego se encuentra, *Salix humboldtiana* con el 1,84 Tn/árbol, en tercer lugar, está *Populus alba L* con 0,38 Tn/ árbol y finalmente *Alnus acuminata* con 0,33 Tn/ árbol. Los hallazgos indicaron que el potencial de captura de carbono de los árboles es dependiente de su morfología que se rige por factores tales como el sitio edáfico, las condiciones climáticas, las presiones antropogénicas, las condiciones topográficas, la edad, etc.
- Con relación a la valoración económica mejor beneficio se puede obtener con la venta del bono de carbono a Sendenco2 cuyo valor sería de $ 1.846.303,50 USD, mientras que el beneficio menos favorable se encuentra en el mercado voluntario con Ecosystem Marketplace cuyo bono tiene un precio de $ 3,74 USD lo que significaría $ 79.516,07 USD de beneficio para el proyecto.
- El plan de manejo realizado para el río Tarqui nos servirá primeramente para mejorar la calidad de vida de las personas ya que el plan ayudara a que prevalezca los servicios ecosistémicos que proporciona la ribera del rio Tarqui, por ejm: captura de carbono, mejorar la calidad del aire, a la regulación y saneamiento del agua, beneficios recreativos, a la regulación del clima, control de erosión, control de enfermedades y plagas, mantener la fertilidad del suelo. Y en segundo lugar contribuirá para mejorar la

calidad del ecosistema tanto en su flora y fauna, pues los programas permitirán la minimización de las presiones antropogénicas (x ejm: contaminación por basura, escombros, especies, vertimiento de líquidos contaminantes, etc.) hacia este sistema natural.

6 Referencias

Aguilera Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, *11*(2), 322–343. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Aguirre, N., & Erazo, A. (2017). Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *7*(1), 89–107. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/188

Aguirre, N., Erazo, A., & Granda, J. (2017). Posibilidades de comercialización de bonos de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *7*(2). https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/324

Aguirre, Z. (2013). *Guia de Metodos para medir la Biodiversidad*.

Ammann, P., Dietler, D., & Winkler, M. S. (2021). Health impact assessment and climate change: A scoping review. *The Journal of Climate Change and Health*, *3*, 100045. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100045

Amos, A. T., & Mensah, C. (2018). Hydropower and the Era of Climate Change and Carbon Financing: The Case From Sub-Saharan Africa. *Sustainable Hydropower in West Africa: Planning, Operation, and Challenges*, 37–51. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813016-2.00003-4

Anderson, T. R., Hawkins, E., & Jones, P. D. (2016). CO2, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, *40*(3), 178–187. https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002

Arana, I., Orruño, M., & Barcina, I. (2018). *3. Cálculos De Biomasa*. 7.

Aulestia-Guerrero, E., Jiménez, L., Quizhpe-Palacios, J., & Capa-Mora, D. (2018). Alnus acuminata kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono . *Bosques Latitud Cero*, *8*(2), 64–74. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/495

Baker, S. J. (2022). Fossil evidence that increased wildfire activity occurs in tandem with periods of global warming in Earth's past. *Earth-Science Reviews*, *224*(November 2021), 103871. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103871

Baredar, P., Khare, V., & Nema, S. (2020). Design and Optimization of Biogas Energy Systems. In *Design and Optimization of Biogas Energy Systems*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822718-3.00008-3

Benessaiah, K. (2012). Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets. *Ecological Economics*, *77*, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.022

Bhattacharya, A., Saikia, K., Takhelmayum, M., & Sarkar, P. (2020). Carbon sequestration in the bio-edaphic ecosystem of National Highway-27 in Guwahati, Assam, India. *Heliyon*, *6*(9), e04969. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04969

Bixler, R. P., Yang, E., Richter, S. M., & Coudert, M. (2021). Boundary crossing for urban community resilience: A social vulnerability and multi-hazard approach in Austin, Texas, USA. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *66*(May), 102613. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102613

California air resources board, (2012).

Bolaños, E., Montalvo, D., & Velasteguí, B. (2022). Herramientas de mercado para estimar los beneficios económicos de los servicios ecosistémicos en la Reserva Tapichalaca. *Revista Geoespacial*, *19*(2), 1–15. https://doi.org/10.24133/geoespacial.v19i2.2943

Bozkurt, Z., Üzmez, Ö. Ö., Döğeroğlu, T., Artun, G., & Gaga, E. O. (2018). Atmospheric concentrations of SO2, NO2, ozone and VOCs in Düzce, Turkey using passive air samplers: Sources, spatial and seasonal variations and health risk estimation. *Atmospheric Pollution Research*, *9*(6), 1146–1156. https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.05.001

Brown, A. M., Bass, A. M., & Pickard, A. E. (2022). Anthropogenic-estuarine interactions cause disproportionate greenhouse gas production: A review of the evidence base. *Marine Pollution Bulletin*, *174*(December 2021), 113240. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113240

Brown, M. J., White, B. P., & Nicholas, P. K. (2022). Mental Health Impacts of Climate Change: Considerations for Nurse Practitioners. *Journal for Nurse Practitioners*, *18*(4), 359–363. https://doi.org/10.1016/j.nurpra.2021.07.013

Buchwitz, M., Reuter, M., Schneising, O., Boesch, H., Guerlet, S., Dils, B., Aben, I., Armante, R., Bergamaschi, P., Blumenstock, T., Bovensmann, H., Brunner, D., Buchmann, B., Burrows, J. P., Butz, A., Chédin, A., Chevallier, F., Crevoisier, C. D., Deutscher, N. M., … Yoshida, Y. (2015). The Greenhouse Gas Climate Change Initiative (GHG-CCI): Comparison and quality assessment of near-surface-sensitive satellite-derived CO2 and CH4 global data sets. *Remote Sensing of Environment*, *162*, 344–362. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.04.024

CEPAL. (2017). *Urbanización, Cambios Globales en el Ambiente y Desarrollo Sustentable en América Latina* (R. Sanchez-Rodríguez & A. Bonilla, Eds.).

Cervantes, F., Imbaquingo, J., & León, D. (2022). Valoración económica de los servicios ecosistémicos del Bosque Protector Cerro Blanco, Guayaquil Ecuador. *Revista Geoespacial*, *19*(1), 50–63. https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/2612

Chandra, R., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(3), 1462–1476. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.035

Chatting, M., Al-Maslamani, I., Walton, M., Skov, M. W., Kennedy, H., Husrevoglu, Y. S., & le Vay, L. (2022). Future Mangrove Carbon Storage Under Climate Change and Deforestation. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 58. https://doi.org/10.3389/FMARS.2022.781876/BIBTEX

Chen, C., Pinar, M., & Stengos, T. (2022). Renewable energy and CO2 emissions: New evidence with the panel threshold model. *Renewable Energy*, *194*, 117–128. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.095

Comisión Europea. (2022). *Comisión Europea, web oficial*. https://commission.europa.eu/index_es

CommTrade Carbon. (2023). *CommTrade Carbon*. https://www.commtrade.co.nz/

Cyamweshi, A. R., Kuyah, S., Mukuralinda, A., & Muthuri, C. W. (2021). Potential of Alnus acuminata based agroforestry for carbon sequestration and other ecosystem services in Rwanda. *Agroforestry Systems*, *95*(6), 1125–1135. https://doi.org/10.1007/S10457-021-00619-5/TABLES/2

Deloitte. (2022). *Deloitte Ecuador | Audit, Financial Advisory | Ecuador*. https://www2.deloitte.com/ec/es.html

Djalante, R. (2019). Evaluaciones clave del informe especial del IPCC sobre el calentamiento global de 1,5 ° C y las implicaciones para el marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres. In *Progress in Disaster Science* (Vol. 1, p. 100001). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100001

Dorendorf, J., Eschenbach, A., Schmidt, K., & Jensen, K. (2015). Both tree and soil carbon need to be quantified for carbon assessments of cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, *14*(3), 447–455. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.005

Du, H., Zeng, F., Peng, W., Wang, K., Zhang, H., Liu, L., & Song, T. (2015). Carbon Storage in a Eucalyptus Plantation Chronosequence in Southern China. *Forests 2015, Vol. 6, Pages 1763-1778*, *6*(6), 1763–1778. https://doi.org/10.3390/F6061763

Ecosystem Marketplace. (2022). *Ecosystem Marketplace - Making the Priceless Valuable*. https://www.ecosystemmarketplace.com/

EEX. (2022). *European Energy Exchange AG (EEX)*. https://www.eex.com/en/

el Universo. (2011). *Ecuador recibirá $20 millones en bonos de carbono por proyecto eléctrico* . https://www.eluniverso.com/2011/09/17/1/1356/ecuador-recibira-20-millones-bonos-carbono-proyecto-electrico.html/

FAO. (2006). *LOS BOSQUES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO TRABAJANDO CON LOS PAÍSES PARA HACER FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO POR MEDIO DE LA GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE*.

FERRERE. (2022). *Ferrere - Servicios legales en Bolivia, Paraguay y Uruguay*. https://www.ferrere.com/es/

Gallegos, M. (2012). *Análisis del mercado de carbono en Ecuador*. https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/magg.html

Gholami, A., Jazayeri, S. A., & Esmaili, Q. (2022). A detail performance and CO2 emission analysis of a very large crude carrier propulsion system with the main engine running on dual fuel mode using hydrogen/diesel versus natural gas/diesel and conventional diesel engines. *Process Safety and Environmental Protection*, *163*(June), 621–635. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.05.069

Gregory, R. P. (2022). The effect of atmospheric greenhouse gases on firm value and firm size distribution. *Journal of Cleaner Production*, *358*(March), 131751. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131751

Huang, Z., Xie, L., Wang, H., Zhong, J., Li, Y., Liu, J., Ou, Z., Liang, X., Li, Y., Huang, H., Lin, Z., Zhang, K., Zhang, L., & Zheng, X. (2019). Geographic distribution and impacts of climate change on the suitable habitats of Zingiber species in China. *Industrial Crops and Products*, *138*, 111429. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2019.05.078

IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* .

IPCC. (2018). *Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia Jefe, C. Péan, J. De Operaciones, R. Pidcock, J. De Comunicaciones, S. Connors Funcionaria, J. B. Robin, M. Funcionario, Y. C. Funcionario, X. Zhou, T. Maycock Editor, M. Tignor, & T. Waterfield, Eds.).

Jawid, A. (2020). A Ricardian analysis of the economic impact of climate change on agriculture: Evidence from the farms in the central highlands of Afghanistan. *Journal of Asian Economics*, *67*, 101177. https://doi.org/10.1016/J.ASIECO.2020.101177

Jiménez, A., & Peralta, M. (2019). *Carbono secuestrdo en los árboles de dos parques de la ciudad de Cuenca*. Universidad del Azuay.

Jothityangkoon, C., Hirunteeyakul, C., Boonrawd, K., & Sivapalan, M. (2013). Assessing the impact of climate and land use changes on extreme floods in a large tropical catchment. *Journal of Hydrology*, *490*, 88–105. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.036

Kauffman, B., & Rupesh, B. (2017). Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: Global and regional comparisons. *PloS One*, *12*(11). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0187749

Kim, B., Kay, D. L., & Schuldt, J. P. (2021). Will I have to move because of climate change? Perceived likelihood of weather- or climate-related relocation among the US public. *Climatic Change*, *165*(1–2), 1–8. https://doi.org/10.1007/S10584-021-03026-Y/TABLES/2

Klein, R. J. T., Nicholls, R. J., Thomalla, F., Wagner, I., Breil, P., Wamsler, C., Brink, E., Rivera, C., Hansen, R., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Rall, E., Kabisch, N., Kaczorowska, A., Kain, J.-H., Artmann, M., Pauleit, S., Carter, J. G., Cavan, G., … Douglas, J. (2015). Abstracts. *Global Environmental Change*, *3*(3), 183–192. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.010

Klugmann-Radziemska, E. (2022). The Environmental Benefits of Photovoltaic Systems: The Impact on the Environment in the Production of Photovoltaic Systems: With a Focus on Metal Recovery. *Comprehensive Renewable Energy*, 140–151. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00015-7

Kongboon, R., Gheewala, S. H., & Sampattagul, S. (2022). Greenhouse gas emissions inventory data acquisition and analytics for low carbon cities. *Journal of Cleaner Production*, *343*, 130711. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.130711

K.Tanjiaoi. (2022). *Datos del mercado de carbono*. http://k.tanjiaoyi.com/

Lasanta, T., Baroja-Sáenz, C., Cortijos-López, M., Nadal-Romero, E., Martín, I., & García-Escudero, E. (2022). Strategies for adaptation to climate change in vineyards in the Mediterranean basin: the case of the DOCa Rioja. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, *48*(1), 133–156. https://doi.org/10.18172/CIG.5062

Li, Y., Li, Y., Ji, P., & Yang, J. (2015). The status quo analysis and policy suggestions on promoting China's hydropower development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *51*, 1071–1079. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.044

Lin, B., & Huang, C. (2022). Analysis of emission reduction effects of carbon trading : Market mechanism or government intervention ? *Sustainable Production and Consumption*, *33*, 28–37. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.016

Lin, Q., Wang, S., Li, Y., Riaz, L., Yu, F., Yang, Q., Han, S., & Ma, J. (2022). Effects and mechanisms of land-types conversion on greenhouse gas emissions in the Yellow River floodplain wetland. *Science of the Total Environment*, *813*, 152406. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152406

Love, N. L. R., Nguyen, V., Pawlak, C., Pineda, A., Reimer, J. L., Yost, J. M., Fricker, G. A., Ventura, J. D., Doremus, J. M., Crow, T., & Ritter, M. K. (2022). Diversity and structure in California's urban forest: What over six million data points tell us about one of the world's largest urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, *74*, 127679. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2022.127679

Ma, J., Li, X., Baoquan, J., Liu, X., Li, T., Zhang, W., & Liu, W. (2021). Spatial variation analysis of urban forest vegetation carbon storage and sequestration in built-up areas of Beijing based on i-Tree Eco and Kriging. *Urban Forestry & Urban Greening*, *66*, 127413. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127413

Ma, T., Moore, J., & Cleary, A. (2022). Climate change impacts on the mental health and wellbeing of young people: A scoping review of risk and protective factors. *Social Science and Medicine*, *301*(July 2021), 114888. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.114888

Masood, W., Aquil, S., ullah, H., Nadeem, A., Mehmood, H., Islam, Z., Essar, M. Y., & Ahmad, S. (2022). Impact of climate change on health in Afghanistan amidst a humanitarian crisis. *The Journal of Climate Change and Health*, *6*, 100139. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100139

Maza, W. F. (2019). Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono para garantizar la sostenibilidad del bosque Buenaventura, Ecuador [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10845

Medina, C. E., Medina, Y. K., Bocardo, E. F., Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque (Valdivia)*, *41*(2), 165–172. https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165

Mekonnen, A., Tessema, A., Ganewo, Z., & Haile, A. (2021). Climate change impacts on household food security and farmers adaptation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, *6*, 100197. https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2021.100197

Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio*, *7*, 67–85.

Muñoz, M., & Vásquez, E. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emiciones de CO2 vehicular en la ciudad de Cuenca, Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.

Muñoz, M., Vásquez, E., & Portilla, F. (2022). Estimates of the Carbon Capture Potential in Urban Parks and Vehicle CO2 Emissions in Cuenca, Ecuador. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, *252*, 405–417. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_37

Negev, M., Zohar, M., & Paz, S. (2022). Multidimensional hazards, vulnerabilities, and perceived risks regarding climate change and Covid-19 at the city level: An empirical study from Haifa, Israel. *Urban Climate*, *43*(March), 101146. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101146

Nyanga, C. (2020). The Role of Mangroves Forests in Decarbonizing the Atmosphere. *Carbon-Based Material for Environmental Protection and Remediation*. https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.92249

Okeke, E. S., Olovo, C. V., Nkwoemeka, N. E., Okoye, C. O., Nwankwo, C. E. I., & Onu, C. J. (2022). Microbial ecology and evolution is key to pandemics: using the coronavirus model to mitigate future public health challenges. *Heliyon*, *8*(5), e09449. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09449

Omar, M. E. D. M., Moussa, A. M. A., & Hinkelmann, R. (2021). Impacts of climate change on water quantity, water salinity, food security, and socioeconomy in Egypt. *Water Science and Engineering*, *14*(1), 17–27. https://doi.org/10.1016/J.WSE.2020.08.001

Páez, J., & Recalde, F. (2016). Análisis de las negociaciones de Mercado de Carbono en la Bolsa de Valores en Ecuador. *Revista Publicando*, *3*(9), 752–767. file:///C:/Users/Webcompu/Desktop/Tesis Anshie/Dialnet-AnalisisDeLasNegociacionesDeMercadoDeCarbonoEnLaBo-5888319 (1).pdf

Paolini, L., Schwendenmann, L., Aráoz, E., & Powell, P. A. (2019). Decoupling of the urban vegetation productivity from climate. *Urban Forestry and Urban Greening*, *44*, 126428. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126428

Pérez, M., Medina, M. F., Hurtado, A., Arboleda, E. M., & Medina, M. (2019). Reservas de carbono del pasto Cenchrus clandestinus (Poaceae) en los sistemas de manejo tradicional y silvopastoril, en diferentes relieves. *Revista de Biología Tropical*, *67*(4), 769–783. https://doi.org/10.15517/RBT.V67I4.34529

Pintado, S., & Astudillo, D. (2021). *Inventario forestal y estimación de la captura del carbono en los cuatro parques urbanos y en las riberas de los ríos Santa Bárbara y San Francisco en la zona turística del cantón Gualaceo*. Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, K. (2018). *Evaluación del volumen de captura de carbono en la chakra andina en tres pisos altitudinales en la parroquia San Miguel de Porotos, provincia del Cañar y su aporte al efecto invernadero* [Universidad Politécnica Salesiana]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15109

Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). *World Development Sustainability Dynamic impacts of economic growth , energy use , urbanization , agricultural productivity , and forested area on carbon emissions : New insights from Kazakhstan*. *1*(June). https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100019

Ramírez, J., & Chagna, J. (2019). Carbon sequestration in the aerial biomass of a plantation of Eucalyptus grandis W. Hill. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, *7*(1), 86–97. http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/402

Ray Biswas, R., Sharma, R., & Gyasi-Agyei, Y. (2022). Adaptation to climate change: A study on regional urban water management and planning practice. *Journal of Cleaner Production*, *355*, 131643. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131643

RGGI, Inc. (2021). *The Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI, Inc.)* . https://www.rggi.org/

Roca Villanueva, B., Beltrán Salvador, M., & Gómez Huelgas, R. (2019). *Change climate and health*. *219*, 260–265.

Rodríguez, R., Jiménez, J., Aguirre, Ó., Treviño, E., & Razo, R. (2009). Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México. *Ra Ximhai*, *5*, 317–327. https://repositorio.unam.mx/contenidos/estimacion-de-carbono-almacenado-en-el-bosque-de-pino-encino-en-la-reserva-de-la-biosfera-el-cielo-tamaulipas-mexico-36658?c=EBx7aM&d=true&q=*:*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

Roebuck, A., Hurley, L., & Slater, D. (2022). Assessing the species diversity and vulnerability of urban tree populations in the London borough of Westminster. *Urban Forestry & Urban Greening*, *74*, 127676. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2022.127676

Rytter, R. M. (2012). The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, *36*, 86–95. https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2011.10.012

Sales, L., Ribeiro, B. R., Chapman, C. A., & Loyola, R. (2020). Multiple dimensions of climate change on the distribution of Amazon primates. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *18*(2), 83–90. https://doi.org/10.1016/J.PECON.2020.03.001

Sánchez, M. A. R. (2015). Matemático aplicado al CALCULO DE LA MUESTRA El tamaño de la muestra es (in)finito. *CIENCIA UNEMI*, *2*(3), 40–45. https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol2iss3.2009pp40-45p

Sanz-Elorza, M. (2018). *Cap 5- Efectos del cambio climático sobre la vegetación*.

Sarangle, S., Rajasekaran, A., Benbi, DK., & Chauhan, SK. (2018). Biomass and carbon stock,carbon sequestration potential under selected land use systems in punjab. *Forestry Research and Engineering: International Journal*, *Volume 2*(Issue 2), 75–80. https://doi.org/10.15406/FREIJ.2018.02.00029

SENDECO2. (2022). *Sendeco2*. https://www.sendeco2.com/es/

Shadman, S., Ahanaf Khalid, P., Hanafiah, M. M., Koyande, A. K., Islam, M. A., Bhuiyan, S. A., Kok, S. W., & Show, P. L. (2022). The carbon sequestration potential of urban public parks of densely populated cities to improve environmental sustainability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *52*, 102064. https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102064

Soler, P., Berroterán, J., Gil, J., & Acosta, R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, *62*(4), 1–4. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Gil-26/publication/290436874_Indice_valor_de_importancia_diversidad_y_similaridad_floristica_de_especies_lenosas_en_tres_ecosistemas_de_los_llanos_centrales_de_Venezuela/links/569820d408aec79ee32b7337/Indice-valor-de-importancia-diversidad-y-similaridad-floristica-de-especies-lenosas-en-tres-ecosistemas-de-los-llanos-centrales-de-Venezuela.pdf

Stoffberg, G. H., van Rooyen, M. W., van der Linde, M. J., & Groeneveld, H. T. (2010). Carbon sequestration estimates of indigenous street trees in the City of Tshwane, South Africa. *Urban Forestry and Urban Greening*, *9*(1), 9–14. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.004

Sultana, R., Ahmed, Z., Hossain, Md. A., & Begum, B. A. (2021). Impact of green roof on human comfort level and carbon sequestration: A microclimatic and comparative assessment in Dhaka City, Bangladesh. *Urban Climate*, *38*, 100878. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100878

Sun, X., Fang, W., Gao, X., An, H., Liu, S., & Wu, T. (2022). Complex causalities between the carbon market and the stock markets for energy intensive industries in China. *International*

Review of Economics & Finance, *78*, 404–417. https://doi.org/10.1016/J.IREF.2021.12.008

Tsai, W. T. (2014). Chlorofluorocarbons. *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 883–884. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01118-0

Ulucak, R., Yücel, A. G., & Koçak, E. (2019). The Process of Sustainability: From Past to Present. In B. Ozcan & I. Ozturk (Eds.), *Environmental Kuznets Curve (EKC)*. Elsevier.

Vechi, N. T., Mellqvist, J., & Scheutz, C. (2022). Quantification of methane emissions from cattle farms, using the tracer gas dispersion method. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *330*(February), 107885. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107885

Vu, T. V. (2021). Do genetically fragmented societies respond less to global warming? Diversity and climate change policies. *Energy Economics*, *104*, 105652. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2021.105652

Wang, T. P., & Teng, F. (2022). A multi-model assessment of climate change damage in China and the world. *Advances in Climate Change Research*, *13*(3), 385–396. https://doi.org/10.1016/J.ACCRE.2022.04.005

Wei, H., Zhang, J., Xu, Z., Hui, T., Guo, P., & Sun, Y. (2022). The association between plant diversity and perceived emotions for visitors in urban forests: A pilot study across 49 parks in China. *Urban Forestry & Urban Greening*, *73*, 127613. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2022.127613

Work, C. (2019). Climate change and conflict: Global insecurity and the road less traveled. *Geoforum*, *102*, 222–225. https://doi.org/10.1016/J.GEOFORUM.2018.11.004

World Wild Life [WWF]. (2022). *Efectos del Cambio Climatico* .

Xiao, B., Fan, Y., Guo, X., Voigt, S., & Cui, L. (2022). Effects of linking national carbon markets on international macroeconomics: An open-economy E-DSGE model. *Computers & Industrial Engineering*, *169*, 108166. https://doi.org/10.1016/J.CIE.2022.108166

Zhang, F., Xu, N., Wang, C., Wu, F., & Chu, X. (2020). Effects of land use and land cover change on carbon sequestration and adaptive management in Shanghai, China. *Physics and Chemistry of the Earth*, *120*, 102948. https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102948

Zhang, Y., Meng, W., Yun, H., Xu, W., Hu, B., He, M., Mo, X., & Zhang, L. (2022). Is urban green space a carbon sink or source? - A case study of China based on LCA method. *Environmental Impact Assessment Review*, *94*, 106766. https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2022.106766

Zhao, Q., Yu, P., Mahendran, R., Huang, W., Gao, Y., Yang, Z., Ye, T., Wen, B., Wu, Y., Li, S., & Guo, Y. (2022). Global climate change and human health: Pathways and possible solutions. *Eco-Environment & Health*, *1*(2), 53–62. https://doi.org/10.1016/J.EEHL.2022.04.004

Zhou, X., Gao, Y., Wang, P., & Zhu, B. (2022). Examining the overconfidence and overreaction in China ' s carbon markets. *Economic Analysis and Policy*, *75*, 472–489. https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.06.001

Zhu, B., Tang, J., Wang, P., & Zhang, L. (2022). Exploring the drivers of carbon market risk: A meta regression analysis. *Journal of Cleaner Production*, *352*, 131538. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131538

Zuluaga, S., Speziale, K. L., & Lambertucci, S. A. (2022). Flying wildlife may mask the loss of ecological functions due to terrestrial habitat fragmentation. *Science of the Total Environment*, *803*, 150034. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150034

Aguilera Díaz, A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, *11*(2), 322–343. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000200022&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Aguirre, N., & Erazo, A. (2017). Valoración económica ambiental del compartimiento leñoso como una alternativa para conservar la biodiversidad del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *7*(1), 89–107. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/188

Aguirre, N., Erazo, A., & Granda, J. (2017). Posibilidades de comercialización de bonos de carbono del bosque seco de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, *7*(2). https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/324

Aguirre, Z. (2013). *Guia de Metodos para medir la Biodiversidad*.

Ammann, P., Dietler, D., & Winkler, M. S. (2021). Health impact assessment and climate change: A scoping review. *The Journal of Climate Change and Health*, *3*, 100045. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2021.100045

Amos, A. T., & Mensah, C. (2018). Hydropower and the Era of Climate Change and Carbon Financing: The Case From Sub-Saharan Africa. *Sustainable Hydropower in West Africa: Planning, Operation, and Challenges*, 37–51. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813016-2.00003-4

Anderson, T. R., Hawkins, E., & Jones, P. D. (2016). CO2, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Endeavour*, *40*(3), 178–187. https://doi.org/10.1016/j.endeavour.2016.07.002

Arana, I., Orruño, M., & Barcina, I. (2018). *3. Cálculos De Biomasa*. 7.

Aulestia-Guerrero, E., Jiménez, L., Quizhpe-Palacios, J., & Capa-Mora, D. (2018). Alnus acuminata kunth: una alternativa de reforestación y fijación de dióxido de carbono . *Bosques Latitud Cero*, *8*(2), 64–74. https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/495

Baker, S. J. (2022). Fossil evidence that increased wildfire activity occurs in tandem with periods of global warming in Earth's past. *Earth-Science Reviews*, *224*(November 2021), 103871. https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103871

Baredar, P., Khare, V., & Nema, S. (2020). Design and Optimization of Biogas Energy Systems. In *Design and Optimization of Biogas Energy Systems*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822718-3.00008-3

Benessaiah, K. (2012). Carbon and livelihoods in Post-Kyoto: Assessing voluntary carbon markets. *Ecological Economics*, *77*, 1–6. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2012.02.022

Bhattacharya, A., Saikia, K., Takhelmayum, M., & Sarkar, P. (2020). Carbon sequestration in the bio-edaphic ecosystem of National Highway-27 in Guwahati, Assam, India. *Heliyon*, *6*(9), e04969. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04969

Bixler, R. P., Yang, E., Richter, S. M., & Coudert, M. (2021). Boundary crossing for urban community resilience: A social vulnerability and multi-hazard approach in Austin, Texas, USA. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, *66*(May), 102613. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102613

California air resources board, (2012).

Bolaños, E., Montalvo, D., & Velasteguí, B. (2022). Herramientas de mercado para estimar los beneficios económicos de los servicios ecosistémicos en la Reserva Tapichalaca. *Revista Geoespacial*, *19*(2), 1–15. https://doi.org/10.24133/geoespacial.v19i2.2943

Bozkurt, Z., Üzmez, Ö. Ö., Döğeroğlu, T., Artun, G., & Gaga, E. O. (2018). Atmospheric concentrations of SO2, NO2, ozone and VOCs in Düzce, Turkey using passive air samplers: Sources, spatial and seasonal variations and health risk estimation. *Atmospheric Pollution Research*, *9*(6), 1146–1156. https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.05.001

Brown, A. M., Bass, A. M., & Pickard, A. E. (2022). Anthropogenic-estuarine interactions cause disproportionate greenhouse gas production: A review of the evidence base. *Marine Pollution Bulletin*, *174*(December 2021), 113240. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113240

Brown, M. J., White, B. P., & Nicholas, P. K. (2022). Mental Health Impacts of Climate Change: Considerations for Nurse Practitioners. *Journal for Nurse Practitioners*, *18*(4), 359–363. https://doi.org/10.1016/j.nurpra.2021.07.013

Buchwitz, M., Reuter, M., Schneising, O., Boesch, H., Guerlet, S., Dils, B., Aben, I., Armante, R., Bergamaschi, P., Blumenstock, T., Bovensmann, H., Brunner, D., Buchmann, B., Burrows, J. P., Butz, A., Chédin, A., Chevallier, F., Crevoisier, C. D., Deutscher, N. M., … Yoshida, Y. (2015). The Greenhouse Gas Climate Change Initiative (GHG-CCI): Comparison and quality assessment of near-surface-sensitive satellite-derived CO2 and CH4 global data sets. *Remote Sensing of Environment*, *162*, 344–362. https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.04.024

CEPAL. (2017). *Urbanización, Cambios Globales en el Ambiente y Desarrollo Sustentable en América Latina* (R. Sanchez-Rodríguez & A. Bonilla, Eds.).

Cervantes, F., Imbaquingo, J., & León, D. (2022). Valoración económica de los servicios ecosistémicos del Bosque Protector Cerro Blanco, Guayaquil Ecuador. *Revista Geoespacial*, *19*(1), 50–63. https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-geoespacial/article/view/2612

Chandra, R., Takeuchi, H., & Hasegawa, T. (2012). Methane production from lignocellulosic agricultural crop wastes: A review in context to second generation of biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *16*(3), 1462–1476. https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.035

Chatting, M., Al-Maslamani, I., Walton, M., Skov, M. W., Kennedy, H., Husrevoglu, Y. S., & le Vay, L. (2022). Future Mangrove Carbon Storage Under Climate Change and Deforestation. *Frontiers in Marine Science*, *9*, 58. https://doi.org/10.3389/FMARS.2022.781876/BIBTEX

Chen, C., Pinar, M., & Stengos, T. (2022). Renewable energy and CO2 emissions: New evidence with the panel threshold model. *Renewable Energy*, *194*, 117–128. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.05.095

Comisión Europea. (2022). *Comisión Europea, web oficial*. https://commission.europa.eu/index_es

CommTrade Carbon. (2023). *CommTrade Carbon*. https://www.commtrade.co.nz/

Cyamweshi, A. R., Kuyah, S., Mukuralinda, A., & Muthuri, C. W. (2021). Potential of Alnus acuminata based agroforestry for carbon sequestration and other ecosystem services in Rwanda. *Agroforestry Systems*, *95*(6), 1125–1135. https://doi.org/10.1007/S10457-021-00619-5/TABLES/2

Deloitte. (2022). *Deloitte Ecuador | Audit, Financial Advisory | Ecuador*. https://www2.deloitte.com/ec/es.html

Djalante, R. (2019). Evaluaciones clave del informe especial del IPCC sobre el calentamiento global de 1,5 ° C y las implicaciones para el marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres. In *Progress in Disaster Science* (Vol. 1, p. 100001). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100001

Dorendorf, J., Eschenbach, A., Schmidt, K., & Jensen, K. (2015). Both tree and soil carbon need to be quantified for carbon assessments of cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, *14*(3), 447–455. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.04.005

Du, H., Zeng, F., Peng, W., Wang, K., Zhang, H., Liu, L., & Song, T. (2015). Carbon Storage in a Eucalyptus Plantation Chronosequence in Southern China. *Forests 2015, Vol. 6, Pages 1763-1778*, *6*(6), 1763–1778. https://doi.org/10.3390/F6061763

Ecosystem Marketplace. (2022). *Ecosystem Marketplace - Making the Priceless Valuable*. https://www.ecosystemmarketplace.com/

EEX. (2022). *European Energy Exchange AG (EEX)*. https://www.eex.com/en/

el Universo. (2011). *Ecuador recibirá $20 millones en bonos de carbono por proyecto eléctrico* . https://www.eluniverso.com/2011/09/17/1/1356/ecuador-recibira-20-millones-bonos-carbono-proyecto-electrico.html/

FAO. (2006). *LOS BOSQUES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO TRABAJANDO CON LOS PAÍSES PARA HACER FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO POR MEDIO DE LA GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE*.

FERRERE. (2022). *Ferrere - Servicios legales en Bolivia, Paraguay y Uruguay*. https://www.ferrere.com/es/

Gallegos, M. (2012). *Análisis del mercado de carbono en Ecuador*. https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2012/magg.html

Gholami, A., Jazayeri, S. A., & Esmaili, Q. (2022). A detail performance and CO2 emission analysis of a very large crude carrier propulsion system with the main engine running on dual fuel mode using hydrogen/diesel versus natural gas/diesel and conventional diesel engines. *Process Safety and Environmental Protection*, *163*(June), 621–635. https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.05.069

Gregory, R. P. (2022). The effect of atmospheric greenhouse gases on firm value and firm size distribution. *Journal of Cleaner Production*, *358*(March), 131751. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131751

Huang, Z., Xie, L., Wang, H., Zhong, J., Li, Y., Liu, J., Ou, Z., Liang, X., Li, Y., Huang, H., Lin, Z., Zhang, K., Zhang, L., & Zheng, X. (2019). Geographic distribution and impacts of climate change on the suitable habitats of Zingiber species in China. *Industrial Crops and Products*, *138*, 111429. https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2019.05.078

IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* .

IPCC. (2018). *Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P. R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia Jefe, C. Péan, J. De Operaciones, R. Pidcock, J. De Comunicaciones, S. Connors Funcionaria, J. B. Robin, M. Funcionario, Y. C. Funcionario, X. Zhou, T. Maycock Editor, M. Tignor, & T. Waterfield, Eds.).

Jawid, A. (2020). A Ricardian analysis of the economic impact of climate change on agriculture: Evidence from the farms in the central highlands of Afghanistan. *Journal of Asian Economics*, *67*, 101177. https://doi.org/10.1016/J.ASIECO.2020.101177

Jiménez, A., & Peralta, M. (2019). *Carbono secuestrdo en los árboles de dos parques de la ciudad de Cuenca*. Universidad del Azuay.

Jothityangkoon, C., Hirunteeyakul, C., Boonrawd, K., & Sivapalan, M. (2013). Assessing the impact of climate and land use changes on extreme floods in a large tropical catchment. *Journal of Hydrology*, *490*, 88–105. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.03.036

Kauffman, B., & Rupesh, B. (2017). Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: Global and regional comparisons. *PloS One*, *12*(11). https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0187749

Kim, B., Kay, D. L., & Schuldt, J. P. (2021). Will I have to move because of climate change? Perceived likelihood of weather- or climate-related relocation among the US public. *Climatic Change*, *165*(1–2), 1–8. https://doi.org/10.1007/S10584-021-03026-Y/TABLES/2

Klein, R. J. T., Nicholls, R. J., Thomalla, F., Wagner, I., Breil, P., Wamsler, C., Brink, E., Rivera, C., Hansen, R., Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Rall, E., Kabisch, N., Kaczorowska, A., Kain, J.-H., Artmann, M., Pauleit, S., Carter, J. G., Cavan, G., … Douglas, J. (2015). Abstracts. *Global Environmental Change*, *3*(3), 183–192. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.010

Klugmann-Radziemska, E. (2022). The Environmental Benefits of Photovoltaic Systems: The Impact on the Environment in the Production of Photovoltaic Systems: With a Focus on Metal Recovery. *Comprehensive Renewable Energy*, 140–151. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819727-1.00015-7

Kongboon, R., Gheewala, S. H., & Sampattagul, S. (2022). Greenhouse gas emissions inventory data acquisition and analytics for low carbon cities. *Journal of Cleaner Production*, *343*, 130711. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.130711

K.Tanjiaoi. (2022). *Datos del mercado de carbono*. http://k.tanjiaoyi.com/

Lasanta, T., Baroja-Sáenz, C., Cortijos-López, M., Nadal-Romero, E., Martín, I., & García-Escudero, E. (2022). Strategies for adaptation to climate change in vineyards in the Mediterranean basin: the case of the DOCa Rioja. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, *48*(1), 133–156. https://doi.org/10.18172/CIG.5062

Li, Y., Li, Y., Ji, P., & Yang, J. (2015). The status quo analysis and policy suggestions on promoting China's hydropower development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *51*, 1071–1079. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.044

Lin, B., & Huang, C. (2022). Analysis of emission reduction effects of carbon trading : Market mechanism or government intervention ? *Sustainable Production and Consumption*, *33*, 28–37. https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.06.016

Lin, Q., Wang, S., Li, Y., Riaz, L., Yu, F., Yang, Q., Han, S., & Ma, J. (2022). Effects and mechanisms of land-types conversion on greenhouse gas emissions in the Yellow River floodplain wetland. *Science of the Total Environment*, *813*, 152406. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152406

Love, N. L. R., Nguyen, V., Pawlak, C., Pineda, A., Reimer, J. L., Yost, J. M., Fricker, G. A., Ventura, J. D., Doremus, J. M., Crow, T., & Ritter, M. K. (2022). Diversity and structure in California's urban forest: What over six million data points tell us about one of the world's largest urban forests. *Urban Forestry & Urban Greening*, *74*, 127679. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2022.127679

Ma, J., Li, X., Baoquan, J., Liu, X., Li, T., Zhang, W., & Liu, W. (2021). Spatial variation analysis of urban forest vegetation carbon storage and sequestration in built-up areas of Beijing based on i-Tree Eco and Kriging. *Urban Forestry & Urban Greening*, *66*, 127413. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127413

Ma, T., Moore, J., & Cleary, A. (2022). Climate change impacts on the mental health and wellbeing of young people: A scoping review of risk and protective factors. *Social Science and Medicine*, *301*(July 2021), 114888. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.114888

Masood, W., Aquil, S., ullah, H., Nadeem, A., Mehmood, H., Islam, Z., Essar, M. Y., & Ahmad, S. (2022). Impact of climate change on health in Afghanistan amidst a humanitarian crisis.

The Journal of Climate Change and Health, *6*, 100139. https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100139

Maza, W. F. (2019). Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono para garantizar la sostenibilidad del bosque Buenaventura, Ecuador [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. In *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10845

Medina, C. E., Medina, Y. K., Bocardo, E. F., Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). Valoración económica del secuestro y almacenamiento de carbono en la puna seca del suroeste del Perú. *Bosque (Valdivia)*, *41*(2), 165–172. https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165

Mekonnen, A., Tessema, A., Ganewo, Z., & Haile, A. (2021). Climate change impacts on household food security and farmers adaptation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, *6*, 100197. https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2021.100197

Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Fides et Ratio*, *7*, 67–85.

Muñoz, M., & Vásquez, E. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emiciones de CO2 vehicular en la ciudad de Cuenca, Ecuador*. Universidad Politécnica Salesiana.

Muñoz, M., Vásquez, E., & Portilla, F. (2022). Estimates of the Carbon Capture Potential in Urban Parks and Vehicle CO2 Emissions in Cuenca, Ecuador. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, *252*, 405–417. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_37

Negev, M., Zohar, M., & Paz, S. (2022). Multidimensional hazards, vulnerabilities, and perceived risks regarding climate change and Covid-19 at the city level: An empirical study

from Haifa, Israel. *Urban Climate*, *43*(March), 101146. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101146

Nyanga, C. (2020). The Role of Mangroves Forests in Decarbonizing the Atmosphere. *Carbon-Based Material for Environmental Protection and Remediation*. https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.92249

Okeke, E. S., Olovo, C. V., Nkwoemeka, N. E., Okoye, C. O., Nwankwo, C. E. I., & Onu, C. J. (2022). Microbial ecology and evolution is key to pandemics: using the coronavirus model to mitigate future public health challenges. *Heliyon*, *8*(5), e09449. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09449

Omar, M. E. D. M., Moussa, A. M. A., & Hinkelmann, R. (2021). Impacts of climate change on water quantity, water salinity, food security, and socioeconomy in Egypt. *Water Science and Engineering*, *14*(1), 17–27. https://doi.org/10.1016/J.WSE.2020.08.001

Páez, J., & Recalde, F. (2016). Análisis de las negociaciones de Mercado de Carbono en la Bolsa de Valores en Ecuador. *Revista Publicando*, *3*(9), 752–767. file:///C:/Users/Webcompu/Desktop/Tesis Anshie/Dialnet-AnalisisDeLasNegociacionesDeMercadoDeCarbonoEnLaBo-5888319 (1).pdf

Paolini, L., Schwendenmann, L., Aráoz, E., & Powell, P. A. (2019). Decoupling of the urban vegetation productivity from climate. *Urban Forestry and Urban Greening*, *44*, 126428. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126428

Pérez, M., Medina, M. F., Hurtado, A., Arboleda, E. M., & Medina, M. (2019). Reservas de carbono del pasto Cenchrus clandestinus (Poaceae) en los sistemas de manejo tradicional y silvopastoril, en diferentes relieves. *Revista de Biología Tropical*, *67*(4), 769–783. https://doi.org/10.15517/RBT.V67I4.34529

Pintado, S., & Astudillo, D. (2021). *Inventario forestal y estimación de la captura del carbono en los cuatro parques urbanos y en las riberas de los ríos Santa Bárbara y San Francisco en la zona turística del cantón Gualaceo*. Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, K. (2018). *Evaluación del volumen de captura de carbono en la chakra andina en tres pisos altitudinales en la parroquia San Miguel de Porotos, provincia del Cañar y su aporte al efecto invernadero* [Universidad Politécnica Salesiana]. http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15109

Raihan, A., & Tuspekova, A. (2022). *World Development Sustainability Dynamic impacts of economic growth , energy use , urbanization , agricultural productivity , and forested area on carbon emissions : New insights from Kazakhstan*. *1*(June). https://doi.org/10.1016/j.wds.2022.100019

Ramírez, J., & Chagna, J. (2019). Carbon sequestration in the aerial biomass of a plantation of Eucalyptus grandis W. Hill. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, *7*(1), 86–97. http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/402

Ray Biswas, R., Sharma, R., & Gyasi-Agyei, Y. (2022). Adaptation to climate change: A study on regional urban water management and planning practice. *Journal of Cleaner Production*, *355*, 131643. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131643

RGGI, Inc. (2021). *The Regional Greenhouse Gas Initiative (RGGI, Inc.)* . https://www.rggi.org/

Roca Villanueva, B., Beltrán Salvador, M., & Gómez Huelgas, R. (2019). *Change climate and health*. *219*, 260–265.

Rodríguez, R., Jiménez, J., Aguirre, Ó., Treviño, E., & Razo, R. (2009). Estimación de carbono almacenado en el bosque de pino-encino en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México. *Ra Ximhai*, *5*, 317–327. https://repositorio.unam.mx/contenidos/estimacion-de-

carbono-almacenado-en-el-bosque-de-pino-encino-en-la-reserva-de-la-biosfera-el-cielo-tamaulipas-mexico-36658?c=EBx7aM&d=true&q=*:*&i=1&v=1&t=search_0&as=0

Roebuck, A., Hurley, L., & Slater, D. (2022). Assessing the species diversity and vulnerability of urban tree populations in the London borough of Westminster. *Urban Forestry & Urban Greening*, *74*, 127676. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2022.127676

Rytter, R. M. (2012). The potential of willow and poplar plantations as carbon sinks in Sweden. *Biomass and Bioenergy*, *36*, 86–95. https://doi.org/10.1016/J.BIOMBIOE.2011.10.012

Sales, L., Ribeiro, B. R., Chapman, C. A., & Loyola, R. (2020). Multiple dimensions of climate change on the distribution of Amazon primates. *Perspectives in Ecology and Conservation*, *18*(2), 83–90. https://doi.org/10.1016/J.PECON.2020.03.001

Sánchez, M. A. R. (2015). Matemático aplicado al CALCULO DE LA MUESTRA El tamaño de la muestra es (in)finito. *CIENCIA UNEMI*, *2*(3), 40–45. https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol2iss3.2009pp40-45p

Sanz-Elorza, M. (2018). *Cap 5- Efectos del cambio climático sobre la vegetación*.

Sarangle, S., Rajasekaran, A., Benbi, DK., & Chauhan, SK. (2018). Biomass and carbon stock,carbon sequestration potential under selected land use systems in punjab. *Forestry Research and Engineering: International Journal*, *Volume 2*(Issue 2), 75–80. https://doi.org/10.15406/FREIJ.2018.02.00029

SENDECO2. (2022). *Sendeco2*. https://www.sendeco2.com/es/

Shadman, S., Ahanaf Khalid, P., Hanafiah, M. M., Koyande, A. K., Islam, M. A., Bhuiyan, S. A., Kok, S. W., & Show, P. L. (2022). The carbon sequestration potential of urban public parks of densely populated cities to improve environmental sustainability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *52*, 102064. https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102064

Soler, P., Berroterán, J., Gil, J., & Acosta, R. (2012). Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela. *Agronomía Tropical*, *62*(4), 1–4. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Gil-26/publication/290436874_Indice_valor_de_importancia_diversidad_y_similaridad_floristica_de_especies_lenosas_en_tres_ecosistemas_de_los_llanos_centrales_de_Venezuela/links/569820d408aec79ee32b7337/Indice-valor-de-importancia-diversidad-y-similaridad-floristica-de-especies-lenosas-en-tres-ecosistemas-de-los-llanos-centrales-de-Venezuela.pdf

Stoffberg, G. H., van Rooyen, M. W., van der Linde, M. J., & Groeneveld, H. T. (2010). Carbon sequestration estimates of indigenous street trees in the City of Tshwane, South Africa. *Urban Forestry and Urban Greening*, *9*(1), 9–14. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2009.09.004

Sultana, R., Ahmed, Z., Hossain, Md. A., & Begum, B. A. (2021). Impact of green roof on human comfort level and carbon sequestration: A microclimatic and comparative assessment in Dhaka City, Bangladesh. *Urban Climate*, *38*, 100878. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100878

Sun, X., Fang, W., Gao, X., An, H., Liu, S., & Wu, T. (2022). Complex causalities between the carbon market and the stock markets for energy intensive industries in China. *International Review of Economics & Finance*, *78*, 404–417. https://doi.org/10.1016/J.IREF.2021.12.008

Tsai, W. T. (2014). Chlorofluorocarbons. *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 883–884. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01118-0

Ulucak, R., Yücel, A. G., & Koçak, E. (2019). The Process of Sustainability: From Past to Present. In B. Ozcan & I. Ozturk (Eds.), *Environmental Kuznets Curve (EKC)*. Elsevier.

Vechi, N. T., Mellqvist, J., & Scheutz, C. (2022). Quantification of methane emissions from cattle farms, using the tracer gas dispersion method. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *330*(February), 107885. https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107885

Vu, T. V. (2021). Do genetically fragmented societies respond less to global warming? Diversity and climate change policies. *Energy Economics*, *104*, 105652. https://doi.org/10.1016/J.ENECO.2021.105652

Wang, T. P., & Teng, F. (2022). A multi-model assessment of climate change damage in China and the world. *Advances in Climate Change Research*, *13*(3), 385–396. https://doi.org/10.1016/J.ACCRE.2022.04.005

Wei, H., Zhang, J., Xu, Z., Hui, T., Guo, P., & Sun, Y. (2022). The association between plant diversity and perceived emotions for visitors in urban forests: A pilot study across 49 parks in China. *Urban Forestry & Urban Greening*, *73*, 127613. https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2022.127613

Work, C. (2019). Climate change and conflict: Global insecurity and the road less traveled. *Geoforum*, *102*, 222–225. https://doi.org/10.1016/J.GEOFORUM.2018.11.004

World Wild Life [WWF]. (2022). *Efectos del Cambio Climatico* .

Xiao, B., Fan, Y., Guo, X., Voigt, S., & Cui, L. (2022). Effects of linking national carbon markets on international macroeconomics: An open-economy E-DSGE model. *Computers & Industrial Engineering*, *169*, 108166. https://doi.org/10.1016/J.CIE.2022.108166

Zhang, F., Xu, N., Wang, C., Wu, F., & Chu, X. (2020). Effects of land use and land cover change on carbon sequestration and adaptive management in Shanghai, China. *Physics and Chemistry of the Earth*, *120*, 102948. https://doi.org/10.1016/j.pce.2020.102948

Zhang, Y., Meng, W., Yun, H., Xu, W., Hu, B., He, M., Mo, X., & Zhang, L. (2022). Is urban green space a carbon sink or source? - A case study of China based on LCA method. *Environmental Impact Assessment Review*, *94*, 106766. https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2022.106766

Zhao, Q., Yu, P., Mahendran, R., Huang, W., Gao, Y., Yang, Z., Ye, T., Wen, B., Wu, Y., Li, S., & Guo, Y. (2022). Global climate change and human health: Pathways and possible solutions. *Eco-Environment & Health*, *1*(2), 53–62. https://doi.org/10.1016/J.EEHL.2022.04.004

Zhou, X., Gao, Y., Wang, P., & Zhu, B. (2022). Examining the overconfidence and overreaction in China ' s carbon markets. *Economic Analysis and Policy*, *75*, 472–489. https://doi.org/10.1016/j.eap.2022.06.001

Zhu, B., Tang, J., Wang, P., & Zhang, L. (2022). Exploring the drivers of carbon market risk: A meta regression analysis. *Journal of Cleaner Production*, *352*, 131538. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131538

Zuluaga, S., Speziale, K. L., & Lambertucci, S. A. (2022). Flying wildlife may mask the loss of ecological functions due to terrestrial habitat fragmentation. *Science of the Total Environment*, *803*, 150034. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150034

7 Anexos

7.1.Anexo 1: Inventario forestal de la ribera del río Tarqui

Nombre común	Nombre científico	Fotografía	# de individuos	Origen
Acacia	*Acacia dealbata Link*		34	Introducida
Acacia negra	*Acacia melanoxylon*		17	Introducida

Álamo blanco	*Populus alba L.*		51	Introducida
Aliso	*Alnus acuminata Kunth*		63	Nativa

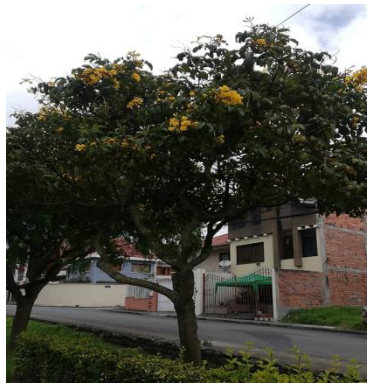
Arupo	*Chionanthus pubescens Kunth*		5	Nativa
Capulí	*Prunus serótina Ehrh*		38	Nativa

Cedro	*Cedrela montana Moritz ex Turcz*		25	Introducida
Cepillo	*Callistemon lanceolatus Sweet*		10	Introducida

Cepillo blanco	*Callistemon salignus (Sm.) Sweet*		17	Introducida
Cereza magenta	*Syzygium paniculatum (Lam.) DC.*		3	Introducida

Ciprés	*Cupressus macrocarpa Hartw*		48	Introducida
Cucarda	*Hibiscus rosa-sinensis L*		3	Introducida

Eucalipto	*Eucalyptus globulus Labill*		1540	Introducida
Eucalipto limón	*Eucalyptus citriodora Hook*		3	Introducida

Fresno	*Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth*		28	Introducida
Guaba	*Inga edulis*		6	Nativa

Guabisay	*Podocarpus sprucei Parl*		8	Nativa
Guaylo	*Delostoma integrifolium*		6	Nativa

Huesito	*Pittosporum undulatum Vent*		6	Introducida
Jacarandá	*Jacaranda mimosifolia D. Don*		10	Introducida

Molle	*Schhus molle L*		8	Introducida
Mora de árbol	*Morus nigra*		2	Introducida

Níspero	*Eriobotrya japonica*		2	Introducida
Nogal	*Uglans neotropica Diels*		5	Nativa

Palo de fierro	*Myrrhinium atropurpureum Schott*		1	Nativa
Pino	*Pinus radiata*		3	Introducida

Ramo de novia	*Yucca guatemalensis Baker*		32	Introducida
Sauce	*Salix humboldtiana*		310	Nativa

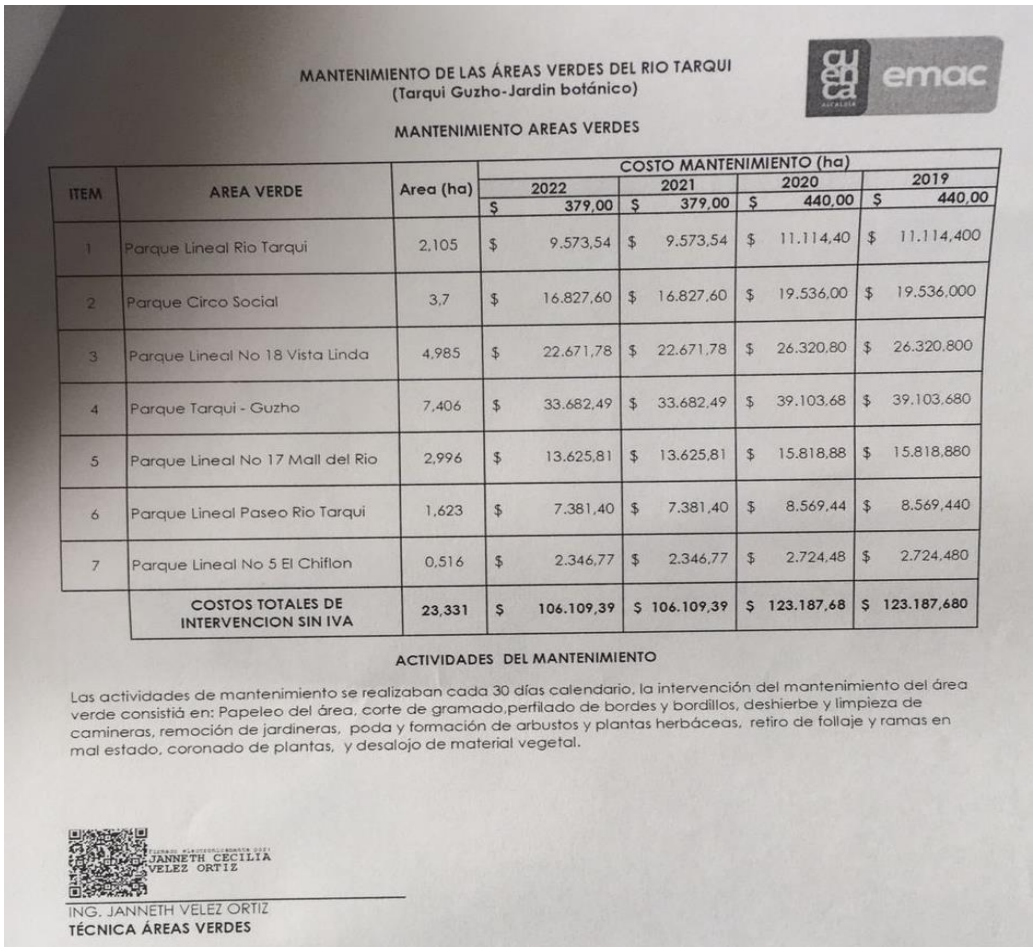
Tilo	*Sambucus mexicana C. Presl ex DC.*		18	Introducida
Turbinto	*Schinus terebinthifolia Raddi*		4	Introducida

Urapan	*Fraxinus excelsior L.*		4	Introducida
Yubar	*Myrsine andina (Mez) Pipoly*		13	Nativa

7.2.Anexo 2. Costos de mantenimiento Áreas verdes del Río Tarqui

Área verde	Área (ha)	Costo de Mantenimiento			
		2019	2020	2021	2022
Parque Lineal Río Tarqui	2,105	11.114,40	11.114,40	9.573,54	9.573,54
Parque Circo Social	3,7	19.536,00	19.536,00	16.827,60	16.827,60
Parque Lineal N° 18 Vista Linda	4,985	26.320,80	26.320,80	22.671,78	22.671,78
Parque Tarqui-Guzho	7,406	39.103,68	39.103,68	33.682,49	33.682,49
Parque Lineal N° 17 Mall del Río	2,996	15.818,88	15.818,88	13.625,81	13.625,81
Parque Lineal Paseo Río Tarqui	1,623	8.569,44	8.569,44	7.381,40	7.381,40
Parque Lineal N° 5 El Chiflon	0,516	2.724,48	2.724,48	2.346,77	2.346,77
Total	23,331	123.187,68	123.187,68	106.109,39	106.109,39

Fuente: EMAC EP



MANTENIMIENTO DE LAS ÁREAS VERDES DEL RIO TARQUI
(Tarqui Guzho-Jardin botánico)

MANTENIMIENTO AREAS VERDES

ITEM	AREA VERDE	Area (ha)	COSTO MANTENIMIENTO (ha) 2022 $ 379,00	2021 $ 379,00	2020 $ 440,00	2019 $ 440,00
1	Parque Lineal Rio Tarqui	2,105	$ 9.573,54	$ 9.573,54	$ 11.114,40	$ 11.114,400
2	Parque Circo Social	3,7	$ 16.827,60	$ 16.827,60	$ 19.536,00	$ 19.536,000
3	Parque Lineal No 18 Vista Linda	4,985	$ 22.671,78	$ 22.671,78	$ 26.320,80	$ 26.320,800
4	Parque Tarqui - Guzho	7,406	$ 33.682,49	$ 33.682,49	$ 39.103,68	$ 39.103,680
5	Parque Lineal No 17 Mall del Rio	2,996	$ 13.625,81	$ 13.625,81	$ 15.818,88	$ 15.818,880
6	Parque Lineal Paseo Rio Tarqui	1,623	$ 7.381,40	$ 7.381,40	$ 8.569,44	$ 8.569,440
7	Parque Lineal No 5 El Chiflon	0,516	$ 2.346,77	$ 2.346,77	$ 2.724,48	$ 2.724,480
	COSTOS TOTALES DE INTERVENCION SIN IVA	23,331	$ 106.109,39	$ 106.109,39	$ 123.187,68	$ 123.187,680

ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento se realizaban cada 30 días calendario, la intervención del mantenimiento del área verde consistiá en: Papeleo del área, corte de gramado,perfilado de bordes y bordillos, deshierbe y limpieza de camineras, remoción de jardineras, poda y formación de arbustos y plantas herbáceas, retiro de follaje y ramas en mal estado, coronado de plantas, y desalojo de material vegetal.

JANNETH CECILIA VELEZ ORTIZ

ING. JANNETH VELEZ ORTIZ
TÉCNICA ÁREAS VERDES

7.3.Anexo 3. Flujos de efectivo de diferentes escenarios planteados

Flujo de efectivo Escenario 1a

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 72.721,67	$ 4.182,00	$1.820.223,37	$ 104.675,46	$ 1.715.547,91
2	$ 72.721,67	$ 3.889,20	$1.820.223,37	$ 97.346,68	$ 1.722.876,69
3	$ 72.721,67	$ 3.596,40	$1.820.223,37	$ 90.017,89	$ 1.730.205,48
4	$ 72.721,67	$ 3.303,60	$1.820.223,37	$ 82.689,11	$ 1.737.534,26
5	$ 72.721,67	$ 3.010,80	$1.820.223,37	$ 75.360,32	$ 1.744.863,04

Flujo de efectivo Escenario 1b

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 17.425,85	$ 4.182,00	$ 436.169,00	$ 104.675,46	$ 331.493,54
2	$ 17.425,85	$ 3.889,20	$ 436.169,00	$ 97.346,68	$ 338.822,33
3	$ 17.425,85	$ 3.596,40	$ 436.169,00	$ 90.017,89	$ 346.151,11
4	$ 17.425,85	$ 3.303,60	$ 436.169,00	$ 82.689,11	$ 353.479,90
5	$ 17.425,85	$ 3.010,80	$ 436.169,00	$ 75.360,32	$ 360.808,68

Flujo de efectivo Escenario 1c

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 63.494,14	$ 4.182,00	$1.589.258,26	$ 104.675,46	$ 1.484.582,80
2	$ 63.494,14	$ 3.889,20	$1.589.258,26	$ 97.346,68	$ 1.491.911,58
3	$ 63.494,14	$ 3.596,40	$1.589.258,26	$ 90.017,89	$ 1.499.240,36
4	$ 63.494,14	$ 3.303,60	$1.589.258,26	$ 82.689,11	$ 1.506.569,15
5	$ 63.494,14	$ 3.010,80	$1.589.258,26	$ 75.360,32	$ 1.513.897,93

Flujo de efectivo Escenario 1d

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 10.176,05	$ 4.182,00	$ 254.706,54	$ 104.675,46	$ 150.031,08
2	$ 10.176,05	$ 3.889,20	$ 254.706,54	$ 97.346,68	$ 157.359,86

3	$ 10.176,05	$ 3.596,40	$ 254.706,54	$ 90.017,89	$ 164.688,65
4	$ 10.176,05	$ 3.303,60	$ 254.706,54	$ 82.689,11	$ 172.017,43
5	$ 10.176,05	$ 3.010,80	$ 254.706,54	$ 75.360,32	$ 179.346,22

Flujo de efectivo Escenario 2b

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 45.291,07	$ 4.182,00	$1.133.635,46	$ 104.675,46	$ 1.028.960,00
2	$ 45.291,07	$ 3.889,20	$1.133.635,46	$ 97.346,68	$ 1.036.288,78
3	$ 45.291,07	$ 3.596,40	$1.133.635,46	$ 90.017,89	$ 1.043.617,57
4	$ 45.291,07	$ 3.303,60	$1.133.635,46	$ 82.689,11	$ 1.050.946,35
5	$ 45.291,07	$ 3.010,80	$1.133.635,46	$ 75.360,32	$ 1.058.275,14

Flujo de efectivo Escenario 2b

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 22.934,34	$ 4.182,00	$ 574.046,46	$ 104.675,46	$ 469.371,00
2	$ 22.934,34	$ 3.889,20	$ 574.046,46	$ 97.346,68	$ 476.699,78
3	$ 22.934,34	$ 3.596,40	$ 574.046,46	$ 90.017,89	$ 484.028,57
4	$ 22.934,34	$ 3.303,60	$ 574.046,46	$ 82.689,11	$ 491.357,35
5	$ 22.934,34	$ 3.010,80	$ 574.046,46	$ 75.360,32	$ 498.686,14

Flujo de efectivo Escenario 2c

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					$ -154.041,00
1	$ 3.176,83	$ 4.182,00	$ 79.516,07	$ 104.675,46	$ -25.159,39
2	$ 3.176,83	$ 3.889,20	$ 79.516,07	$ 97.346,68	$ -17.830,61
3	$ 3.176,83	$ 3.596,40	$ 79.516,07	$ 90.017,89	$ -10.501,82
4	$ 3.176,83	$ 3.303,60	$ 79.516,07	$ 82.689,11	$ -3.173,04
5	$ 3.176,83	$ 3.010,80	$ 79.516,07	$ 75.360,32	$ 4.155,75