



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

ESTIMACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO DE CUATRO  
ESPECIES ARBÓREAS PREDOMINANTES DE LAS RIBERAS DEL RÍO  
MACHÁNGARA, CUENCA - ECUADOR.

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

AUTORES: DANIEL FERNANDO CAJILEMA YUQUILEMA  
DEYSI FABIOLA FERNÁNDEZ VERDUGO  
TUTOR: DR. FREDI LEONIDAS PORTILLA FARFÁN, Ph.D.

Cuenca - Ecuador  
2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE  
TITULACION**

Nosotros, Daniel Fernando Cajilema Yuquilema con documento de identificación N° 0150360162 y Deysi Fabiola Fernández Verdugo con documento de identificación N° 0302305958; manifestamos que:

Somos los autores 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 trabajo de titulación.

Cuenca, 28 de febrero del 2023.

Atentamente,



---

Daniel Fernando Cajilema Yuquilema  
0150360162



---

Deysi Fabiola Fernández Verdugo  
0302305958

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

Nosotros, Daniel Fernando Cajilema Yuquilema con documento de identificación N° 0150360162 y Deysi Fabiola Fernández Verdugo con documento de identificación N° 0302305958, 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 autores del Trabajo experimental: “Estimación de la capacidad de captura de carbono de cuatro especies arbóreas predominantes de las riberas del río Machángara, Cuenca - Ecuador.”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero/a 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, 28 de febrero del 2023.

Atentamente,



---

Daniel Fernando Cajilema Yuquilema  
0150360162



---

Deysi Fabiola Fernández Verdugo  
0302305958

## 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 CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO DE CUATRO ESPECIES ARBÓREAS PREDOMINANTES DE LAS RIBERAS DEL RÍO MACHÁNGARA, CUENCA - ECUADOR., realizado por Daniel Fernando Cajilema Yuquilema con documento de identificación N° 0150360162 y por Deysi Fabiola Fernández Verdugo con documento de identificación N° 0302305958, obtenido como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de febrero del 2023.

Atentamente,



Dr. Fredi Leonidas Portilla Farfán, Ph.D.

0102824331

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mis padres Juan y Liliana, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño, apoyo incondicional y por sus consejos para hacer de mí una mejor persona, a mis hermanas María y Vanessa por siempre apoyarme sin importar la distancia. A mi amigo Daniel que es una excelente persona que gracias al esfuerzo y dedicación logramos culminar esta etapa. Y de manera especial para mis amigos: Paola, Henry, Luis que me brindaron su apoyo y siempre estuvieron para mí.*

***Deysi Fabiola Fernández Verdugo***

*Este logro alcanzado se la dedico a mis padres José y Lorenza, quienes me supieron aconsejar, dar fuerzas y ánimos para seguir adelante, a no darme por vencido en los momentos de cansancio y frustración; alentándome siempre a seguir hasta el final con las sabias palabras de, ya estás en la mitad de tus metas, ya te falta poco, ya estas a un paso de lograrlo, ya pasaste lo más difícil y finalmente decir, lo lograste, estoy orgulloso de ti. Como no también agradecer a mis amigos quienes me brindaron su apoyo, y han sido importante en este camino, ya que sin ustedes no sería tan extraordinario la vida universitaria, gracias por todo: Carmen, Karol, Carlos, Derek, Freddy, Mariela, Andrea...*

*Para Deysi, una gran amiga y compañera quien, en esta investigación, que gracias a su apoyo y esfuerzo logramos cumplir nuestro objetivo.*

***Daniel Fernando Cajilema Yuquilema***

## AGRADECIMIENTOS

*Primeramente, agradecemos a Dios por concedernos salud y sabiduría para culminar el presente trabajo.*

*De la misma manera agradecemos infinitamente a nuestros padres por saber apoyarnos en nuestro ciclo académico, para lograr nuestros propósitos y metas en la vida.*

*A la Universidad Politécnica Salesiana por abrirnos las puertas para nuestra formación profesional y humana. A los docentes que conforman la carrera de Ingeniería Ambiental por brindarnos sus conocimientos y de manera especial a nuestro tutor Doctor Fredi Portilla por su tiempo, paciencia y saber guiarnos en la investigación.*

*Finalmente, a las personas que estuvieron prestas en ayudarnos en todas las etapas de la investigación.*

***Los Autores***

## RESUMEN

En la actualidad los bosques urbanos juegan un papel muy importante en la lucha frente al cambio climático, pues funcionan como sumideros de carbono. Valorar este servicio ecosistémico que proporcionan los árboles permite la generación de proyectos y medidas de mitigación al cambio climático. En este contexto, la presente investigación se orienta a estimar el potencial de captura de carbono de la flora arbórea de la ribera urbana del río Machángara en ciudad de Cuenca, Ecuador. El área de estudio comprende 23,81 ha en donde se identificaron 2481 árboles distribuidos en 30 especies. El estudio de la estimación de captura de carbono se aplicó a cuatro especies predominantes: *Eucalyptus globulus*, *Salix humboldtiana*, *Alnus acuminata* y *Acacia dealbata*, para lograr con dicho objetivo se utilizó el método indirecto y se obtuvo un valor de aproximadamente 17496,55 Ton de CO<sub>2</sub> que equivale a 734,84 Ton/ha. Las especies en dominancia de captura de CO<sub>2</sub> fueron: *Eucalyptus globulus* con 14,83 Ton de CO<sub>2</sub>/individuo y *Salix humboldtiana* con 1,3 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo, mientras que *Acacia dealbata* y *Alnus acuminata* que alcanzaron una media de 0,73 y 0,22 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo respectivamente. Se realizó, además, la valoración económica sobre el beneficio de la venta del bono de carbono referente a la captura de CO<sub>2</sub> obteniéndose un valor monetario de \$376.175,83 USD y mediante el análisis costo-beneficio se demostró viabilidad en el proyecto. Finalmente, se concluye que a pesar de que las especies introducidas ofrecen mejores índices en la captura de carbono, es recomendable optar por especies nativas en futuros proyectos de reforestación, ya que, a más de su beneficio de sumideros de carbono ofrecen un mejor beneficio ecológico al no alterar los ecosistemas nativos y proporcionan equilibrio en estos entornos naturales.

**Palabras claves:** Captura de CO<sub>2</sub>, bosques urbanos, sumideros de carbono, cambio climático, bonos de carbono.

## ABSTRACT

Currently, urban forests play a very important role in the fight against climate change since they function as carbon sinks. Valuing this ecosystem service provided by trees allows the generation of projects and measures to mitigate climate change. In this context, this research is aimed at estimating the carbon sequestration potential of the tree flora on the urban banks of the Machángara river in the city of Cuenca, Ecuador. The study area comprises 23.81 ha where 2481 trees distributed in 30 species were identified. The study of the estimation of carbon capture was applied to four predominant species: *Eucalyptus globulus*, *Salix humboldtiana*, *Alnus acuminata* and *Acacia dealbata*, to achieve this objective the indirect method was used and a value of approximately 17496.55 Ton of CO<sub>2</sub> which is equivalent to 734.84 Ton/ha. The species in CO<sub>2</sub> capture dominance were: *Eucalyptus globulus* with 14.83 Ton of CO<sub>2</sub>/individual and *Salix humboldtiana* with 1.3 Ton of CO<sub>2</sub>/individual, while *Acacia dealbata* and *Alnus acuminata* reached an average of 0.73 and 0.22 Ton of CO<sub>2</sub>/ individual respectively. In addition, the economic valuation of the benefit of the sale of the carbon credit referring to the capture of CO<sub>2</sub> was carried out, obtaining a monetary value of \$376,175.83 USD and through the cost-benefit analysis, the feasibility of the project was demonstrated. Finally, it is concluded that despite the fact that introduced species offer better carbon sequestration rates, it is advisable to opt for native species in future reforestation projects, since, in addition to their benefit from carbon sinks, they offer a better ecological benefit. by not disturbing native ecosystems and providing balance in these natural environments.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> capture, urban forests, carbon sinks, climate change, carbon credits.



## Índice general

1. Introducción.....	14
1.1. Problema .....	15
1.1.1. Justificación .....	16
1.2. Delimitación.....	18
1.3. Explicación de problema .....	18
1.4. Objetivos .....	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos .....	18
1. Fundamentación teórica.....	19
2.1. Cambio climático.....	19
2.1.1. Problemas globales del cambio climático .....	20
2.1.1.1. Impactos en la biodiversidad.....	21
2.1.1.2. Cambios en la criósfera y los océanos .....	21
2.1.1.3. Impacto en los medios de subsistencia y salud humana .....	22
2.1.2. Gases de efecto invernadero .....	23
2.2. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC).....	25
2.3. Valoración económica ambiental.....	27
2.3.1. Alcances y limitaciones de la valoración económica ambiental .....	28
2.4. Mercado de carbono.....	29

	10
2.4.1. Bonos de carbono.....	30
2.4.2. Sumideros de carbono.....	31
2.4.3. Vegetación urbana como sumideros de carbono.....	32
2.5. Inventariado forestal .....	33
2.5.1. Especies nativas .....	33
2.5.2. Especies introducidas .....	33
2. Materiales y Métodos .....	35
3.1. Diseño .....	35
3.2. Población y muestra.....	36
3.3. Primera etapa .....	37
3.3.1. Inventario forestal .....	37
3.3.2. Caracterización botánica .....	37
3.3.3. Evaluación de densidad y diversidad de especies .....	37
3.4. Segunda Fase .....	38
3.4.1. Cálculo de captura de carbono en biomasa forestal .....	38
3.4.1.1. Diámetro a la altura de pecho (DAP).....	39
3.4.1.2. Altura total del árbol .....	40
3.4.1.3. Determinación del peso verde de la biomasa aérea .....	40
3.4.1.4. Determinación del peso verde de la biomasa total.....	41
3.4.1.5. Determinación del peso verde de la biomasa seca.....	41

- 3.4.1.6. Cálculo de carbono aéreo total .....41
- 3.4.1.7. Cálculo del carbono radicular .....42
- 3.4.1.8. Cálculo carbono total .....42
- 3.4.1.9. Cálculo del dióxido de carbono capturado.....42
- 3.5. Tercera etapa.....43
  - 3.5.1. Valoración económica.....43
  - 3.5.2. Escenarios de venta de carbono .....43
  - 3.5.3. Análisis costo beneficio (ACB) .....44
    - 3.5.3.1. Valor Actual Neto (VAN).....44
    - 3.5.3.2. Tasa interna de retorno (TIR).....44
    - 3.5.3.3. Relación Costo-Beneficio .....45
- 4. Resultados y discusión.....46
  - 4.1. Inventario forestal .....46
    - 4.1.1. Densidad y diversidad de especies .....46
    - 4.1.2. Altura y DAP .....48
    - 4.1.3. Captura de carbono .....50
    - 4.1.4. Valoración económica.....53
      - 4.1.4.1. Determinación de la inversión inicial .....55
      - 4.1.4.2. Determinación de los ingresos .....55
      - 4.1.4.3. Flujo de efectivo proyectado.....57

4.1.4.4. Análisis costo-beneficio .....58

4.1.5. Plan de manejo ambiental .....58

5. Conclusiones .....66

5. Referencias .....68

6. Anexos .....86

6.1. Anexo 1: Inventario forestal .....86

6.2. Anexo 2: Inversión inicial para impulsar la implementación del proyecto. ..101

6.3. Anexo 3: Contratos del mantenimiento de las áreas verdes en la ciudad de  
Cuenca 102

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Alcances y limitaciones de la valoración económica .....	29
<b>Tabla 2.</b> Lista de especies arbóreas de la ribera del río Machángara.....	47
<b>Tabla 3.</b> Características morfométricas de las especies arbóreas estudiadas.....	48
<b>Tabla 4.</b> Resultados de captura de carbono.....	51
<b>Tabla 5.</b> Análisis de la valoración económica .....	53
<b>Tabla 6.</b> Valoración económica en diferentes estudios.....	55
<b>Tabla 7.</b> Ingresos proyectados para el proyecto.....	57

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Cambio en la temperatura global de la superficie de la tierra (1850-1900)..	20
<b>Figura 2.</b> Riesgos para los humanos y los ecosistemas debido a los cambios en los procesos terrestres como consecuencia del cambio climático.....	23
<b>Figura 3.</b> Proyecciones de concentración de GEI en la atmósfera .....	24
<b>Figura 4.</b> Emisiones antropógenas globales netas de GEI periodo 1990-2019 (a) y emisiones antropógenas globales de GEI e incertidumbres por gas, en relación con 1990 (b).	26
<b>Figura 5.</b> Mapa del área de estudio.....	36
<b>Figura 6.</b> Medición de la circunferencia a la altura del pecho.....	39
<b>Figura 7.</b> Medición de altura del árbol mediante hipsómetro.....	40
<b>Figura 8.</b> Variabilidad de la altura total de los árboles muestreados .....	49
<b>Figura 9.</b> Variabilidad del DAP de los árboles muestreados .....	50
<b>Figura 10.</b> Captura de carbono de especies nativas e introducidas .....	53
<b>Figura 11.</b> Modelo de regresión lineal de egresos proyectados hasta el año 2032 (10 periodos).....	57

# CAPÍTULO I

## 1. Introducción

Actualmente el cambio climático es un problema global y sus impactos son evidentes en todas partes del mundo y están causando fuertes perturbaciones en los diferentes sistemas y elementos del planeta (Sun et al., 2021). Como efecto del cambio climático la temperatura de la superficie global se ha calentado 1,09 °C desde el período de 1850 a 1900 y se pronostica que alcance los 3,2 °C de calentamiento para finales del siglo XXI si no se efectúan políticas climáticas adicionales (Lacroix et al., 2022).

La comprensión del peligroso impacto que el cambio climático provoca en los sistemas naturales y humanos, así como los riesgos y las vulnerabilidades inducidas al mismo, es un punto de partida sustancial para percibir el estado actual de emergencia climática (Fawzy et al., 2020). Por lo tanto, los investigadores y los formuladores de políticas en los últimos años han prestado mayor atención a la búsqueda de soluciones y nuevas acciones que ayuden a mitigar el cambio climático (Skeiryte et al., 2022).

La mitigación del cambio climático se refiere a las estrategias destinadas a reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero (NASA, 2023). En este contexto, el presente estudio se orienta a estimar y evaluar el potencial de captura de carbono de cuatro especies arbóreas predominantes en la ribera urbana del río Machángara en Cuenca, Ecuador. Las especies analizadas fueron, eucalipto (*Eucalyptus globulus*), sauce (*Salix humboldtiana*), aliso (*Alnus acuminata*) y acacia australiana (*Acacia dealbata*).

El estudio hace cuatro contribuciones. En primer lugar, se presenta un inventario de especies arbóreas de la ribera urbana del río Machángara, que permite tener información actualizada sobre la vegetación urbana, misma que se constituye importante para el desarrollo

de ciudades resilientes al cambio climático. En segundo lugar, se realizó la estimación del potencial de captura de carbono de las especies predominantes de la ribera, esto ayudará a indagar sobre la eficiencia de las especies nativas e introducidas para secuestrar el CO<sub>2</sub> atmosférico en su biomasa y proponer la vegetación urbana como sumideros de carbono. En tercer lugar, se analiza las posibilidades de obtener beneficios económicos a partir del servicio ecosistémico de captura de carbono en los árboles estudiados, mediante la venta de bonos de carbono. Y finalmente, se propone un plan de manejo para la ribera del río Machángara que servirá como herramienta para el manejo sostenible de este espacio verde urbano y permitir la prevalencia de los servicios y beneficios ambientales que ofrece dicho lugar.

### **1.1. Problema**

El cambio climático ha ocasionado el incremento de la temperatura, cambios en los patrones de las precipitaciones, aumento del nivel del mar, incendios, inundaciones y sequías son ejemplos incuestionables de este fenómeno (Djalante, 2019; Rehg & Staley, 2017). Este fenómeno es causado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que desencadenan la liberación de calor a la atmósfera (IPCC, 2018), de estos gases el dióxido de carbono es el de mayor preocupación ya que representa 80% de las emisiones (Cadet, 2022) y su liberación se atribuye principalmente a actividades antropogénicas que utilizan combustibles fósiles (Vaughn et al., 2014).

La capacidad de atrapar calor del dióxido de carbono y otros gases que producen el efecto invernadero se demostró a mediados del siglo XIX (Ortiz & Jackson, 2022) y su concentración en la atmósfera creció significativamente a raíz de la nueva era industrial; esto ha llevado a un aumento del calentamiento global debido a un desequilibrio en el ciclo energético de la tierra (Nasiri et al., 2022), causando impactos no solo al medio ambiente, sino también al ser humano. Pues, el cambio climático afecta directa o indirectamente a todos los sectores económicos, a la

salud y a la seguridad alimentaria (Derbile et al., 2022; Filho et al., 2022; van der Merwe et al., 2022).

Los GEI actualmente se emiten a un ritmo que supera la peor proyección del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) (IPCC, 2021), y las concentraciones atmosféricas han aumentado en un 47 %, 156 % y 23 % para dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso(N<sub>2</sub>O) respectivamente desde el comienzo de la Revolución Industrial(Zhao et al., 2022), a raíz de este aumento el mundo se ha calentado aproximadamente 1,1 °C en comparación a las medias que existían entre 1850 y 1900 (IPCC, 2021).

En Ecuador, de acuerdo con el Inventario Nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) del 2012, las emisiones de GEI fueron de 80 627,16 Gg de CO<sub>2</sub>-eq, siendo el sector Energía el que generó mayores emisiones con 46,63%, en segundo lugar, el sector USCUS con 25,35%, seguido del sector Agricultura con 18,17%. Finalmente, los sectores Procesos industriales y de Residuos que registraron 5,67% y 4,19% respectivamente (Ministerio del Ambiente [MAE], 2017).

### **Justificación**

La vegetación urbana (bosques de parques y áreas verdes) ha sido catalogada como actora clave para combatir el cambio climático y se han propuesto como sumideros de carbono (Ariluoma et al., 2021) basados en su capacidad para secuestrar CO<sub>2</sub> en su biomasa vegetal (Zhang et al., 2022). Por tal razón, es importante estudiar el secuestro de carbono en las áreas verdes de las ciudades (Shadman et al., 2022).

Así mismo, considerando que la planificación y el manejo de los bosques urbanos son catalogados como una de las formas más acertadas y sostenibles de mitigar el cambio climático



(Ma et al., 2021) el proyecto se orienta a formular un plan de manejo ambiental orientado al aprovechamiento forestal como sumidero de carbono.

Por otro lado, en el ámbito del conocimiento, la bibliografía disponible demuestra que a nivel local, en la ciudad de Cuenca, Ecuador, son pocos los estudios de secuestro de carbono, por ejemplo, las investigaciones de (Jiménez & Peralta, 2019) y (Muñoz & Vásquez, 2020) que determinaron el volumen de captura de carbono en los parques urbanos de la ciudad; sin embargo, no existen estudios de captura de carbono de la flora arbórea de las riberas de los ríos, cuyo volumen forestal es el más significativo en la ciudad, por lo que es necesario realizar un estudio de este tipo, para completar los vacíos de conocimiento sobre el potencial de captura de carbono de las áreas forestales de la ciudad, y cuyos resultados además, servirán como aporte para los inventarios de GEI de la región, y como datos de análisis para los organismos investigadores sobre el cambio climático, como lo es el IPCC.

Finalmente, es preciso mencionar el objetivo 13 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que sostiene “la necesidad de adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos” (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2019), por tal motivo un punto clave para establecer estrategias de mitigación es conocer las oportunidades que se tiene en los recursos disponibles; en este contexto, los resultados de esta investigación aportarían directamente a este objetivo, pues al brindar datos de la capacidad de captura de carbono de especies forestales, se podrá establecer medidas de mitigación frente al cambio climático, por ejemplo, planes de reforestación o forestación con especies de tengan mayor potencial de secuestro de carbono. Además, el contar con un inventario forestal es muy importante para la generación de políticas de manejo y sostenibilidad ambiental de estas áreas forestales, que ayuden al correcto aprovechamiento de los servicios ambientales que ofrecen la flora arbórea a la ciudad.

## 1.2. Delimitación

El presente proyecto investigativo se realizó en el tramo urbano de la ribera del río Machángara, ubicado en el noreste de la Ciudad, Ecuador.

## 1.3. Explicación de problema

El cambio climático está afectando a todo el mundo, generando impactos irreversibles que pueden llegar a ser catastróficos si no se actúa de manera urgente. Es por esto, que a nivel global se indaga en la búsqueda de alternativas fiables para mitigar este fenómeno. La captura de carbono es una alternativa acertada y para su aplicación eficaz es necesario evaluar su máximo aprovechamiento. En este contexto nacen incertidumbres, como, por ejemplo, ¿qué especies son más eficientes en el proceso de captura de carbono? Basados en esta premisa, en la presente investigación se plantearon las siguientes hipótesis:

$H_0$  (hipótesis nula): “Las especies exóticas tienen mayor potencial de captura de carbono en comparación a las especies nativas”.

$H_1$  (hipótesis alternativa): “Las especies nativas tienen mayor potencial de captura de carbono en comparación a las especies exóticas”.

## 1.4. Objetivos

### Objetivo general

Determinar la capacidad de captura de carbono de cuatro especies predominantes de la flora arbórea nativas y exóticas, de la ribera urbana del río Machángara para determinar el volumen de secuestro de carbono presente en la biomasa.

### Objetivos específicos

- Identificar y caracterizar botánicamente las especies arbóreas existentes en la zona de estudio.

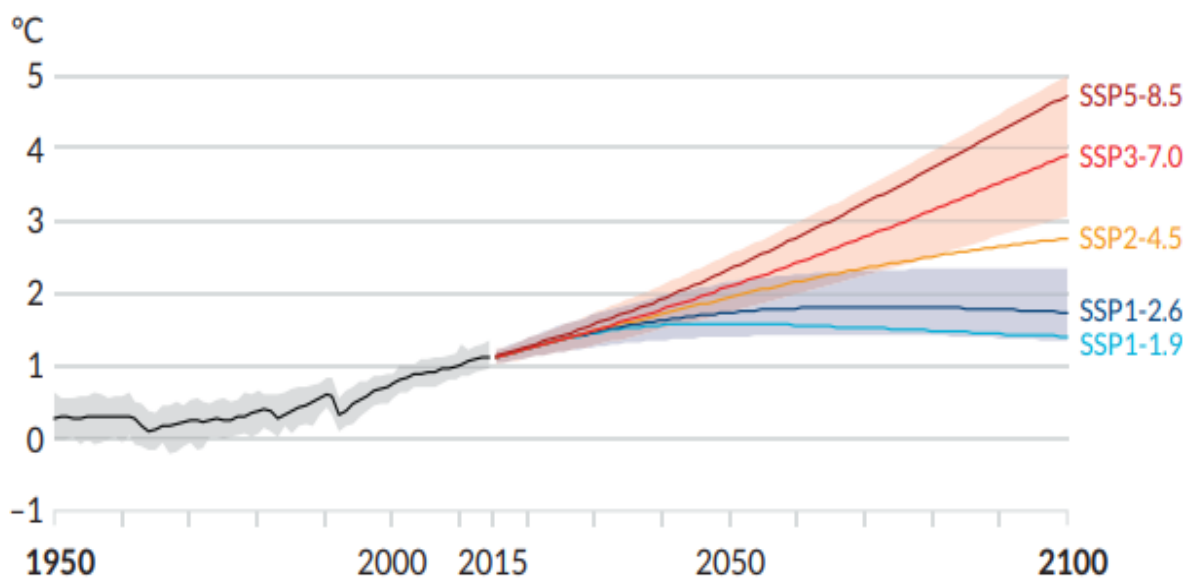
- Discriminar y caracterizar botánicamente las especies nativas de la zona de estudio.
- Seleccionar cuatro especies predominantes (dos nativas y dos exóticas) para comparar el nivel de captura de carbono.
- Calcular la valoración económica referente a la captura de carbono de las especies estudiadas.
- Formular una propuesta de manejo ambiental para la ribera del río Machángara que incluya el reemplazo o la implementación de especies que capturen carbono tomando en cuenta el estudio realizado.

## **1. Fundamentación teórica**

### **2.1. Cambio climático**

De acuerdo IPCC el cambio climático es la “variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos” (IPCC, 2013, p. 188). Este fenómeno está ocasionando grandes problemas en el ecosistema (Altamirano-León et al., 2022)afecta directamente a todos los seres vivos (Cavallo et al., 2022), constituyéndose de manera especial en una amenazada compleja para la vida silvestre (Salazar-Borunda et al., 2022). Se ha informado que el planeta ha aumentado su temperatura alrededor de 1,1 °C en comparación a las medias registradas entre 1850 y 1900 y se estima que si la trayectoria de desarrollo basado en combustibles fósiles se mantiene el mundo se calentará aproximadamente 4,8 °C más (ver figura 1) (IPCC, 2021).

**Figura 1.** Cambio en la temperatura global de la superficie de la tierra (1850-1900)



*Nota.* SSP, son las siglas en inglés de Trayectorias Socioeconómicas Compartidas, que se utilizan como escenarios de proyección. Obtenido de (IPCC, 2021).

### Problemas globales del cambio climático

Entre algunos de los problemas más relevantes del cambio climático están, la inminencia a una posible extinción de miles de seres vivos, la migración de especies hacia nuevas áreas (Salazar & González, 2021), la disminución en la productividad agropecuaria y agraria (Núñez-Rodríguez, 2021), el aumento de la temperatura, el cambio en los patrones de lluvia (Lasanta et al., 2022), la subida del nivel del mar; el deshielo de los glaciares (de Molina, 2022), los incendios forestales (Ríos & González, 2021), sequías, inundaciones (Núñez-Rodríguez & Carvajal-Rodríguez, 2021) y heladas (García, 2021)

Todo esto, como resultado de interacciones climáticas y ecológicas (Altamirano-León et al., 2022), la sobreexplotación de recursos naturales (Rodríguez-Pacheco et al., 2021), el incremento de la población mundial (Pino & Chávarri, 2022), el extractivismo (Rodríguez-

Tarducci & Ravella, 2021), por nombrar algunas, que se caracterizan por tener grandes influencias de cambio a largo plazo (Haddad & Martínez, 2021).

### **Impactos en la biodiversidad**

El cambio climático ha causado un impacto significativo en la biodiversidad y exige una pronta solución, que obliga a crear estrategias eficientes para la conservación de millones de plantas y animales de todo el planeta. Actualmente se estima que el 50 % de las especies de plantas vasculares están en peligro de extinción (Altamirano-León et al., 2022). Así mismo, de cerca de 7,7 millones de especies de animales, al menos el 20% se encuentra en peligro de desaparecer (Rodríguez, 2021). Además, de aproximadamente 105,000 especies estudiadas, 18% de insectos, 16% plantas y 8% de vertebrados se estima pierdan la mitad de su área geográfica y que los arrecifes de coral declinen en un 70–90% (IPCC, 2018).

### **Cambios en la criósfera y los océanos**

Por el cambio climático, el derretimiento de la capa de hielo polar se está acelerando, lo que resulta en una entrada masiva de agua dulce a los océanos (Defrance et al., 2020). Ya se reportado que la extensión del hielo marino del Ártico disminuye aproximadamente un 13% cada década. Y que a consecuencia del aumento de temperatura Groenlandia y la Antártida liberan más de 400.000 millones de toneladas de agua al año. Además, se estima que los glaciares más pequeños pierdan aproximadamente el 80% de su masa de hielo actual y que gran parte del suelo de permafrost se descongelará alrededor de un 25%, para el año 2100 en escenarios de las emisiones actuales (IPCC, 2019b).

El deshielo de polos y glaciares ha ocasionado que el nivel del mar aumente aproximadamente 15 cm durante el siglo XX (Siegert et al., 2020) y se estima que para 2100,

aun con una disminución drástica de emisiones, la subida podría ser de 30-60 cm. En cambio, si el calentamiento global sigue el ritmo actual, sería de 60-110 cm (Tollefson, 2021).

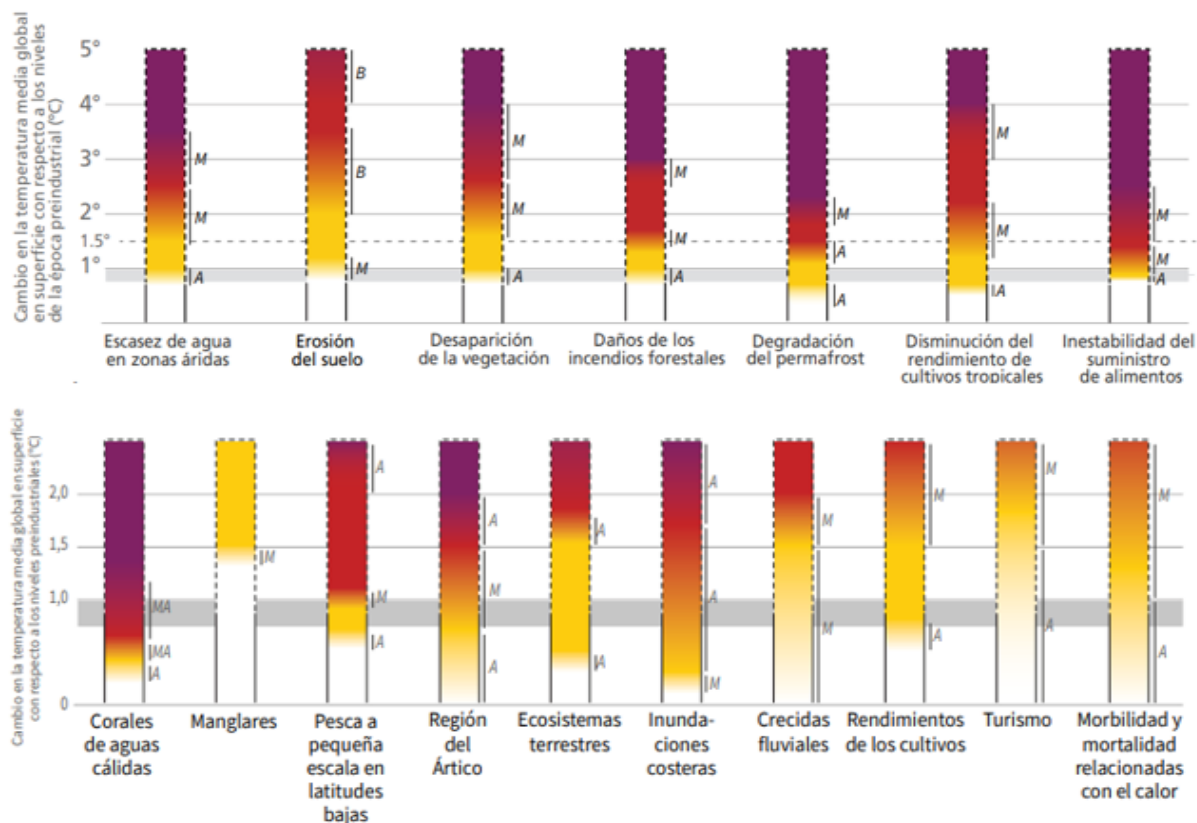
### **Impacto en los medios de subsistencia y salud humana**

Se prevé que los riesgos severos para la salud humana y sus medios de subsistencia, como la alimentación, el suministro de agua y el crecimiento económico (IPCC, 2018) (ver figura 2). En este contexto el IPCC ya advirtió que se aproxima una crisis alimentaria, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales si las emisiones de GEI continúan al ritmo actual, además que el aumento de las temperaturas puede reducir el valor nutricional y rendimientos de los cultivos (van der Geest & van den Berg, 2021), de esta manera la seguridad alimentaria será afectada a través de los cambios en los precios de los alimentos y otros factores estresantes relacionados con el mercado (cambiar la disponibilidad y calidad de las fuentes de alimentos) (van der Merwe et al., 2022). Lo que además afectaría directamente a los países pobres colocándolos en un alto riesgo de hambruna y desnutrición (IPCC, 2019a).

El cambio climático ha sido considerado como el mayor desafío para la salud mundial en el siglo XXI al afectar el entorno físico y el ecosistema y sus interacciones con los seres humanos (Zhao et al., 2022). De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud “se prevé que, entre 2030 y 2050, el cambio climático causará unas 250 000 muertes adicionales cada año debido a la malnutrición, el paludismo, la diarrea y el estrés calórico” (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021). Ya se ha revelado que las olas de calor por el cambio climático son causantes de enfermedades, endocrinas, nutricionales y metabólicas (Zhao et al., 2019), y además que podrían aumentar la tasa de mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Zhao et al., 2022). Así mismo, se ha informado que los niños los más

vulnerables al cambio climático al afrontar problemas de salud, como parto prematuro, retraso en el crecimiento, bajo peso y desnutrición (van der Merwe et al., 2022).

**Figura 2.** Riesgos para los humanos y los ecosistemas debido a los cambios en los procesos terrestres como consecuencia del cambio climático



*Nota.* En la gráfica, el color violeta indica riesgos muy altos de impactos/riesgos graves. El color rojo indica impactos/riesgos graves y generalizados. El color amarillo indica que los impactos/riesgos son detectables y atribuibles al cambio climático con un nivel de confianza medio, como mínimo. El color blanco indica que no hay impactos detectables ni atribuibles al cambio climático. Obtenido de (IPCC, 2018, 2019a).

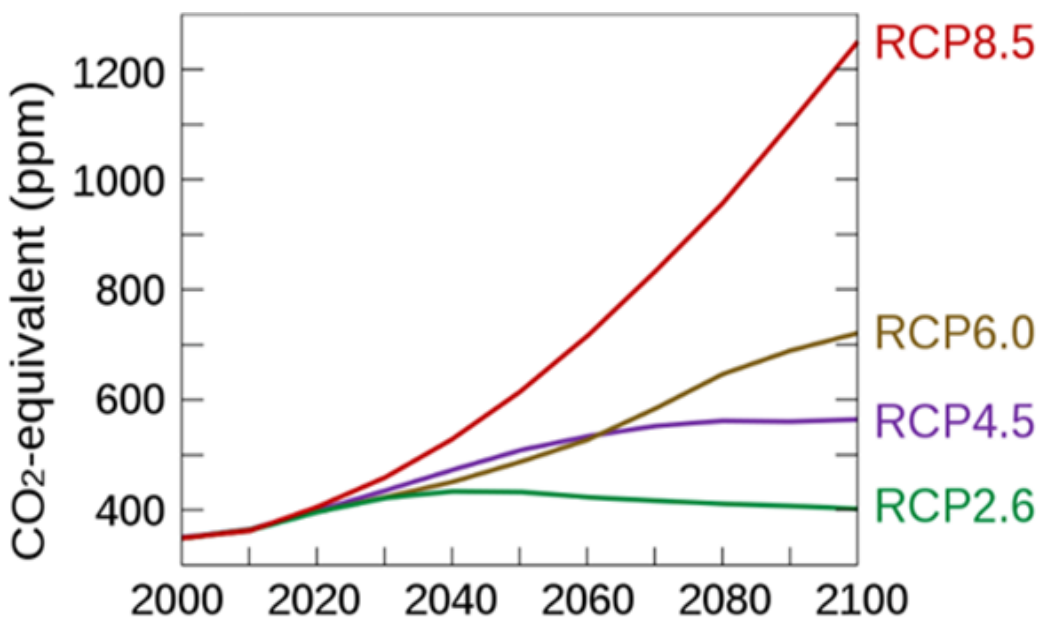
### Gases de efecto invernadero

Los GEI son aquellos que tienen la característica de retener parte del calor del sol y de esta manera permitir que las temperaturas de la Tierra se mantengan en un rango apto para la

vida (Chassoul et al., 2017). Sin embargo, el aumento de la concentración atmosférica de estos gases puede conducir a temperaturas que pondrían en peligro la subsistencia de los ecosistemas actuales (Thøgersen et al., 2021).

Se han reconocido siete GEI: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y los gases fluorados (hidrofluorocarbonos [HFC], los perfluorocarbonos [PFC], el hexafluoruro de azufre [ $\text{SF}_6$ ], y el trifluoruro de nitrógeno [ $\text{NF}_3$ ]) (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2022), y la emisión de estos gases se han considerado como el principal motivo del calentamiento global (Mercuriali et al., 2022). Actualmente su concentración es de aproximadamente 400 ppm y estima que, si la tasa de emisión de estos gases no cambia, para el 2100 su concentración alcanzará alrededor de 1200 ppm (ver figura 3), un 200% más en comparación a las concentraciones actuales de  $\text{CO}_2$  -equivalentes, esto derivaría y en un impacto catastrófico para el planeta (IPCC, 2018).

**Figura 3.** *Proyecciones de concentración de GEI en la atmósfera*



*Nota.* RCP, son las siglas en inglés de Trayectoria de Concentración Representativa, que se utilizan como escenarios de proyección. Obtenido de (IPCC, 2018).



Las principales fuentes de emisión de los GEI son, a agricultura, el consumo de combustibles fósiles por parte de las industrias y los automóviles (Vadikkeetil et al., 2022), y su concentración en la atmosfera ha sido evidencia desde ya hace mucho tiempo y ha ocasionado el incremento de temperatura media mundial entre 0,8 y 1,2°C registrado desde finales del siglo XIX (de Molina, 2022). Además, se ha estimado que para el 2030 la temperatura aumentará 1.5 °C (Salazar & González, 2021), mientras que, para finales de este siglo, existe un 93% de probabilidad que esta temperatura se incremente en más de 4° C (García, 2021).

Con el fin de mitigar en algo este problema mundial, se ha considerado que las emisiones de GEI deberían reducirse en al menos 25% para el año 2030 (Salazar & González, 2021). Pero, para lograr dicho propósito es necesario crear una formación íntegra de las nuevas generaciones con el fin de erradicar los comportamientos destructivos de los recursos ambientales (Núñez-Rodríguez & Carvajal-Rodríguez, 2021), desarrollar tecnologías que permitan la evaluación del impacto ambiental en ecosistemas (Núñez-Rodríguez, 2021) y que estos deben ser entendidos como estructuras ecológicas diferenciables (de Molina, 2022) lo que en la actualidad aún se ve como algo irrealizable, por el mismo hecho de que aún predominan los criterios débiles de sostenibilidad medioambientales, privilegiando economías basadas en consumo y más aún, no se ha dado una solución solvente a los problemas legítimos existentes en la regulación ambiental (Alarcón, 2021).

## **2.2. Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)**

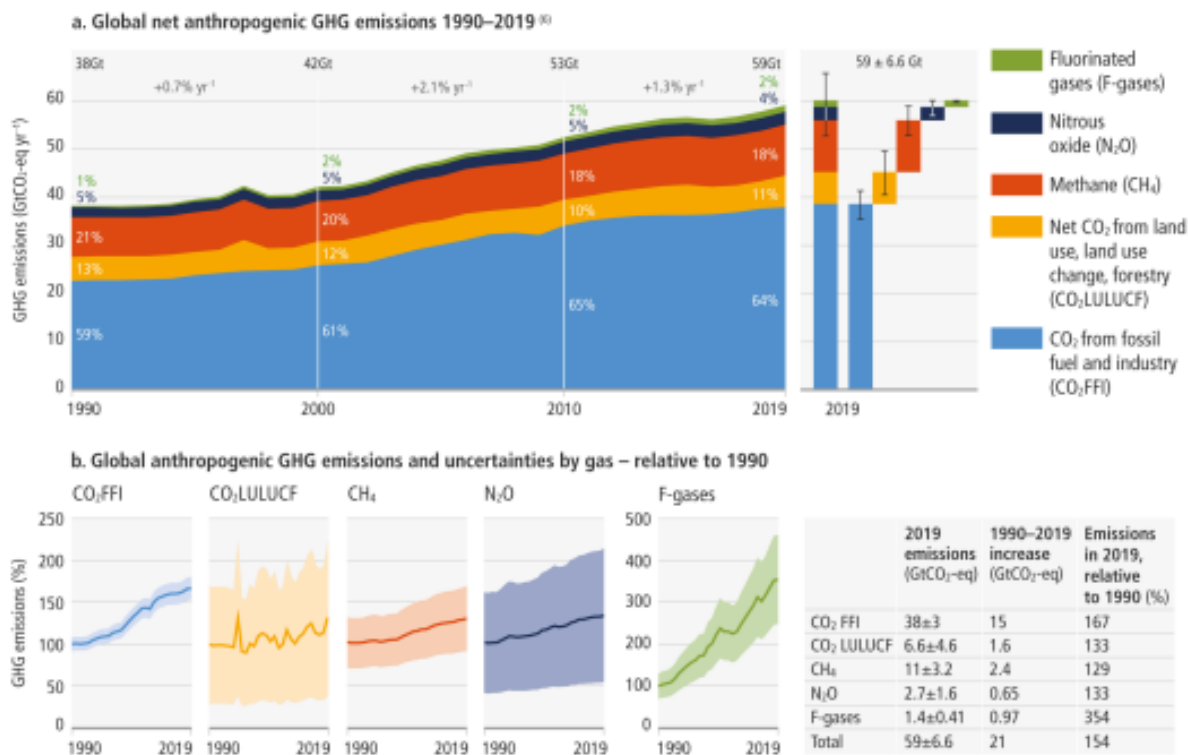
El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático fue creado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) al detectar el problema del cambio climático mundial, este organismo ha existido y dado forma al conocimiento sobre el cambio climático durante los últimos 32 años (Livingston & Rummukainen, 2020) y su función ha sido “evaluar sobre una base amplia, objetiva, abierta

y transparente la información científica, técnica y socioeconómica pertinente para comprender la base científica del riesgo de cambio climático inducido por el hombre, sus posibles impactos y opciones de adaptación y mitigación” (IPCC, 2010).

El IPCC en su Sexto Informe de Evaluación AR6 detallo que el cambio climático global solo podrá abordarse dentro de un contexto holístico del desarrollo sostenible y de los objetivos sociales relacionados con su desarrollo, incluidas las cuestiones de equidad y justicia (IPCC, 2022b). Además, desde hace algunos años ha recomendado la necesidad de adoptar políticas orientadas a fomentar modificaciones al sistema energético que incrementen la proporción de la energía renovable en el conjunto de energías con la finalidad de reducir la emisión de GEI y por ende mitigar el cambio climático(IPCC, 2011).

El AR6 informó que las emisiones antropógenas netas totales de GEI en todos los sectores a nivel mundial han seguido aumentando desde 1990 hasta la actualidad (ver figura 4). Sin embargo, en la última durante el período 2010-2019 se observa una disminución en comparación al periodo 2000-2010 y como parte de las reducciones de emisiones de CO<sub>2</sub> de los combustibles fósiles y los procesos industriales, se debe a las mejoras en la intensidad energética del PIB. Además, se sostuvo que una parte cada vez mayor de las emisiones puede atribuirse a las zonas urbanas (IPCC, 2022b). Por otro lado, el uso de la tierra para fines agrícolas, silvícolas y de otra índole supuso el 23% de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (IPCC, 2019a).

**Figura 4.** *Emisiones antropógenas globales netas de GEI periodo 1990-2019 (a) y emisiones antropógenas globales de GEI e incertidumbres por gas, en relación con 1990 (b).*



Nota: Las emisiones antropógenas globales netas de GEI incluyen el CO<sub>2</sub> de los combustibles fósiles combustión y procesos industriales (CO<sub>2</sub>-FFI); CO<sub>2</sub> neto del uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (CO<sub>2</sub>-LULUCF); metano (CH<sub>4</sub>); óxido nitroso (N<sub>2</sub>O); y fluorados GEI (F.gases: HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>). Obtenido de (IPCC, 2022b).

El AR6 aborda también la adaptación y vulnerabilidad de los sistemas sobre el cambio climático, el primero juega un papel importante en la reducción de la exposición y la vulnerabilidad al cambio climático. En este contexto el IPCC sostiene que la “planificación e inversión integradas e inclusivas en la toma de decisiones cotidianas sobre la infraestructura urbana, incluidas las infraestructuras sociales, ecológicas y grises/físicas, pueden aumentar la capacidad adaptativa de los asentamientos urbanos y rurales” (IPCC, 2022a).

### 2.3. Valoración económica ambiental

La valoración económica se define como “un conjunto de herramientas teóricas y metodológicas que se utilizan para identificar y cuantificar el valor de los recursos naturales, de

los bienes y de los servicios ambientales, así como de los costos ambientales asociados a la degradación de los ecosistemas” (Ministerio del Ambiente del Ecuador-Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, 2017).

Aunque, a pesar de que son pocos los recursos naturales que tienen un precio en el mercado, no siempre se les han considerado la amplia variedad de funciones que le amplían un valor económico superior. Esto ha desestimado su valor total cuando se toman decisiones relacionadas con su manejo (Báez-Quiñones, 2018).

De acuerdo con Rangel et al. (2013) el valor de los recursos naturales y el medio ambiente puede radicar en el cumplimiento de al menos cuatro funciones percibidas positivamente por la sociedad. Estas son:

- i) forman parte de la función de producción de gran cantidad de bienes y servicios económicos;
- ii) cumplen funciones ambientales, cuyos servicios son demandados por la sociedad;
- iii) actúan como receptores de residuos y desechos de diversos tipos;
- iv) constituyen un sistema integrado que proporciona los medios elementales para sostener toda clase de vida.

### **Alcances y limitaciones de la valoración económica ambiental**

Con relación a la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos, la evaluación del valor se hace considerando la afectación que su aprovechamiento produce al bienestar social. Esto ayuda a definir indicadores que contribuyen información importante para los procesos de toma de decisiones afines con políticas públicas o proyectos de bienestar social, relacionados con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Albarracín et al., 2018).

**Tabla 1.** Alcances y limitaciones de la valoración económica

<b>Alcances</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>i. Permite asignar valores monetarios a los bienes y servicios proporcionados por los recursos naturales, independientemente de si existen o no precios de mercado que ayuden a hacerlo.</li> <li>i. Estima los beneficios y costos asociados a los cambios en los ecosistemas que afectan el bienestar social.</li> <li>i. Genera información para la toma de decisiones relacionadas con la evaluación social de proyectos o políticas públicas; en particular, aquellas decisiones relacionadas con el aprovechamiento sostenible del ambiente y la conservación de los recursos naturales.</li> </ul>
<b>Limitaciones</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>i. El valor económico es subjetivo y, por lo tanto, puede variar entre individuos, sociedades y a lo largo del tiempo, dependiendo de sus condiciones particulares.</li> <li>ii. La maximización del bienestar individual depende de que todas las personas cuenten con información completa sobre el presente y el futuro.</li> <li>iii. Supone que la utilidad marginal del dinero es constante, pero en realidad es decreciente.</li> <li>iv. Los valores obtenidos a partir de los diferentes métodos pueden ser interpretados de diversas formas, dependiendo del enfoque teórico desde el cual se trabaje.</li> <li>v. Supone que todas las dimensiones del bienestar humano son conmensurables a una única unidad de medición, desconociendo la jerarquía de las necesidades humanas</li> </ul>

Nota. Obtenido de (Albarracín et al., 2018).

#### **2.4. Mercado de carbono**

El mercado del carbono es un mercado internacional que participan gobiernos, empresas o individuos, y se refiere a la generación, intercambio y comercialización de unidades de reducción de emisiones de GEI (ERUs, por sus siglas en inglés), este mercado se estableció en el Protocolo de Kioto, donde nacieron los mecanismos de flexibilidad (Sayago & Rodríguez, 2012):

- i) Mecanismo de Implementación Conjunta (IC), establece que los países desarrollados (del Anexo I de la CMNUCC) puedan financiar proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono en los países en transición, mediante la compra de unidades de reducción de emisiones de GEI (ERUs, por sus siglas en inglés) (Shiva, 2001, p. 47).
- ii) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), tienen la misma finalidad que los IC, con la diferencia que las reducciones se efectuarán en países de desarrollo, cuya finalidad se centra en el apoyo económico para lograr un desarrollo sostenible de los países beneficiados (Shiva, 2001, p. 48).
- iii) Comercio Internacional de Emisiones (CIE), permite la compraventa de derechos de emisión creados y asignados entre los países del Anexo B (Reichle, 2020).

### **Bonos de carbono**

Los bonos de carbono se pueden definir como el “conjunto de créditos de carbono que pueden generarse por diversas actividades de reducción de GEI” (Sayago & Rodríguez, 2012).

De acuerdo con (Salmán & Arredondo, 2020) los bonos de carbono pueden ser de cuatro tipos:

- i) Certificados de Reducción de Emisiones (CER por sus siglas en inglés): concedido a través de un MDL y se miden en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes, y el precio se

establece en la dinámica de bolsa de valores que se oferte de acuerdo con el escenario tratado.

- ii) Permisos de la Unión Europea (EUA por sus siglas en inglés): comercializa permisos de emisión, con la finalidad de que los países de la Unión Europea se preparen en sus compromisos de reducción de emisiones adjudicados en el Protocolo de Kyoto. Así cada país fracciona y fija un valor monetario a empresas de su territorio considerando un límite de emisión por empresa.
- iii) Unidades de Reducción de Emisiones (ERU por sus siglas en inglés): se refiere a un valor específico de emisiones de GEI que dejaron de producirse gracias a la ejecución de un proyecto de IC.
- iv) Unidades de Remoción de Emisiones (RMU por sus siglas en inglés): son créditos obtenidos a partir de la ejecución de proyectos de captura de carbono. Los RMU solo pueden ser obtenidos por países del Anexo I del Protocolo de Kioto mediante IC.

### **Sumideros de carbono**

Los sumideros de carbono son “cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol o un precursor de un gas de efecto invernadero”(Naciones Unidas, 1992). El océano es actualmente un importante sumidero de carbono, absorbiendo alrededor del 24% de las emisiones globales (Macovei et al., 2020). Sin embargo, este sumidero natural tiene un límite y la alta concentración de CO<sub>2</sub> a provocando la acidificación del océano (IPCC, 2014).

También los ecosistemas terrestres pueden actuar como sumideros de carbono(Pugh et al., 2016), entre estos están: los suelos y sedimentos de ecologías naturales costeras (como

estuarios , manglares, marismas, pantanos de marea, pastos marinos, etc.) (Deb & Mandal, 2021), lagos (Guo et al., 2022), suelos naturales o modificados (a través de plantas, residuos vegetales y otros sólidos orgánicos) (Leifeld & Keel, 2022), y la vegetación terrestre (bosques, pastizales, tierras de cultivo, matorrales y sabanas) que captura carbono a través de la fotosíntesis (Sha et al., 2022).

### **Vegetación urbana como sumideros de carbono**

La vegetación urbana (árboles, arbustos, pastos) se promueven como una medida de mitigación exitosa para el cambio climático debido a que actúa como sumidero de carbono al almacenar grandes cantidades de carbono en la madera sólida y otra materia orgánica. Además, reduce el contenido de CO<sub>2</sub> atmosférico al aumentar su acumulación en su biomasa durante la fotosíntesis (Zhang et al., 2022). Este almacenamiento de carbono en la vegetación y el suelo crea un ecosistema sostenible y ecológico en los espacios verdes urbanos, además la vegetación brinda otros beneficios como filtración del calor y reducción de la radiación, enfriando así la localidad cercana (Shadman et al., 2022).

En el contexto anterior, el estudio de secuestro de carbono de la vegetación urbana ha recibido mucha atención en los últimos años (Ariluoma et al., 2021; Uniyal et al., 2022), y se han realizado diversos estudios sobre captura de carbono en áreas urbanas a nivel mundial (Boukili et al., 2017; Nowak et al., 2013; Shadman et al., 2022; Stoffberg et al., 2010), nacional (Carvajal & Farinango, 2020; Castillo-Ruperti et al., 2022; Pintado & Astudillo, 2021) y local (Jiménez & Peralta, 2019; Muñoz et al., 2022); lo que evidencia un esfuerzo global para abordar el cambio climático mediante el aumento de las áreas forestales para almacenar más carbono en los árboles y, por lo tanto, compensar las emisiones producidas sobre todo en las ciudades (Ma



et al., 2021) que representan aproximadamente el 70% de las emisiones globales de GEI (Welegedara et al., 2021).

## **2.5. Inventariado forestal**

El Inventario forestal es importante para evaluar el estado de la vegetación forestal tanto en áreas urbanas como rurales, en términos diversidad y cobertura, esto permite tener una base solvente para evaluar la capacidad de un lugar específico para sustentar el desarrollo un bosque saludable y el aprovechamiento sustentable de sus beneficios (Love et al., 2022).

### **Especies nativas**

Una especie nativa es aquella cuyo taxón biológico es originario y restringido a un área o región en particular y que no se encuentra naturalmente en ningún otro lugar del mundo (Galápagos Conservansy, 2021) .

En el Ecuador existe una gran variedad de especies vegetales nativas debido a su biodiversidad de ecosistemas naturales, lo que lo ha convertido en uno de los países con mayor biodiversidad del planeta (Kleemann et al., 2022). Su patrimonio natural es de aproximadamente 18.000 especies de plantas vasculares, de las cuales 4.500 especies son catalogadas como endémicas (Andrade et al., 2021). Mientras que, si nos referimos a la biodiversidad local, específicamente a los márgenes de los ríos de Cuenca la biodiversidad asciende a 256 especies, de las cuales 161 (63 %) son nativas, 82 (32 %) son introducidas y 13 (5 %) son endémicas. Lo que significa que a pesar de las riberas de los ríos de Cuenca se encuentran actualmente alteradas, presentan una gran riqueza de especies nativas y endémicas de región sur del país (Minga & Verdugo, 2016).

### **Especies introducidas**

Una especie introducida es aquella cuyo taxón biológico no es “autóctono de un área o región en particular y que ha sido accidental o deliberadamente introducido en el área (Galápagos Conservansy, 2021). Pero su establecimiento y expansión geográfica posterior pueden o no involucrar la actividad humana. Sin embargo, actualmente en muchas partes del mundo, se han introducido especies de árboles no nativos para promover la producción de madera lo que ha aumentado las preocupaciones sobre su propagación y su impacto en la biodiversidad arbórea nativa (Löfroth et al., 2022).

## Capítulo II

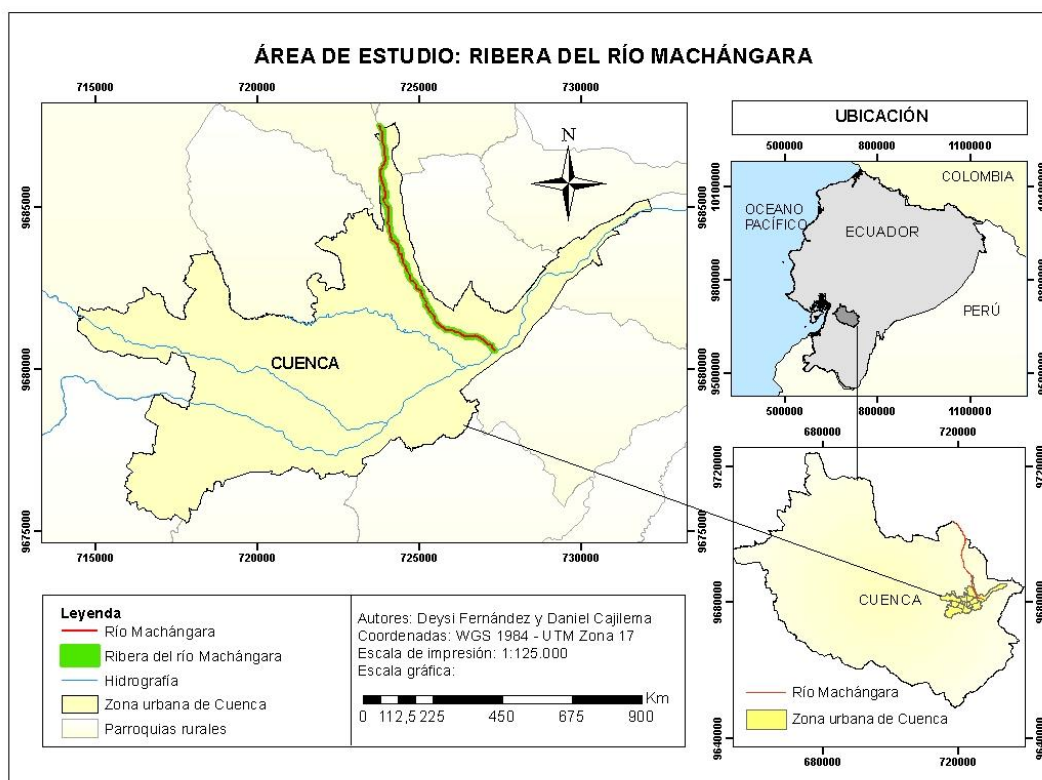
### 2. Materiales y Métodos

El proyecto se dividió en tres etapas. En primer lugar, se realizó el inventario forestal de las especies y se definió las cuatro especies predominantes a las cuales se efectuó el estudio de capacidad de captura de carbono. Luego en una segunda etapa se realizó la recolección de datos para la estimación de captura de carbono de las especies arbóreas previamente definidas. Finalmente, en una tercera etapa se estudió la valoración económica y análisis de bonos de carbono.

#### 3.1. Diseño

El proyecto se realizó en el tramo urbano río Machángara inicia en el sector del puente de Patamarca, geográficamente en las coordenadas  $x=724478,97$ ;  $y=9683399,32$ ; y termina en el sector de Eucaliptos donde se junta al río Tomebamba, específicamente en las coordenadas  $x=727331,37$ ;  $y=9680571,93$ . Este tramo del río tiene una longitud de 4,53 km, y su área ribereña es de 23,81 ha, gráficamente el área de estudio de muestra en la figura 5.

**Figura 5. Mapa del área de estudio**



### 3.2. Población y muestra

En este estudio la población es de tipo finita y corresponde al número de árboles de cuatro especies predominantes en la ribera urbana del río Machángara. Para determinar la cantidad de individuos, primeramente, se realizó un inventario forestal del área de estudio, luego con el objetivo de obtener resultados representativos se calculó el tamaño de muestra ecuación 1 (Aguilar-Barojas, 2005) y datos se recolectaron mediante un muestreo aleatorio simple para evaluaciones forestales, que consiste en la toma de datos de forma casual. en este método no existe problema de hallarse agrupaciones espaciales de árboles y áreas vacías en la distribución de parcelas (McRoberts et al., 1992).

$$n = \frac{NZ^2 pq}{d^2(N-1) + Z^2 pq} \quad (1)$$

donde:

$n$  = tamaño de la muestra

$N$  = tamaño de la población

$Z$  = nivel de confianza ( $Z=1.96$  cuando se tiene el 95% de seguridad)

$p$  = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia (0,05)

$q$  = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1- $p$ )

$d$  = nivel de precisión absoluta (5%)

### **3.3. Primera etapa**

#### **Inventario forestal**

El inventariado de especies arbóreas se realizó mediante observaciones in-situ, partiendo desde la zona alta del río. Para el muestreo de especies se consideraron sólo las especies arbóreas que tengan una altura mayor a 2 m (Pintado & Astudillo, 2021), esto con el objetivo de evitar muestrear arbustos o árboles que no han logrado o no podrán llegar a su completo desarrollo y morir por diversos factores, algunos antropogénicos como tala y/o maltrato del ejemplar u otros fisicoquímicos como, la gravedad, falta de agua, luz o nutrientes en el suelo, por citar algunos.

#### **Caracterización botánica**

Para el reconocimiento de las especies forestales y su caracterización se utilizó como base el “Libro de árboles y arbustos de los ríos de la ciudad de Cuenca” (Minga Ochoa & Verdugo Navas, 2016) y otras fuentes bibliográficas disponibles como las de (Muñoz & Vásquez, 2020) y (Pintado & Astudillo, 2021).

#### **Evaluación de densidad y diversidad de especies**

Se calculó la densidad absoluta y relativa de las especies identificadas mediante las siguientes ecuaciones (López-López et al., 2018):

$$Da = \frac{\text{Número de individuos de la especie } i}{A} \quad (2)$$

$$Dr = \frac{Da \text{ de cada especie } i}{Da \text{ de todas las especies}} * 100 \quad (3)$$

donde:

$Da$ =densidad absoluta

$Dr$ = densidad relativa

$A$ =área muestreada [ha]

La diversidad de especies se calculó mediante el Índice de (Shannon, 1949) que es una medida muy utilizada para determinar la diversidad de especies en la silvicultura, incluida la silvicultura urbana, ya que exhibe tanto la riqueza como la uniformidad de las especies y de obtiene mediante la siguiente ecuación (Love et al., 2022).

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (4)$$

donde:

$H'$  = Índice de Shannon

$S$ = número de especies distintas

$p_i$ = es la proporción de registros de árboles de la especie  $i$  en relación con el número total de registros

### 3.4. Segunda Fase

Para estimar la captura de carbono en los árboles se adoptó la metodología propuesta por Pintado y Astudillo, (2021), donde se utiliza un método no destructivo para calcular el peso de la masa forestal y luego obtener el peso de carbono capturado. A continuación, se detalla en método:

#### Cálculo de captura de carbono en biomasa forestal

### Diámetro a la altura de pecho (DAP)

La mediada se realiza a una altura de 1.3 m utilizando una cinta métrica, este dato se conoce como circunferencia a la altura del pecho y con el valor obtenido se calcula el DAP con la siguiente ecuación:

$$DAP = \frac{CAP}{\pi} \quad (5)$$

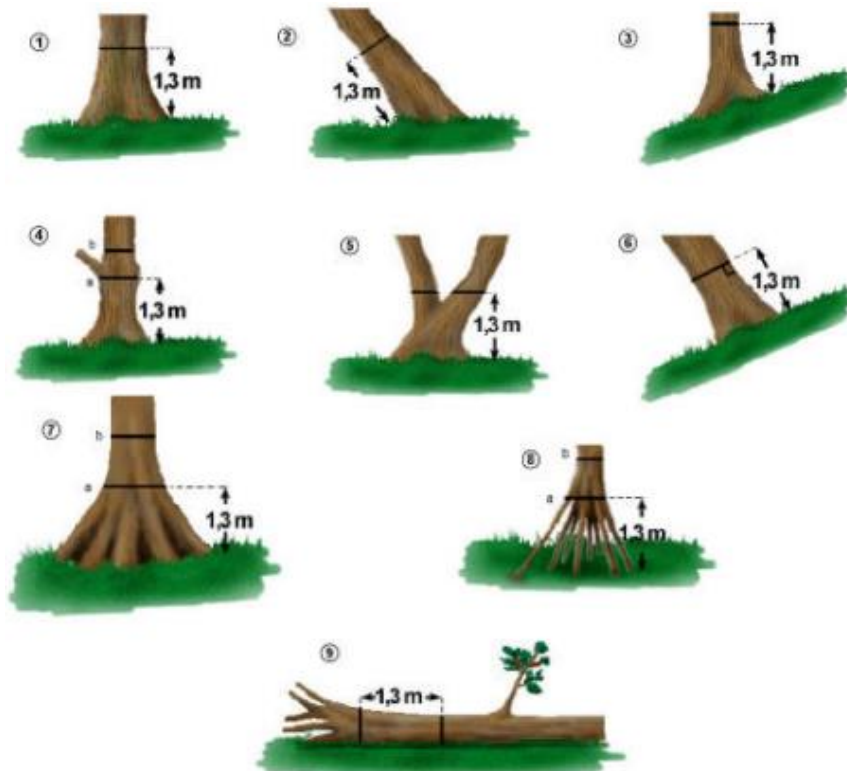
dónde:

*DAP*: diámetro a la altura de pecho [cm]

*CAP*: circunferencia a la altura de pecho [cm]

A continuación, se indica la forma correcta de medir el CAP de acuerdo con la disposición y/o forma del árbol.

**Figura 6.** *Medición de la circunferencia a la altura del pecho*

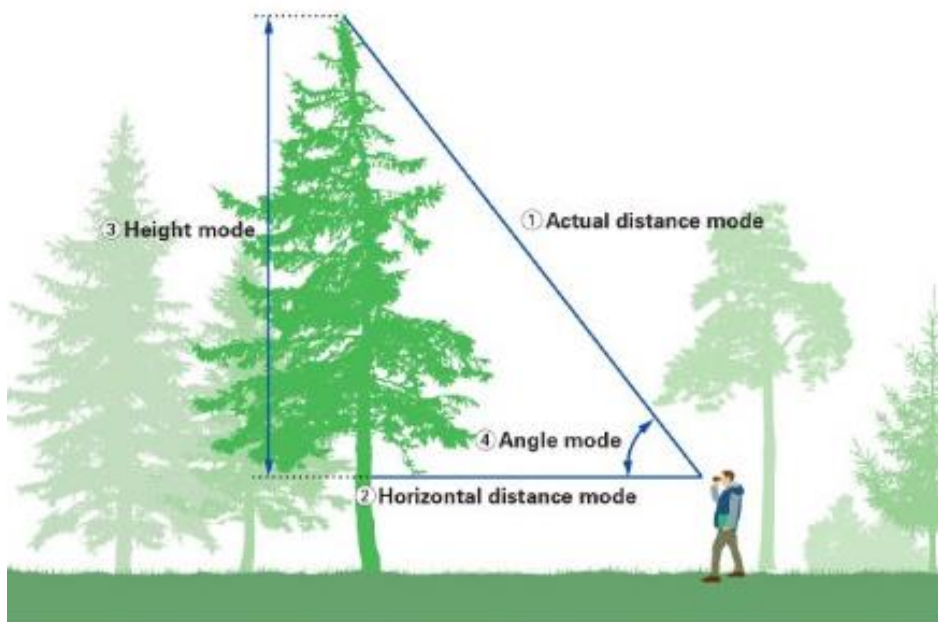


*Nota.* Obtenido de (Schlegel et al., 2001)

### Altura total del árbol

Para la medición de la altura total de los árboles se utilizó un hipsómetro Forestry Pro-Nikon II que permite medir la altura en un rango de distancias de 7,5 a 1600 m. Entre sus opciones es posibles medir la distancia real, la distancia horizontal, la altura, el ángulo y la separación vertical (Nikon, 2022).

**Figura 7.** Medición de altura del árbol mediante hipsómetro



*Nota.* Obtenido de (Nikon, 2022).

### Determinación del peso verde de la biomasa aérea

Para obtener el peso verde de la biomasa aérea de especies forestales se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bva = a * DAP^b * H^c \quad (6)$$

donde:

Bva=biomasa verde aérea [kg]

DAP=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 total**

El peso verde de la biomasa total es la suma del peso verde de la biomasa aérea y la biomasa radicular, la última se considera es el 20% de la biomasa verde. Este parámetro se obtiene con la siguiente ecuación (Shadman et al., 2022):

$$Bvt = Bva + Bvr = Bva + 0,2Bva \quad (7)$$

Por lo tanto:

$$Bvt = Bva * 1,2 \quad (8)$$

donde:

Bva=biomasa verde aérea [kg]

Bvt=biomasa verde total [kg]

### **Determinación del peso verde de la biomasa seca**

Se considera que la mayoría de las especies de árboles en promedio contienen un 40% de humedad por lo que su biomasa seca correspondería al 60% del peso de su biomasa verde (Muñoz et al., 2022):

$$Bs = Bvt * 0,6 \quad (9)$$

donde:

Bs=biomasa en peso seco [kg]

Bvt=biomasa verde total (peso verde) [kg]

### **Cálculo de carbono aéreo total**

Para calcular el carbono aéreo total se multiplica la biomasa seca por un factor de 0,5 como se muestra en la siguiente ecuación:

$$CAT = Bs * 0,5 \quad (10)$$

donde:

CAT=carbono aéreo total

Bs= biomasa seca [kg]

### **Cálculo del carbono radicular**

El carbono radicular se obtiene 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. Utilizando la siguiente ecuación.

$$CR = CAT * 0,24 \quad (11)$$

donde:

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 como se indica en la siguiente ecuación:

$$CT = CAT + CR \quad (12)$$

donde:

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:

$$CO_2 = \frac{CT * 3,6663}{1000} \quad (13)$$

donde:

CO<sub>2</sub>= carbono capturado en toneladas de dióxido de carbono [Ton]

CT= carbono total almacenado [kg]

3,6663= es un 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 CO<sub>2</sub>: 43,999915 [gr/mol]; Peso atómico del carbono: 12,001115 [gr/mol]

1000= es un factor de conversión de kilogramos a toneladas

### 3.5. Tercera etapa

#### Valoración económica

Para estimar el valor económico del CO<sub>2</sub> capturado se utilizó la metodología de (Morales & Vásquez, 2019), que consiste en multiplicar el volumen de CO<sub>2</sub> del área de estudio con el valor monetario referente al CO<sub>2</sub> equivalente, como se indica en la siguiente ecuación (Medina et al., 2020):

$$Ve = VCO_2 * Precio \ de \ mercado \quad (14)$$

donde:

Ve=valoración económica en dólares de carbono

VCO<sub>2</sub>= Volumen de CO<sub>2</sub> capturado [Tn]

#### Escenarios de venta de carbono

Para determinar el beneficio económico de la venta de carbono capturado se analizó dos escenarios de venta: el Mercado voluntario y el Mercado de cumplimiento y para lograr con el

objetivo de conseguir el mejor beneficio monetario se indagó valores ofertados por las distintas entidades que pertenecen a dichos escenarios y finalmente se definió la mejor oportunidad de venta.

### **Análisis costo beneficio (ACB)**

El ACB se realizó siguiendo la metodología de Morales y Vásquez (2019) mediante la aplicación de índices financieros de rentabilidad, VAN, TIR e inversión inicial.

### **Valor Actual Neto (VAN)**

El VAN se ocupa de comparar la inversión inicial con el valor actual de ingresos netos, se calcula con la siguiente ecuación (Angamarca & Delgado, 2022):

$$VAN = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{c_n}{(1+i)^n} \quad (15)$$

donde:

$C_0$ : La inversión inicial

$c_n$ : El flujo de caja del año

$i$ : La tasa de descuento

$\sum_{i=1}^n \frac{c_n}{(1+i)^n}$ : Representa la actualización de flujos

Según Magni y Marchioni (2020) existe un criterio para decisiones de aceptación/rechazo de un proyecto: Un proyecto debe ejecutarse si este crea valor y sucede cuando  $VAN > 0$ . Por el contrario, si  $VAN \leq 0$  el proyecto no es rentable.

### **Tasa interna de retorno (TIR)**

La tasa interna de retorno es la tasa de descuento que equilibra el valor de ingresos y egresos de una empresa y de esta manera ayuda a determinar la rentabilidad de un proyecto (Angamarca & Delgado, 2022), se calcula con la ecuación 16 (Delapedra-Silva et al., 2022):

$$0 = \sum_{i=0}^N \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (16)$$

Donde:

CF<sub>i</sub>: Flujo de caja en el año i.

k: Tasa de descuento.

N: Duración del proyecto, en años.

Para el TIR existen tres alternativas (Mete, 2014):

- i. Si la TIR > k el proyecto es rentable
- ii. Si la TIR < k el proyecto no es rentable
- iii. Si la TIR = k igual es indiferente ejecutar el proyecto

### **Relación Costo-Beneficio**

La relación Costo-Beneficio (B/C), es un método para valorar la viabilidad de un proyecto (ecuación 17), se basa en el análisis de la relación entre los ingresos y los gastos referentes al proyecto, e indica un índice que determinará la rentabilidad el proyecto basado en tres criterios:

Si B/C > 1 indica que los ingresos superan a los egresos, por lo tanto, el proyecto no es rentable.

Si B/C = 1 indica que los ingresos y egresos son iguales, por lo tanto, realizar el proyecto es indiferente.

Si B/C < 1 indica que los egresos superan a los ingresos, por lo tanto, el proyecto no es rentable.

$$\frac{B}{C} = \frac{VAI}{VAC + I_0} \quad (17)$$

donde:

VAI: valor actual de los ingresos netos.

VAC: valor actual de los egresos netos.

I<sub>0</sub>: inversión inicial del proyecto.

#### **4. Resultados y discusión**

##### **4.1. Inventario forestal**

En la ribera urbana del río Machángara se encontraron 2481 árboles que conformaron 30 especies diferentes, de las cuales el 33,33% son nativas y el 66,66% son introducidas, la lista completa se indica en la tabla 1.

En cuanto a las especies seleccionadas para el estudio, las especies nativas predominantes fueron: sause (*Salix humboldtiana*) y aliso (*Alnus acuminata*) con 599 y 170 individuos respectivamente. Mientras que las especies introducidas que predominan fueron eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y acacia australiana (*Acacia dealbata*) 1117 y 158 individuos respectivamente.

##### **Densidad y diversidad de especies**

La diversidad de especies calculado bajo el Índice de Shannon fue de 1,86 y está dentro del rango de la mayoría de los estudios ecológicos que oscilan entre 1,5 y 3,5 (Galle et al., 2021). Sin embargo, el índice fue menor comparado a otros estudios en bosques urbanos que fueron de 2,3 y 3,2 en áreas periurbanas y urbanas respectivamente (Blood et al., 2016) y a lo reportado por Love et al. (2022) que obtuvo índices de entre 3,92-4,20 tras medir la diversidad de bosques urbanos en California. Por lo tanto, los resultados indican que en la ribera del río Machángara tiene poca diversidad de especies, pues de acuerdo con el índice de Shannon, si su valor se acerca más a la unidad su riqueza y uniformidad es baja (Somarriba, 1999).

Por otro lado, la densidad absoluta (*Da*) fue de 104,2, lo que significa que en la ribera del río existen 104,2 especies por hectárea. Mientras que, en la densidad relativa (*Dr*) *Eucalyptus*

*globulus* tuvo mayor significancia con el 45,02%, seguida de *Salix humboldtiana* con el 24,14%, luego *Alnus acuminata* con el 6,85% y en cuarto lugar *Acacia dealbata* con el 6,85%. En cambio, *Phyllanthus salviifolius* y *Cycas sp.* fueron las especies de menor densidad relativa con el 0,12% (ver tabla 1).

**Tabla 2.** Lista de especies arbóreas de la ribera del río Machángara

Nombre común	Nombre científico	Tipo	<i>i</i>	<i>Da</i>	<i>Dr</i>
Acacia	<i>Acacia melanoxylon</i> R. Br.	introducida	45	1,89	1,81
Acacia australiana	<i>Acacia dealbata</i> Link	introducida	158	6,64	6,37
Álamo blanco	<i>Populus alba</i> L.	introducida	10	0,42	0,40
Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	nativa	170	7,14	6,85
Cáñaro	<i>Erythrina edulis</i> Triana ex Micheli	nativa	2	0,08	0,08
Capulí	<i>Prunus serótina</i> Ehrh	nativa	23	0,97	0,93
Cedrillo	<i>Phyllanthus salviifolius</i> Kunth	nativa	3	0,13	0,12
Cedro	<i>Cedrela montana</i> Moritz ex Turcz	nativa	6	0,25	0,24
Cepillo	<i>Callistemon lanceolatus</i> (Sm.)	introducida	22	0,92	0,89
Cepillo blanco	<i>Callistemon salignus</i> (Sm.) Sweet	introducida	52	2,18	2,10
Cereza magenta	<i>Syzygium paniculatum</i> (Lam.) DC	introducida	6	0,25	0,24
Ciprés	<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw	introducida	70	2,94	2,82
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill	introducida	1117	46,91	45,02
Fresno	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	introducida	25	1,05	1,01
Guaba	<i>Inga insignis</i> Kunth	nativa	9	0,38	0,36
Guabisay	<i>Podocarpus sprucei</i> Parl	nativa	5	0,21	0,20
Guaylo	<i>Delostoma integrifolium</i> D. Don	nativa	9	0,38	0,36
Huesito	<i>Pittosporum undulatum</i> Vent	introducida	9	0,38	0,36
Jacaranda	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	introducida	8	0,34	0,32

Molle	<i>Schhus molle L.</i>	introducida	19	0,80	0,77
Níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	introducida	7	0,29	0,28
Nogal	<i>Juglans neotropica</i> Diels	nativa	17	0,71	0,69
Palmera	<i>Cycas sp.</i>	introducida	3	0,13	0,12
Pino	<i>Pinus radiata</i> D. Don	introducida	2	0,08	0,08
Ramo de novia	<i>Yucca guatemalensis</i> Baker	introducida	6	0,25	0,24
Roble australiano	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br	introducida	17	0,71	0,69
Sauce	<i>Salix humboldtiana</i> Willd	nativa	599	25,16	24,14
Tilo	<i>Sambucus mexicana</i> C. Presl ex DC	introducida	4	0,17	0,16
Turbinto	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	introducida	53	2,23	2,14
Urapán	<i>Fraxinus excelsior L.</i>	introducida	5	0,21	0,20
<b>Total</b>			2481	104,20	100

*Nota.* *i*= número de individuos de cada especie; *Da*= densidad absoluta; *Dr* = densidad relativa.

### Altura y DAP

Una vez realizado el inventario se verificó las especies predominantes para continuar con el estudio, las mismas fueron: sauce (*Salix humboldtiana*) y aliso (*Alnus acuminata*) para las especies nativas y eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y acacia australiana (*Acacia dealbata*) para las especies introducidas.

En la tabla 3 se indican los promedios de la altura (H) y DAP de las cuatro especies designadas.

**Tabla 3.** Características morfológicas de las especies arbóreas estudiadas

Especie	H (m)	DAP (cm)
<i>Salix humboldtiana</i>	8,97	59,6
<i>Alnus acuminata</i>	6,33	22,67
<i>Eucalyptus globulus</i>	27,54	78,87

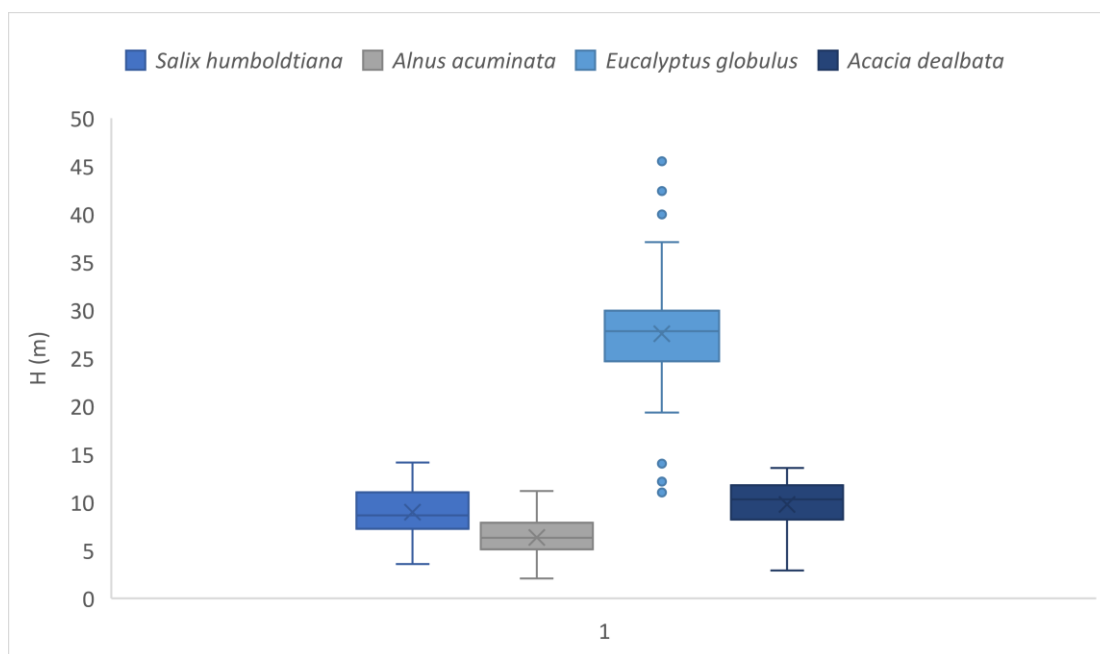


*Acacia dealbata*                      9,741                      36,59

---

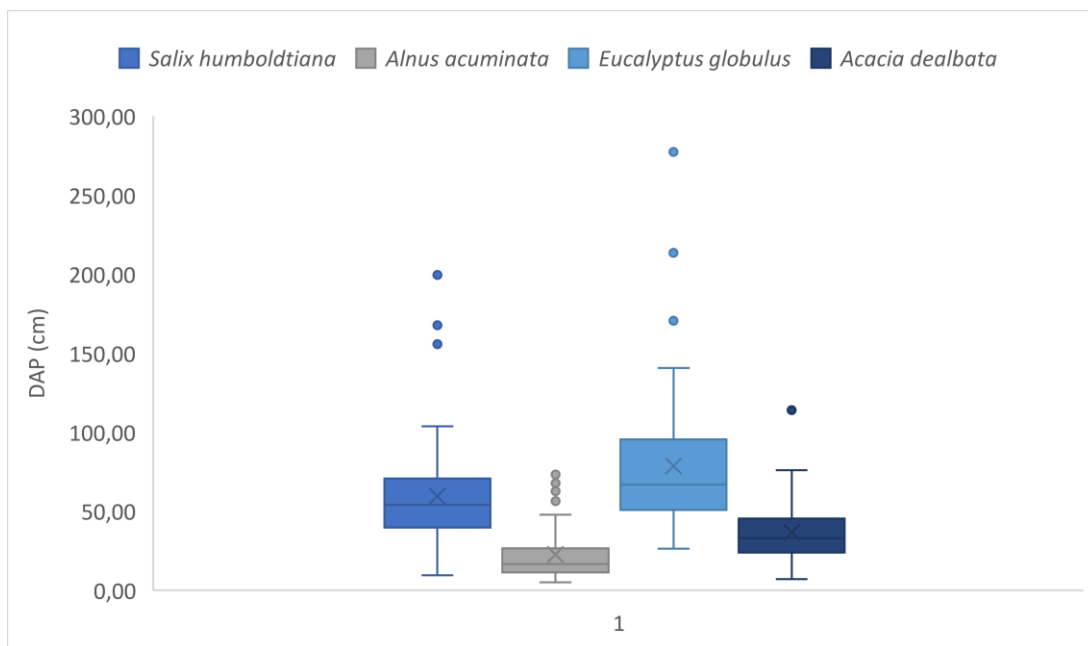
En la figura 8 se representa la variabilidad de datos muestreados de cada especie estudiada. Se observa que hay una distribución uniforme para las especies nativas, mientras que las especies introducidas muestran valores atípicos, observándose mayor inconsistencia en *Eucalyptus globulus*, especie que además tiene las mayores alturas registradas siendo la máxima de 45,49 m. Por el contrario, *Alnus acuminata* registro el individuo de menor altura con 2,07 m y también el promedio de esta especie es menor comprado con las tres restantes. Por otro lado, se identificó similitud en la altura entre *Salix humboldtiana* y *Acacia dealbata*.

**Figura 8.** Variabilidad de la altura total de los árboles muestreados



El DAP de las cuatro especies mostró una variabilidad no uniforme y se encontró datos atípicos como se observa en el diagrama de cajas y bigotes de la figura 9. La especie que registro el DAP mayor fue *Eucalyptus globulus* con un promedio de 78,87 cm y un máximo de 277,25. En cambio la especie con DAP de menor registro fue *Alnus acuminata* con 5,09 cm.

**Figura 9.** Variabilidad del DAP de los árboles muestreados



### Captura de carbono

El carbono capturado en las riberas del río Machángara por las cuatro especies estudiadas es de 17496,55 Ton de CO<sub>2</sub>, y la densidad de captura fue de aproximadamente 734,84 Ton/ha, resultado que es mayor a lo determinado en otros estudios, como por ejemplo en las áreas urbanas de EEUU donde el promedio de captura de carbono de los árboles fue de 308,65 Ton/ha (Nowak et al., 2013), además se alcanzó mayor densidad de captura en comparación a lo obtenido por López-López et al. (2018) que indicaron una media en 61,68 Ton/ha medido en el bosque urbano de Chapultepec, en la ciudad de México. Por el contrario, nuestros resultados son inferiores a lo reportado por Ma et al. (2021) que indican una media de 6724,1 Ton/ha en su estudio de secuestro de carbono de la vegetación forestal urbana en áreas edificadas de Beijing.

Dichas variaciones se deben a que el volumen de almacenamiento de carbono es afectado por la estructura y composición de especies y su valor fluctúa según el tipo de formación vegetal

del área estudiada (Medina et al., 2020). De hecho, López-López et al. (2018) señalan que las mayores fuentes de captura de carbono se registran en las áreas más densas y con la mayor proporción de árboles de grandes dimensiones.

La especie arbórea que tiene más potencial de captura de carbono es *Eucalyptus globulus* con 14,83 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo, valor que superó lo indicado por (Muñoz et al., 2022) que obtuvieron 6,43 ton/ individuo, esta diferencia se puede atribuir a que *Eucalyptus globulus* tienen una fisionomía variada tanto en su altura como DAP. Luego, se mantuvo *Salix humboldtiana* con 1,3 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo valor similar a lo indicado por Muñoz et al., (2022) y Pintado & Astudillo, (2021), que alcanzaron 1,309 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo y 1,208 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo, respectivamente.

En tercer lugar, se encuentra *Acacia dealbata* que alcanzó una media de 0,73 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo y finalmente *Alnus acuminata* tuvo un promedio de 0,22 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo valor que concuerda con las 0,23 Ton de CO<sub>2</sub>/ individuo que midieron (Pintado & Astudillo, 2021).

La captura de carbono de las cuatro especies estudiadas se resume en la tabla 3.

**Tabla 4.** Resultados de captura de carbono

<b>Especie</b>	<b>Individuos identificados</b>	<b>CO<sub>2</sub> capturado (Ton/ individuo)</b>	<b>Total de CO<sub>2</sub> capturado (Ton)</b>	<b>Densidad de CO<sub>2</sub> capturado (Ton/ ha)</b>
<i>Salix humboldtiana</i>	599	1,3	778,7	32,7
<i>Alnus acuminata</i>	170	0,22	37,4	1,57

<i>Eucalyptus</i>	1117	14,83	16565,11	695,72
<i>globulus</i>				
<i>Acacia dealbata</i>	158	0,73	115,34	4,84
<b>Total</b>			17496,55	734,83

*Nota.* Total, hace referencia al valor en conjunto de las cuatro especies analizadas

Por otro lado, con relación al tipo de origen de las cuatro especies estudiadas, las especies introducidas son las que más capturan carbono y representan el 95,34% del total, en cambio las especies nativas representan solo el 4,66 % como se observa en la figura 10. Nuestros resultados divergen con lo determinado por Pintado & Astudillo (2021) quienes establecieron que las especies nativas capturan más carbono logrando un 74,15 % del total en un estudio similar realizado en los parques urbanos y riberas de los ríos del cantón Gualaceo.

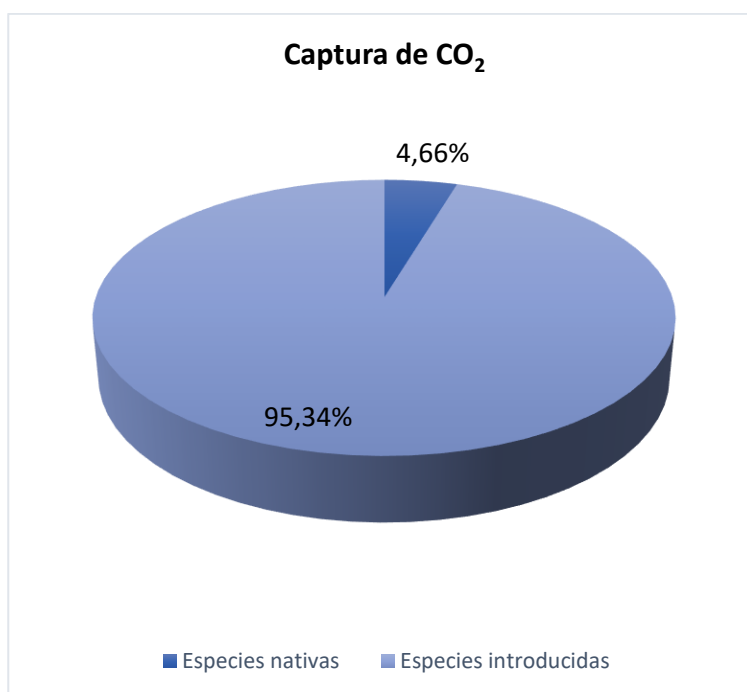
De las especies nativas estudiadas *Salix humboldtiana* también destacó como la principal especie nativa para capturar carbono, Muñoz & Vásquez (2020) indicaron que esta especie capturaba el 93,2 % del total, mientras que Pintado & Astudillo (2021) reportaron un porcentaje de 56,93 % de igual forma el estudio de Jiménez & Peralta (2019) fue la especie de mayor potencial considerando especies nativas e introducidas.

En el caso de *Alnus acuminata* en los estudios de Muñoz & Vásquez (2020) y Pintado & Astudillo (2021), también se la considera como la segunda especie nativa con mayor potencial de captura de carbono cubriendo porcentajes de 1,9 % y 8,52 % respectivamente.

En cuanto a *Eucalyptus globulus* es la especie con mayor potencial de captura de carbono en este estudio, y puede considerarse muy eficaz para este propósito, sobre todo por su tamaño y velocidad de crecimiento (Jiménez & Peralta, 2019). De hecho, el género *Eucalyptus* tiene resultados muy significativos en la captura de carbono si se relaciona la capacidad de captura

con el número de individuos, esto se ha demostrado en los resultados de (Muñoz & Vásquez, 2020; Pintado & Astudillo, 2021; Ramírez & Chagna, 2019).

**Figura 10.** Captura de carbono de especies nativas e introducidas



### Valoración económica

El valor monetario de la captura de carbono se obtuvo con la ecuación 14. El análisis se realizó para los dos tipos de mercado: i) el mercado voluntario y ii) mercado de cumplimiento (mercado de Kyoto). Los precios del bono de carbono de cada entidad y los resultados de la valoración económica se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 5.** Análisis de la valoración económica

Tipo de mercado	Entidad	Precio (USD/Ton)	CO <sub>2</sub> capturado (Ton)	Valor total (USD)	Referencia
Mercado voluntario	CDM Gold Standard	\$14,00	17496,55	\$ 244.951,70	(The Gold Standard Foundation, 2023)
	Carbonfund	\$ 17,50		\$ 306.189,63	(Carbonfund, 2022)

	SENDECO <sub>2</sub>	\$ 21,50*	\$376.175,83	(SENDECO <sub>2</sub> , 2023)
<b>Mercado de cumplimiento</b>	California			(California Air
	Air			Resources Board,
	Resources	\$ 46,46**	\$812.889,71	2023)
	Board			
	Promedio	\$ 21,17	\$370.401,96	

*Nota.* \* =el valor de SEDENCO<sub>2</sub> es el valor promedio de los últimos diez años (2012-2022);

\*\*= el valor para California Air Resources Board es el promedio de los últimos tres años (2021-2023)

Los resultados del análisis económico indican que en el mercado de cumplimiento es el escenario en donde se puede obtener mejor beneficio económico y sus valores superan a los costos ofertados en el mercado voluntario. De las entidades revisadas California Air Resources Board es la más beneficiosa. Sin embargo, para este estudio se considera a SENDECO<sub>2</sub> que es la opción más próxima al valor del promedio general, con dicha entidad el valor monetario del bono de carbono sería de \$376.175,83 dolares americanos. Sin embargo, es preciso recalcar que los valores monetarios del precio del carbono son valores referenciales que pueden cambiar, por diferentes circunstancias, y pueden aumentar o disminuir, debido a que cada entidad realiza una evaluación minuciosa para efectuar la compra del bono de carbono.

Por otro lado, al comparar nuestros resultados con otros estudios, se puede concluir que el valor económico depende de cuatro factores importantes que son: del tipo de especie analizada, del tamaño del área de estudio, de la densidad de especies y del precio del bono de carbono. En la tabla 6 se presenta un resumen de los resultados de estudios similares.

**Tabla 6.** Valoración económica en diferentes estudios

Área (ha)	Especies de estudio	Carbono capturado (Ton)	Precio del bono de carbono (USD)	Valoración económica (USD)	Referencia
23,81	4	17.496,55	\$ 21,50	\$376.175,83	Presente estudio
2082	2	2.0264,2	\$ 17,07	\$ 1. 267.466,56	(Morales & Vásquez, 2019)
4007,91	1	515 112.17	\$10,34	\$ 5.68.5036,73	(Sarcca, 2017)
64,51	49	11.418,88	\$ 24,81	\$ 283.302,50	(Muñoz et al., 2022)

#### **Determinación de la inversión inicial**

Se refiere a la cantidad de dinero necesario para poner en ejecución un proyecto. La inversión inicial para este estudio considera un valor de \$ 154.041,00 USD utilizado por Morales y Vásquez (2019) para un proyecto similar de captura de carbono en el Ecuador, los detalles de los aspectos considerados para obtener este valor se indican en el Anexo 2.

#### **Determinación de los ingresos**

Los ingresos se refieren a los beneficios monetarios que resulten del proyecto, en este caso este valor de la venta del bono de carbono a SEDENCO2 que es de \$376.175,83 USD.

#### **Determinación de Egresos**

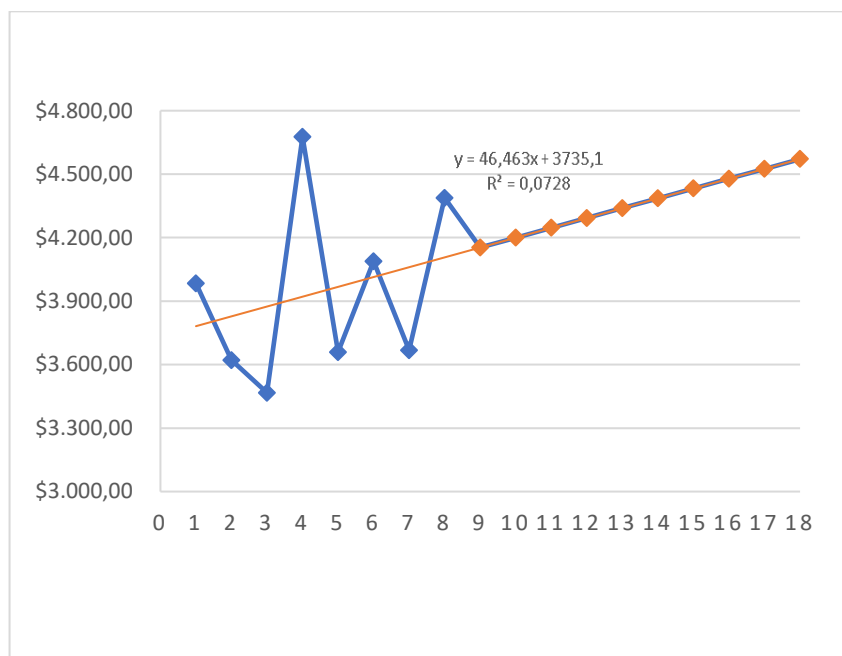
Los egresos, se refiere a los flujos de salida, en este caso se consideran los gastos referentes al mantenimiento de la ribera del río del río Machángara. La Empresa Municipal de Aseo para Cuenca EMAC EP es la entidad que tiene a su cargo y responsabilidad el mantenimiento y arreglo de los espacios verdes del cantón Cuenca (EMAC EP, 2023). Por lo

tanto, para la determinación de los egresos del proyecto de captura de carbono se tomó como referencia el precio de las últimas ocho contrataciones realizadas por la EMAC EP, para el servicio de “Mantenimiento y Limpieza de Parques y Áreas Verdes en el Cantón Cuenca”. Estos datos se encuentran disponibles en la plataforma virtual del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP) (ver anexo 3).

La designación del valor total de cada contrato establecido estuvo expresado en USD/ha de área verde, este dato a la vez se atribuyó a las hectáreas de la zona de estudio y posteriormente, a estos valores, se aplicó el método matemático de regresión lineal, obteniendo un valor de  $R^2 = 0,0728$ , lo que significa un alto grado de confiabilidad de datos, con lo que ha sido posible realizar una proyección de los egresos por el servicio de mantenimiento requeridos en las próximas 10 contrataciones (10 años). Considerando que actualmente la EMAC EP el servicio de Mantenimiento lo contrata para 730 días, por ende el valor total en este periodo se ha dividido entre 2 para obtener el valor anual del servicio contratado, lo cual está representado en la figura 11.



**Figura 11.** Modelo de regresión lineal de egresos proyectados hasta el año 2032 (10 periodos)



### Flujo de efectivo proyectado

Para realizar el flujo de efectivo proyectado se realizó el cálculo de los ingresos por la venta de Carbono de acuerdo con la cantidad de captura estimada por tonelada en relación con el precio de venta, dando como resultado un ingreso anual permanente de 376.175,83 USD, ya que al ser un contrato forward el precio no varía durante los 10 periodos. Los egresos obtenidos al aplicar la ecuación de regresión lineal se indican en la tabla 7. La inversión inicial es de \$154.041,00 como se indico anteriormente.

**Tabla 7.** Ingresos proyectados para el proyecto

Periodos	Ingresos unitarios	Egresos unitarios	Ingresos totales	Egresos totales	Flujo de efectivo
					\$-154.041,00
2023	\$ 15.799,07	\$ 4.153,26	\$ 376.175,83	\$ 98.889,18	\$ 277.286,65
2024	\$ 15.799,07	\$ 4.199,73	\$ 376.175,83	\$ 99.995,45	\$ 276.180,38
2025	\$ 15.799,07	\$ 4.246,19	\$ 376.175,83	\$ 101.101,72	\$ 275.074,11
2026	\$ 15.799,07	\$ 4.292,65	\$ 376.175,83	\$ 102.208,00	\$ 273.967,83
2027	\$ 15.799,07	\$ 4.339,11	\$ 376.175,83	\$ 103.314,27	\$ 272.861,56

2028	\$ 15.799,07	\$ 4.385,58	\$ 376.175,83	\$ 104.420,54	\$ 271.755,29
2029	\$ 15.799,07	\$ 4.432,04	\$ 376.175,83	\$ 105.526,81	\$ 270.649,02
2030	\$ 15.799,07	\$ 4.478,50	\$ 376.175,83	\$ 106.633,09	\$ 269.542,75
2031	\$ 15.799,07	\$ 4.524,96	\$ 376.175,83	\$ 107.739,36	\$ 268.436,47
2032	\$ 15.799,07	\$ 4.571,43	\$ 376.175,83	\$ 108.845,63	\$ 267.330,20

### **Análisis costo-beneficio**

Tomando como base los datos del flujo de Efectivo, se calculó los tres indicadores económicos más fiables que determinan la viabilidad de una empresa, dando como resultado valores favorables, mismos que se los puede evidenciar a continuación. Donde el VAN al ser mucho mayor que 1, refleja grandes posibilidades de ganancia, al igual que la TIR supera por mucho la Tasa de retorno de referencia (12%) y el valor obtenido al aplicar la ecuación de Costo. Beneficio está muy por encima de 1.

VAN:	\$1.390.283,88
TIR:	180 %
B/C	2,89

### **Plan de manejo ambiental**

En plan de manejo ambiental propuesto, está compuesto por cinco programas que son: i) Programa de reforestación; ii) Programa de protección e inclusión de especies nativas; iii) Programa de implementación de sistemas agroforestales; iv) Plan de recuperación de cobertura vegetal y mejoramiento paisajístico; y v) Plan de control de contaminación. Todos se detallan a continuación:

<b>Programa de reforestación</b>					
<b>Nombre de la medida</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividades y detalles de la medida</b>	<b>Costos aproximados</b>	<b>Plazos de implementación</b>
Programa de reforestación	Recuperar de la flora arbórea nativa	ELECAUSTR O	Adquirir árboles nativos para la reforestación. Se recomienda que al menos el 50% de los árboles sean frutales, con la finalidad de atracción a la fauna, debido a que las flores y frutos que proveerán servirá como alimento, y no solo para los animales, también para las personas usuarios de la ribera.	\$ 20.000,00	2 años
			Organizar mingas de reforestación en donde participen instituciones educativas desde básica, media superior y superior. De esta manera, además, se inculcará a niños y jóvenes a ser parte del cuidado del medio ambiente		
			Generar un plan de control y seguimiento orientado al cuidado y monitoreo de las especies plantadas		

<b>Programa de protección e inclusión de especies nativas</b>					
<b>Nombre de la medida</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividades y detalles de la medida</b>	<b>Costos aproximados</b>	<b>Plazos de implementación</b>
Creación de fuentes Semilleras	Obtener los materiales forestales de reproducción: frutos, semillas u otras partes de la planta que sirven para la multiplicación de las especies forestales	Municipio De Cuenca	Identificar las especies nativas que puedan proporcionar la fuente semillera.	\$ 10.000,00	2 años
			Establecer un lugar apropiado para cultivar las semillas.		
			Los posibles sitios pueden ser: i) el vivero municipal o ii) viveros, granjas o espacios afines para dicha finalidad en las universidades de la ciudad, de esta manera se pueden generar convenios mult institucionales, destinados al cuidado de las especies autóctonas de la ciudad. Las fuentes semillas sirven, además, para la prevalencia de especies que se encuentran o que podrían llegar a un peligro de extinción.		
			Realizar un plan de monitoreo relacionado al desarrollo de las semillas o plántulas		

Programa de implementación de sistemas agroforestales					
Nombre de la medida	Objetivo	Responsable	Actividades y detalles de la medida	Costos aproximados	Plazos de implementación
Implementación de sistemas agroforestales	Implementar sistemas agroforestales teniendo en cuenta las condiciones sociales, económicas y ecológicas predominantes	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica	Situar puntos estratégicos para las áreas de cultivo y definir las especies que interactuarán en el sistema agroforestal.	\$ 2.500,00	2 años
			En esta estrategia de manejo podrán ser partícipes: los propietarios colindantes con el área ribereña, instituciones o ciudadanos usuarios de la ribera.		
			Esta medida también permitirá la inclusión directa de la sociedad en proyectos que forman parte de los objetivos para lograr ciudades sostenibles y resilientes frente al cambio climático.		
			Adecuar las parcelas definidas para el cultivo, delimitar el espacio entre árboles y cultivos, preparación y fertilización del suelo mediante métodos y prácticas sostenibles.		
			Generar un plan de control de los cultivos.		

<b>Plan de recuperación de cobertura vegetal y mejoramiento paisajístico</b>					
<b>Nombre de la medida</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividades y detalles de la medida</b>	<b>Costos aproximados</b>	<b>Plazos de implementación</b>
Desarrollo del Plan para el mejoramiento y restauración del paisaje mediante la recuperación de la cobertura vegetal	Recuperar la cobertura vegetal para mejorar el estado de los valores paisajísticos.	Municipio de Cuenca	Determinación de las áreas anegadas que han sufrido erosión de suelo, para recuperación de cobertura vegetal (pasto y plantas ornamentales) y generación de convenios para suministro de plantas.	\$15000	2 años
			Ejecución de la plantación y mantenimiento de las nuevas áreas con vegetación.		
			Señalización de las camineras para evitar destrucción de las plantas o erosión antrópica del suelo por pisoteo de los transeúntes.		

<b>Plan de control de contaminación</b>					
<b>Nombre de la medida</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Responsable</b>	<b>Actividades y detalles de la medida</b>	<b>Costos aproximados</b>	<b>Plazos de implementación</b>
Manejo de residuos sólidos en las riberas del río Machángara	Controlar y minimizar el desecho de basura en las riberas del río Machángara.	Municipio de Cuenca	Implementación de contenedores o tachos para residuos comunes y para material reciclable.	\$15000	1 año
			Generar concientización a los usuarios y transeúntes de la ribera mediante campañas en lugares estratégicos de la zona ribereña del río.		
			Crear mingas de limpieza de las riberas del río Machángara		

Reemplazo de especies introducidas por nativas					
Nombre de la medida	Objetivo	Responsable	Actividades y detalles de la medida	Costos aproximados	Plazos de implementación
Reemplazar <i>Eucalyptus globulus</i> por otras especies nativas	Reintroducir árboles nativos mediante el replazo de <i>Eucalyptus globulus</i>	Municipio de Cuenca	Definir de los sitios en donde existe mayor densidad de <i>Eucalyptus globulus</i> y generar y programa de reemplazo debido a que esta especie se comporta como invasora en los ecosistemas nativos y provoca ciertos impactos negativos como, por ejemplo, minimiza la disponibilidad de agua, pues esta especie tienen una tasa de consumo de agua muy alta, empobrecimiento de las cadenas tróficas, alteración de las propiedades fisicoquímicas, bioquímicas y microbiológicas del suelo, fragmentación de los ecosistemas naturales, introducción involuntaria de especies asociadas, dificultad en la erradicación y pérdida de biodiversidad (Álvarez et al., 2017).	\$5000	5 años
			Obtener los permisos necesarios y realizar la tala de árboles de <i>Eucalyptus globulus</i> en las zonas previamente definidas. La madera producida puede venderse para obtener un beneficio		



		<p>económico para soporte y financiamiento del proyecto.</p> <p>El remplazo de especies será del 10% por año, durante 5 años, es decir cada año se talará 112 árboles y se reintroducirán la misma cantidad de árboles nativos, así se logrará disminuir a la mitad la población de <i>Eucalyptus globulus</i>.</p> <p>Reforestación con especies nativas, por ejemplo, con <i>Salix humboldtiana</i> que de acuerdo con nuestro estudio es la especie nativa con mayor potencial de captura de carbono, además puede utilizarse especies frutales como <i>Prunus serótina</i> (capulí), <i>Inga insignis</i> (guaba), entre otras que tengan frutos y flores y así, además permitir la atracción de nueva fauna.</p>	
--	--	---	--

## 5. Conclusiones

1. En la ribera urbana del río Machángara se identificaron 2481 árboles que pertenecen a 30 especies diferentes, de las cuales el 33,33% son nativas y el 66,66% son introducidas, para mayor detalle de las especies se realizó inventario forestal (ver el anexo 1, al final de este documento).
2. La diversidad de especies calculado bajo el Índice de Shannon fue de 1,86 y está dentro del rango de la mayoría de los estudios ecológicos que oscilan entre 1,5 y 3,5. Por otro lado, la densidad absoluta fue de 104,2. Mientras que, en la densidad relativa (Dr) *Eucalyptus globulus* tuvo mayor significancia con el 45,02%, seguida de *Salix humboldtiana* con el 24,14%, luego *Alnus acuminata* con el 6,85% y en cuarto lugar *Acacia dealbata* con el 6,85%. En cambio, *Phyllanthus salviifolius* y *Cycas sp.* fueron las especies de menor densidad relativa con el 0,12%. (ver tabla 2 en el apartado 4.1.1)
3. Para realizar el análisis de la captura de carbono se seleccionaron cuatro especies. Dicha selección se basó en la predominancia en los dos grupos de árboles de acuerdo con su origen, es decir para árboles nativos e introducidos. Las especies nativas predominantes fueron, sauce (*Salix humboldtiana*) y aliso (*Alnus acuminata*) con 599 y 170 individuos respectivamente. Mientras que las dos especies introducidas fueron eucalipto (*Eucalyptus globulus*) y acacia australiana (*Acacia dealbata*) 1117 y 158 individuos respectivamente.
4. El carbono capturado en las riberas del río Machángara por las cuatro especies estudiadas se estima es de 17496,55 Ton de CO<sub>2</sub>, y la densidad de captura fue de aproximadamente 734,84 Ton/ha. Del total, las especies introducidas (*Eucalyptus globulus* y *Acacia dealbata*) son las que más potencial de capturan carbono tienen y representan el 95,34%,

en cambio las especies nativas (*Salix humboldtiana* y *Alnus acuminata*) conforman solo el 4,66 %.

5. La especie arbórea que tiene más potencial de captura de carbono es *Eucalyptus globulus* con 14,83 Ton de CO<sub>2</sub>/individuo, le sigue *Salix humboldtiana* con 1,3 Ton de CO<sub>2</sub>/individuo. En tercer lugar, se encuentra *Acacia dealbata* que alcanzó una media de 0,73 Ton de CO<sub>2</sub>/individuo y finalmente *Alnus acuminata* tuvo un promedio de 0,22 Ton de CO<sub>2</sub>/individuo
6. Los resultados del análisis económico indicaron que el proyecto es viable esto lo demostró es análisis B/C que fue de 2,86. También se determinó, que el mercado de cumplimiento es el escenario en donde se puede obtener mejor beneficio económico. Si se considera a SENDECO<sub>2</sub> como posible comprador del bono de carbono se obtendría \$376.175,83 USD (ver tabla 5 en el apartado 4.1.4). Sin embargo, es preciso recalcar que los valores monetarios del precio del carbono son valores referenciales que fluctúan constantemente, por diferentes circunstancias, y pueden aumentar o disminuir, además se debe considerar que cada entidad realiza una evaluación minuciosa para efectuar la compra del bono de carbono por lo que también el costo puede variar.
7. Debido a las limitaciones para el desarrollo de árboles en áreas urbanas, que podrían ser antrópicas (por ejemplo, tala) y se tipo natural (por ejemplo, falta de precipitaciones), es probable que no aumente el almacenamiento de carbono en áreas urbanas; sin embargo, la propuesta del plan de manejo es una alternativa que ayudara a potenciar los esfuerzos para cambiar las condiciones actuales tanto físicas y sociales de la ribera del río Machángara (el plan de manejo ambiental se presenta en el capítulo 2, apartado 4.1.5).
8. Finalmente se recomienda, realizar un monitoreo continuo de los árboles de la ribera del río Machángara y demás bosques urbanos para comprender mejor las tasas de cambio de

la vegetación arbórea en las áreas urbanas y proporcionar mejores estimaciones de las tendencias de captura de carbono en la ciudad.

## 5. Referencias

Aguilar-Barojas, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud.

*Salud En Tabasco*, 11(1–2), 333–338. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48711206>

Aguirre, N., Erazo, A., & Granda, J. (2018). 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>

Alarcón, C. (2021). Cambio climático, Agenda 2030 y cuestiones agrarias después de la

pandemia: Estados, legitimidad y regulación ambiental local en Chile, Suecia y EE. UU.

*Revista de Derecho Ambiental*, 2(16), 109–142. [https://doi.org/10.5354/0719-](https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.60528)

4633.2021.60528

Albarracín, O., Carvajal, C., Castellanos, H., Díaz, E., Fernández, M., & Mora, A. (2018). *Guía*

*de Aplicación de la Valoración Económica Ambiental*.

[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as\\_sdt=0%2C5&q=GU%C3%8DA+DE+APLIC](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=GU%C3%8DA+DE+APLIC)

[ACI%C3%93N+DE+LA+VALORACI%C3%93N+ECON%C3%93MICA+AMBIENTA](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=GU%C3%8DA+DE+APLIC)

[L&btnG=#d=gs\\_cit&t=1672494057741&u=%2Fscholar%3Fq%3Dinfo%3ABPaPyD6FK](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=GU%C3%8DA+DE+APLIC)

[\\_MJ%3Ascholar.google.com%2F%26output%3Dcite%26scirp%3D0%26hl%3Des](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=GU%C3%8DA+DE+APLIC)

Altamirano-León, S., Ramírez-Martínez, J. C., Díaz-Porras, D. F., Balam-Narváez, R., Luna-

Vega, I., & Contreras-Medina, R. (2022). Climate change and impact on distribution of

tree species in the cloud forest of Oaxaca. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y*

*Del Ambiente*, XXVIII(2), 271–287. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2021.02.008>

- Álvarez, I., Bañares, Á., Díaz, M., & Vilà, M. (2017). *Solicitud de dictamen sobre la posible inclusión de Eucalyptus camaldulensis, E. globulus, E. nitens y cualquier otra especie del género Eucalyptus en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras.*
- Andrade, J. C. R., Cruz-Cárdenas, J., & Oleas, N. H. (2021). Uso de especies nativas como plantas ornamentales en el Distrito Metropolitano de Quito. *Dialnet.Unirioja.Es*, 10(2). <https://doi.org/10.33210/ca.v10i2.378>
- Angamarca, Y. J., & Delgado, L. A. (2022). *Obtención de biopolímeros a partir de residuos de maíz (Zea mays L.) para la elaboración de films* [Universidad Politécnica Salesiana ]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/22542>
- Árboles Ibéricos. (2013). *Pinus radiata*. <https://www.arbolesibericos.es/especie/pinusradiata>
- Ariiluoma, M., Ottelin, J., Hautamäki, R., Tuhkanen, E. M., & Mänttari, M. (2021). Carbon sequestration and storage potential of urban green in residential yards: A case study from Helsinki. *Urban Forestry & Urban Greening*, 57, 126939. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2020.126939>
- Báez-Quñones, N. (2018). Valoración económica del medio ambiente y su aplicación en el sector ganadero cubano. *Pastos y Forrajes*, 41(3), 161–169. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942018000300001&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942018000300001&script=sci_arttext&tlng=en)
- Blood, A., Starr, G., Escobedo, F., Chappelka, A., & Staudhammer, C. (2016). How Do Urban Forests Compare? Tree Diversity in Urban and Periurban Forests of the Southeastern US. *Forests 2016*, Vol. 7, Page 120, 7(6), 120. <https://doi.org/10.3390/F7060120>
- Boukili, V. K. S., Bebbler, D. P., Mortimer, T., Venicx, G., Lefcourt, D., Chandler, M., & Eisenberg, C. (2017). Assessing the performance of urban forest carbon sequestration

- models using direct measurements of tree growth. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 212–221. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2017.03.015>
- Cadet, M. J. (2022). Integrating Climate Change Concepts into Advanced Practice Registered Nurses Curricula with the Application of the National Organization of Nurse Practitioner Faculties Competencies. *Journal of Professional Nursing*, 41, 157–165. <https://doi.org/10.1016/J.PROFNURS.2022.05.006>
- California Air Resources Board. (2023). *Información de contención de costos*. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/cap-and-trade-program/cost-containment-information>
- Carbonfund. (2022). *Carbon Neutrality for Individuals and Businesses*. <https://carbonfund.org/>
- Carranza, S. L. (2007). Revisión bibliográfica sobre *Acacia melanoxylon*: su silvicultura y su madera. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 106, no. 2(2), 145–154. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/15693>
- Carvajal, J., & Farinango, J. (2020). *Estimación de la captura de carbono del arbolado urbano en la cabecera cantonal de Otavalo, provincia de Imbabura* [Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10395>
- Castillo-Ruperti, R. J., Rodríguez-Guerrero, B., & Bravo-Meza, K. (2022). Fijación de carbono (CO<sub>2</sub>) del arbolado de los parques la Rotonda y la Madre, Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 6(10), 8–21. <https://doi.org/10.46296/YC.V6I10.0141>
- Cavallo, G. A., Rojas, C. C., & Pantoja, J. E. L. (2022). Cambio climático y acceso a la información y participación ambiental. *Revista de Derecho Internacional*, 19(1), 81–103. <https://doi.org/10.5102/RDI.V19I1.7968>

- Chassoul, M., Marín, R., Morales, M. A., & Fallas, M. F. (2017). Cuantificación de gases de efecto invernadero en la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica. *Posgrado y Sociedad. Revista Electrónica Del Sistema de Estudios de Posgrado*, 15(1), 69–77.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2019). *ODS 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos en América Latina y el Caribe*.
- de Molina, M. G. (2022). La historia ante el cambio climático: la conciencia de los límites. *Ayer. Revista de Historia Contemporánea*, 125(1), 353–368.  
<https://doi.org/10.55509/AYER/125-2022-14>
- Deb, S., & Mandal, B. (2021). Soils and sediments of coastal ecology: A global carbon sink. *Ocean & Coastal Management*, 214, 105937.  
<https://doi.org/10.1016/J.OCECOAMAN.2021.105937>
- Defrance, D., Catry, T., Rajaud, A., Dessay, N., & Sultan, B. (2020). Impacts of Greenland and Antarctic Ice Sheet melt on future Köppen climate zone changes simulated by an atmospheric and oceanic general circulation model. *Applied Geography*, 119, 102216.  
<https://doi.org/10.1016/J.APGEOG.2020.102216>
- Delapedra-Silva, V., Ferreira, P., Cunha, J., & Kimura, H. (2022). Methods for Financial Assessment of Renewable Energy Projects: A Review. *Processes*, 10(2).  
<https://doi.org/10.3390/pr10020184>
- Derbile, E. K., Bonye, S. Z., & Yiridomoh, G. Y. (2022). Mapping vulnerability of smallholder agriculture in Africa: Vulnerability assessment of food crop farming and climate change adaptation in Ghana. *Environmental Challenges*, 8, 100537.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2022.100537>

- di Marco, E. (2015). *Ficha Técnica: Eucalyptus globulus sp. globulus Labill (Eucalipto blanco)*. Familia Myrtaceae. <https://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace.pdf>
- 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>
- Earle, C. (2022, September 23). *Descripción de Podocarpus sprucei (Guabisay)*. La Base de Datos de Gimnospermas. [https://www.conifers.org/po/Podocarpus\\_sprucei.php](https://www.conifers.org/po/Podocarpus_sprucei.php)
- EMAC EP. (2023). *Áreas Verdes – EMAC*. <https://emac.gob.ec/servicios/areas-verdes/>
- Fawzy, S., Osman, A. I., Doran, J., & Rooney, D. W. (2020). Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters* 2020 18:6, 18(6), 2069–2094. <https://doi.org/10.1007/S10311-020-01059-W>
- Filho, W. L., Setti, A. F. F., Azeiteiro, U. M., Lokupitiya, E., Donkor, F. K., Etim, N. N., Matandirotya, N., Olooto, F. M., Sharifi, A., Nagy, G. J., & Djekic, I. (2022). An overview of the interactions between food production and climate change. *Science of The Total Environment*, 838, 156438. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.156438>
- Galápagos Conservansy. (2021). *Glosario de conservación*. [https://www.galapagos.org/about\\_galapagos/conservation-glossary/](https://www.galapagos.org/about_galapagos/conservation-glossary/)
- Galle, N. J., Halpern, D., Nitoslawski, S., Duarte, F., Ratti, C., & Pilla, F. (2021). Mapping the diversity of street tree inventories across eight cities internationally using open data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 61, 127099. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127099>
- García, F. (2021). Climate Change and Coercive Disobedience [Spanish]. *EIDOS*, 37, 195–215.



- García, K. T., & Ñauta, A. P. (2016). *Estudio piloto para la recuperación forestal de la franja de amortiguamiento del embalse mazar a través de la inoculación de hormonas de crecimiento* [Universidad de Cuenca]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26233>
- Guo, Y., Zhang, Y., Ma, N., Wang, T., & Yang, D. (2022). Significant CO<sub>2</sub> sink over the Tibet's largest lake: Implication for carbon neutrality across the Tibetan Plateau. *Science of The Total Environment*, 156792. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.156792>
- Haddad, A. H., & Martínez, S. M. (2021). La metáfora en la terminología inglés-árabe sobre el cambio climático. *Hermēneus. Revista de Traducción e Interpretación*, 23(23), 307–336. <https://doi.org/10.24197/HER.23.2021.307-336>
- Heike Vibrans. (2009). *Sambucus nigra - ficha informativa*. Malezas de México. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/caprifoliaceae/sambucus-nigra/fichas/ficha.htm>
- Herbario Azuay. (n.d.). *Phyllanthus salviifolius Kunth*. Universidad Del Azuay. Retrieved October 29, 2022, from <https://herbario.uazuay.edu.ec/muestras/212-dicotiledonae-phyllantaceae-phyllanthus-salviifolius-kunth>
- INaturalistEc. (2022). “*Populus alba.*” Tropicos.Org. Missouri Botanical Garden. <http://www.tropicos.org/Name/50179973>
- IPCC. (2010). *El papel del IPCC y los elementos clave del proceso de evaluación del IPCC - IPCC*. <https://www.ipcc.ch/2010/02/04/the-role-of-the-ipcc-and-key-elements-of-the-ipcc-assessment-process/>
- IPCC. (2011). *Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático* (O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, E. Patrick, M. Patrick, H. Gerrit, K. Susanne, S. Steffen, Z. Timm, & von S. Christoph, Eds.).

IPCC. (2013). Resumen para responsables de políticas. In T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, & P. M. Midgley (Eds.), *Cambio Climático 2013: Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (p. 188). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.

IPCC. (2014). Cambio climático 2014: Informe de Síntesis. In *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. In 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.), *Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto i*.

IPCC. (2019a). *El cambio climático y la tierra Resumen para responsables de políticas* (V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, E. Calvo, B. Priyadarshi, R. Shukla, R. Slade, S. Connors, R. Van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. P. Pereira, P. Vyas, ... J. Malley, Eds.).

IPCC. (2019b). Resumen para responsables de políticas. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M.

- Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, & N. M. Weyer (Eds.), *Informe especial sobre los océanos y la criosfera en un clima cambiante del IPCC*.
- IPCC. (2021). *AR6 Cambio climático 2021: La base de la ciencia física - IPCC*.  
<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>
- IPCC. (2022a). *Cambio Climático 2022: Impactos, Adaptación, y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre el cambio climático*.  
[https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_FinalDraft\\_FullReport.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_FinalDraft_FullReport.pdf)
- IPCC. (2022b). *Cambio Climático 2022: Mitigación del Cambio Climático. Contribución de Grupo de Trabajo III del Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático*.
- Jiménez, A., & Peralta, M. (2019). *Carbono secuestrado en los árboles de dos parques de la ciudad de Cuenca*. Universidad del Azuay.
- Kleemann, J., Koo, H., Hensen, I., Mendieta-Leiva, G., Kahnt, B., Kurze, C., Inclan, D. J., Cuenca, P., Noh, J. K., Hoffmann, M. H., Factos, A., Lehnert, M., Lozano, P., & Fürst, C. (2022). Priorities of action and research for the protection of biodiversity and ecosystem services in continental Ecuador. *Biological Conservation*, 265, 109404.  
<https://doi.org/10.1016/J.BIOCON.2021.109404>
- Lacroix, K., Carman, J. P., Goldberg, M. H., Gustafson, A., Rosenthal, S. A., & Leiserowitz, A. (2022). Does personal climate change mitigation behavior influence collective behavior? Experimental evidence of no spillover in the United States. *Energy Research & Social Science*, 94, 102875. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2022.102875>

- 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>
- Leifeld, J., & Keel, S. G. (2022). Quantifying negative radiative forcing of non-permanent and permanent soil carbon sinks. *Geoderma*, 423, 115971. <https://doi.org/10.1016/J.GEODERMA.2022.115971>
- Livingston, J. E., & Rummukainen, M. (2020). Taking science by surprise: The knowledge politics of the IPCC Special Report on 1.5 degrees. *Environmental Science and Policy*, 112, 10–16. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.020>
- Löfroth, T., Andersson, J., Roberge, J. M., & Sjögren, J. (2022). Flow-on effects of an introduced tree species: Lodgepole pine plantation affects function and performance of boreal ants. *Forest Ecology and Management*, 512, 120160. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2022.120160>
- López-López, S. F., Martínez-Trinidad, T., Benavides-Meza, H. M., García-Nieto, M., & Ángeles-Pérez, G. (2018). Reservorios de biomasa y carbono en el arbolado de la primera sección del Bosque de Chapultepec, Ciudad de México. *Madera y Bosques*, 24(3). <https://doi.org/10.21829/MYB.2018.2431620>
- 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>
- Macovei, V. A., Hartman, S. E., Schuster, U., Torres-Valdés, S., Moore, C. M., & Sanders, R. J. (2020). Impact of physical and biological processes on temporal variations of the ocean carbon sink in the mid-latitude North Atlantic (2002–2016). *Progress in Oceanography*, *180*, 102223. <https://doi.org/10.1016/J.POCEAN.2019.102223>
- Magni, C. A., & Marchioni, A. (2020). Average rates of return, working capital, and NPV-consistency in project appraisal: A sensitivity analysis approach. *International Journal of Production Economics*, *229*, 107769. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2020.107769>
- McRoberts, R., Tomppo, E., & Czaplewski, R. (1992). Diseños de muestreo de las Evaluaciones Forestales Nacionales. In *Antología de conocimiento para la evaluación de los recursos forestales nacionales*. FAO.
- Medina, C. E., Medina, Y. K., & Bocardo, E. F. (2020). Economic valuation of carbon capture and storage in the puna dry of southwestern Peru. *Bosque*, *41*(2), 165–172. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200165>
- Menéndez, J. L. (2007, July 2). *Fraxinus excelsior*. Asturnatura.Com. <https://www.asturnatura.com/especie/fraxinus-excelsior.html>
- Mercuriali, L., Oliveras, L., Marí, M., Gómez, A., Montalvo, T., García-Rodríguez, A., Pérez, G., & Villalbí, J. R. (2022). Un sistema de vigilancia de salud pública para el cambio climático en las ciudades. *Gaceta Sanitaria*, *36*(3), 283–286. <https://doi.org/10.1016/J.GACETA.2021.01.003>

- Mete, M. (2014). Valor actual neto y tasa de retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *Revista de Difusión Cultural y Científica de La Universidad La Salle En Bolivia*, 7, 67–85.
- Minga Ochoa, D., & Verdugo Navas, A. (2016). *Árboles y arbustos de los ríos de Cuenca*. Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8784>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador-Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit. (2017). *Guía de valoración económica de los recursos genéticos de los anfibios en Ecuador*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/57799.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MAE]. (2017). *Tercera Comunicación Nacional del Ecuador a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- Morales, M., & Vásquez, M. (2019). *Valoración económica de la captura de carbono en las especies Podocarpus sprucei y Oreocallis grandiflora en el Bosque Protector Aguarongo* [Universidad Politécnica Salesiana ]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16640>
- Muñoz, M., & Vásquez, E. (2020). *Estimaciones del potencial de captura de carbono en los parques urbanos y emisiones 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](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_37)
- Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMNUCC]*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- NASA. (2023). *Respondiendo al Cambio Climático*. <https://climate.nasa.gov/solutions/adaptation-mitigation/>

- Nasiri, R., Zarandi, S. M., Bayat, M., & Amini, A. (2022). Design a protocol to investigate the effects of climate change in vivo. *Environmental Research*, 212, 113482. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2022.113482>
- Natusfera. (2019, December). *Guabo del valle de Cumbayá y Tumbaco, guaba cuadrada, guaba de zorro, guaba lanuda, guabo (Inga insignis)*. <https://natusfera.gbif.es/observations/249918>
- Nikon. (2022). *Nikon Forestry Pro II*. [https://www.nikon.es/es\\_ES/product/sport-optics/laser-range-finders/forestry-pro-ii](https://www.nikon.es/es_ES/product/sport-optics/laser-range-finders/forestry-pro-ii)
- Nowak, D. J., Greenfield, E. J., Hoehn, R. E., & Lapoint, E. (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environmental Pollution*, 178, 229–236. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2013.03.019>
- Núñez-Rodríguez, & Carvajal-Rodríguez, J. C. (2021). Educar en tiempos de cambio climático para la resiliencia humana y la regeneración ambiental. *Revista Electrónica Educare*, 25(2), 1–9. <https://doi.org/10.15359/REE.25-2.30>
- Núñez-Rodríguez, J. (2021). Educación para el cambio climático: ¿Por qué formar para afrontar la incertidumbre, vulnerabilidad y complejidad ambiental? *Revista Electrónica Educare*, 25(2), 1–12. <https://doi.org/10.15359/REE.25-2.28>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2021, October 30). *Cambio climático y salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health>
- Ortiz, J. D., & Jackson, R. (2022). Understanding Eunice Foote's 1856 experiments: heat absorption by atmospheric gases. *Notes and Records*, 76(1), 67–84. <https://doi.org/10.1098/RSNR.2020.0031>

- Pino, E., & Chávarri, E. (2022). Evidencias de cambio climático en la región hiperárida de la costa sur de Perú, cabecera del desierto de Atacama. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 13(1), 333–376. <https://doi.org/10.24850/J-TYCA-2022-01-08>
- 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]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21116>
- Pugh, T. A. M., Müller, C., Arneth, A., Haverd, V., & Smith, B. (2016). Key knowledge and data gaps in modelling the influence of CO<sub>2</sub> concentration on the terrestrial carbon sink. *Journal of Plant Physiology*, 203, 3–15. <https://doi.org/10.1016/J.JPLPH.2016.05.001>
- 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>
- Rangel, R., Durán, O., Gómez, G., Ferro, H., Barranco, G., Sánchez, M., Nidia, A., Cuadrado, L., Herrera, P., & Villamajó. (2013). Vista de Valoración económico-ambiental de recursos naturales seleccionados en la cuenca del río Guanabo, La Habana, Cuba. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 20, 45–55. <https://raco.cat/index.php/Revibec/article/view/266843/354464>
- Rehg, W., & Staley, K. (2017). “Agreement” in the IPCC Confidence measure. *Studies in History and Philosophy of Science Part B - Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 57, 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.shpsb.2016.10.008>
- Reichle, D. E. (2020). Carbon, climate change, and public policy. *The Global Carbon Cycle and Climate Change*, 253–287. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820244-9.00012-3>



- Ríos, R. C., & González, G. P. (2021). Cambio climático y planificación urbana: Desafíos y oportunidades para la Evaluación Ambiental Estratégica. *Revista de Derecho Ambiental*, 2(16), 73–107. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.60524>
- Rodríguez, H. (2021, May). *Animales en peligro de extinción (lista 2022)*.
- Rodríguez-Pacheco, F. L., Mejía-Rodríguez, D. L., Sánchez-Buitrago, J. O., Rodríguez-Pacheco, F. L., Mejía-Rodríguez, D. L., & Sánchez-Buitrago, J. O. (2021). Climate change and strategic ecosystems: perceptions of university students. *Formación Universitaria*, 14(6), 165–174. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062021000600165>
- Rodríguez-Tarducci, R., & Ravella, O. (2021). Alternativas del desarrollo urbano en el contexto del cambio climático: el caso de la Microrregión del Gran La Plata, Buenos Aires Argentina. *Ciudad y Territorio Estudios Territoriales*, 53(209), 791–804. <https://doi.org/10.37230/CYTET.2021.209.11>
- Salazar, M. Á. J., & González, J. M. (2021). Distribución actual y potencial de *Pinus engelmannii* Carrière bajo escenarios de cambio climático. *Madera y Bosques*, 27(3), e2732117–e2732117. <https://doi.org/10.21829/MYB.2021.2732117>
- Salazar-Borunda, M. A., Pereda-Solís, M. E., López-Serrano, P. M., Chavez-Simental, J. A., Martínez-Guerrero, J. H., & Tarango-Arámbula, L. A. (2022). Climate change will affect the distribution of the Mexican Spotted Owl (*Strix occidentalis lucida* Nelson 1903). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, XXVIII(2), 305–318. <https://doi.org/10.5154/R.RCHSCFA.2021.10.066>
- Saldaña, M. V., & Vera, K. F. (2019). *Diagnóstico de plagas y enfermedades presentes en las plantas de la zona urbana de la ciudad de Cuenca* [Universidad Politécnica Salesiana ]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18164>

- Salmán, J., & Arredondo, R. (2020). *Propuesta metodológica para la gestión de bonos de carbono derivados de las mejoras de transporte, para la construcción de ciclovías.*
- Sánchez de Lorenzo, J. M. (2001). *Las especies del género Callistemon cultivadas en España.*
- Sánchez de Lorenzo, J. M. (2011). *Arboles Ornamentales.* www.arbolesornamentales.es
- Sánchez de Lorenzo, J. M. (2017). *Arboles ornamentales.*  
<https://www.arbolesornamentales.es/Schinus%20terebinthifolia.pdf>
- Sánchez de Lorenzo, J. M. (2019). *Arboles Ornamentales.*  
[https://www.arbolesornamentales.es/Pittosporum\\_undulatum.pdf](https://www.arbolesornamentales.es/Pittosporum_undulatum.pdf)
- Sarcca, Y. (2017). *Valoración económica del servicio eco sistémico de secuestro y almacenamiento de carbono en el bosque de Polylepis del Pichu Pichu, Arequipa- 2016* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].  
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2787>
- Sayago, J. A. M., & Rodriguez, C. A. P. (2012). Causality and sensitivity of prices of European Union allowances and emission reduction certificates of clean development mechanisms in the European market for allowance transactions. *Estudios Gerenciales*, 28(124), 141–167. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(12\)70220-6](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(12)70220-6)
- Schlegel, B., Gayoso, J., & Guerra, J. (2001). *Manual de procedimiento para inventarios de carbono en ecosistemas forestales.*
- SENDECO2. (2023). *Precios CO2* . <https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>
- Sha, Z., Bai, Y., Li, R., Lan, H., Zhang, X., Li, J., Liu, X., Chang, S., & Xie, Y. (2022). The global carbon sink potential of terrestrial vegetation can be increased substantially by optimal land management. *Communications Earth & Environment* 2022 3:1, 3(1), 1–10.  
<https://doi.org/10.1038/s43247-021-00333-1>

- 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>
- Shannon, C. E. (1949). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(4), 623–656. <https://doi.org/10.1002/J.1538-7305.1948.TB00917.X>
- Shiva, V. (2001). *Biopiratería: El saqueo de la naturaleza y del conocimiento*. Icardia.
- Siegert, M., Alley, R. B., Rignot, E., Englander, J., & Corell, R. (2020). Twenty-first century sea-level rise could exceed IPCC projections for strong-warming futures. *One Earth*, 3(6), 691–703. <https://doi.org/10.1016/J.ONEEAR.2020.11.002>
- Silva, F., & Gonzáles, Ma. del C. (2008). Morfología de *Cycas* sp. (Cycadaceae) en el área Metropolitana de Monterrey, Nuevo León. *Plantas*, 6, 14–15. [http://www.fcb.uanl.mx/nw/images/revistas/planta\\_rev/planta\\_no6.pdf](http://www.fcb.uanl.mx/nw/images/revistas/planta_rev/planta_no6.pdf)
- Skeirytė, A., Krikštolaitis, R., & Liobikienė, G. (2022). The differences of climate change perception, responsibility and climate-friendly behavior among generations and the main determinants of youth's climate-friendly actions in the EU. *Journal of Environmental Management*, 323, 116277. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2022.116277>
- Slow Food Toundation for Biodiversity. (2020). *Porotón o Cáñaro - Arca del Gusto - Fundación Slow Food*. <https://www.fondazioneslowfood.com/en/ark-of-taste-slow-food/poroton-or-canaro/>
- Somarriba, E. (1999). Diversidad Shannon. *Agroforestería En Las Américas*, 6(23), 72–74. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6079>

- 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>
- Sun, M., Xu, X., Wang, L., Li, C., & Zhang, L. (2021). Stable energy, energy inequality, and climate change vulnerability in Pan-Third Pole regions: Empirical analysis in cross-national rural areas. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111197. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111197>
- The Gold Standard Foundation. (2023). *Portafolio de Climate+: Variedad de proyectos – Gold Standard Marketplace*. <https://marketplace.goldstandard.org/collections/projects/products/climate-portfolio-variety-projects>
- Thøgersen, J., Nørnberg, P., Finster, K., & Knak Jensen, S. J. (2021). Greenhouse gas capture by triboelectric charging. *Chemical Physics Letters*, 783, 139069. <https://doi.org/10.1016/J.CPLETT.2021.139069>
- Tollefson, J. (2021). Diagnosing Earth: the science behind the IPCC’s upcoming climate report. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/D41586-021-02150-0>
- United States Environmental Protection Agency [EPA]. (2022, May). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Universidad de Málaga. (2021). *Cupressus macrocarpa*. <https://jardinbotanico.uma.es/jb-95-01/>
- Universidad EIA [UEIA ]. (2014). *Eugenio (Syzygium paniculatum)*. <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/276>

- Uniyal, S., Purohit, S., Chaurasia, K., Rao, S. S., & Amminedu, E. (2022). Quantification of carbon sequestration by urban forest using Landsat 8 OLI and machine learning algorithms in Jodhpur, India. *Urban Forestry & Urban Greening*, *67*, 127445. <https://doi.org/10.1016/J.UFUG.2021.127445>
- Vadikkeetil, Y., Subramaniam, Y., Murugan, R., Ananthapadmanabhan, P. V., Mostaghimi, J., Pershin, L., Batiot-Dupeyrat, C., & Kobayashi, Y. (2022). Plasma assisted decomposition and reforming of greenhouse gases: A review of current status and emerging trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *161*, 112343. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2022.112343>
- van der Geest, K., & van den Berg, R. (2021). Slow-onset events: a review of the evidence from the IPCC Special Reports on Land, Oceans and Cryosphere. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *50*, 109–120. <https://doi.org/10.1016/J.COSUST.2021.03.008>
- van der Merwe, E., Clance, M., & Yitbarek, E. (2022). Climate change and child malnutrition: A Nigerian perspective. *Food Policy*, 102281. <https://doi.org/10.1016/J.FOODPOL.2022.102281>
- Vaughn, R. M., Hostetler, M., Escobedo, F. J., & Jones, P. (2014). The influence of subdivision design and conservation of open space on carbon storage and sequestration. *Landscape and Urban Planning*, *131*, 64–73. <https://doi.org/10.1016/J.LANDURBPLAN.2014.08.001>
- Welegedara, N. P. Y., Agrawal, S. K., Gajjar, S., & Joshi, N. (2021). Variations in direct greenhouse gas emissions across neighbourhoods: A case of Edmonton in Canada. *Environmental Challenges*, *5*, 100312. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100312>
- 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., Li, S., Coelho, M. S. Z. S., Saldiva, P. H. N., Hu, K., Huxley, R. R., Abramson, M. J., & Guo, Y. (2019). The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: A nationwide time series study between 2000 and 2015. *PLOS Medicine*, 16(2), e1002753. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PMED.1002753>





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>

## 6. Anexos





### 6.1. Anexo 1: Inventario forestal

*Especies nativas de la ribera urbana del río Machángara*



Nombre común:	Aliso	Nombre común:	Cáñaro
Nombre científico:	<i>Alnus acuminata</i>	Nombre científico:	<i>Erythrina edulis</i>
Tipo de especie:	Nativa	Tipo de especie:	Nativa
Número de individuos	170	Número de individuos	2



 		 	
<p>Árbol que alcanza los 15 m de altura y un DAP de 30 cm; “copa abierta, tronco cilíndrico recto con ramificación opuesta, corteza con lenticelas dispersas” (Minga &amp; Verdugo, 2016).</p>		<p>Árbol semicaducifolio que logra una altura de hasta 14 m y un DAP de 40 cm. Produce abundantes vainas de 20-30 centímetros de largo que contienen frijoles (Slow Food Toundation for Biodiversity, 2020).</p>	
Nombre común:	Capulí	Nombre común:	Cedrillo
Nombre científico:	<i>Prunus serotina</i>	Nombre científico:	<i>Phyllanthus salviifolius</i>
Tipo de especie:	Nativa	Tipo de especie:	Nativa
Número de individuos	23	Número de individuos	3



			
<p>Árbol de hasta 15 m de altura y un DAP de 30 a 50 cm. “Fuste ligeramente tortuoso, corteza externa fisurada, ramificación alterna y copa globosa” (Minga &amp; Verdugo, 2016).</p>		<p>Árbol de hasta 12 m de alto y 10 cm de DAP, presenta ramitas terminales de color rojizo y flores rosadas (Herbario Azuay, n.d.) .</p>	
Nombre común:	Cedro	Nombre común:	Guaba
Nombre científico:	<i>Cedrela montana</i>	Nombre científico:	<i>Inga insignis</i>
Tipo de especie:	Nativa	Tipo de especie:	Nativa
Número de individuos	6	Número de individuos	9
			





<p>Árbol de 8 a 10 m de altura y un 100 cm de DAP. Presenta una corteza gris y madera de color rosa, hojas de 20 a 80 cm de largo dispuestas alrededor de sus ramas, sus frutos en capsula con forma elipsoide cuyo diámetro tiene de 3 a 5 cm (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>		<p>Árbol que alcanza una altura de hasta 12 m. ramas glabras, hojas pinnadas con 4 o más pares de folíolos y un fruto en forma de legumbres cortas, surcadas, de color café y semillas con arilo apetitoso (Natusfera, 2019).</p>	
Nombre común:	Guabisay	Nombre común:	Guaylo
Nombre científico:	<i>Podocarpus sprucei</i>	Nombre científico:	<i>Delostoma integrifolium</i>
Tipo de especie:	Nativa	Tipo de especie:	Nativa
Número de individuos	5	Número de individuos	9
			
<p>Árbol de hasta 20 m de altura y 50 cm de DAP. Ramas ascendentes y extendidas que forman una copa túpida. Presenta una corteza escamosa y de color marrón rojizo (Earle, 2022).</p>		<p>Árbol de hasta 15 m de altura, y un DAP de 40 cm, con tallo de color gris, hojas simples opuestas de hasta 12 cm de largo, flores violetas y frutos aplanados que contienen abundantes semillas (K. T. García &amp; Ñauta, 2016).</p>	
Nombre común:	Nogal	Nombre común:	Sauce



Nombre científico:	<i>Juglans neotropica</i>	Nombre científico:	<i>Salix humboldtiana</i>
Tipo de especie:	Nativa	Tipo de especie:	Nativa
Número de individuos	17	Número de individuos	599
			
<p>Árbol de entre 15 hasta 48 m de altura y un DAP de 30 y 120 cm. Tronco cilíndrico y copa ancha y frondosa, corteza gris negruzca; presenta un fruto ovoide de 6 a 5 cm de diámetro (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>		<p>Árbol de 5 a 12 m de altura y 50 cm de diámetro. Presenta un “tronco tortuoso con la corteza externa agrietada, copa amplia irregular con ramificación alterna” (Minga &amp; Verdugo, 2016).</p>	



### Especies introducidas de la ribera urbana del río Machángara



Nombre común:	Acacia	Nombre común:	Acacia australiana
Nombre científico:	<i>Acacia melanoxylon</i>	Nombre científico:	<i>Acacia dealbata</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	45	Número de individuos	158

			
<p>Árbol que puede alcanzar hasta los 20 m de altura; hojas compuestas por filodios lanceolados de 8-10 cm largo y hasta 2 cm. de ancho; flores unidas en pequeños racimos axilares de color amarillo pálido (Carranza, 2007).</p>		<p>Árbol perenne de árbol de entre 10-12 m de altura, copa irregular muy ramificado, hojas bipinnadas que contiene entre 25-40 pares de folíolos, flores de color amarillo, y fruto en forma de vaina aplastada y curvada que contiene entre cuatro a cinco semillas (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>	
Nombre común:	Álamo blanco	Nombre común:	Cepillo
Nombre científico:	<i>Populus alba L.</i>	Nombre científico:	<i>Callistemon lanceolatus</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	10	Número de individuos	22







			
<p>Árbol caducifolio de hasta 30 m de altura y 100 cm de DAP, de tronco grueso y copa frondosa, posee corteza lisa y blanquecina, pero más oscura en la base, su follaje se caracteriza por su contraste de colores, blanquecino a una cara de la hoja y verde oscuro en la cara opuesta (INaturalistEc, 2022).</p>		<p>Árbol mediano de hasta 10 m de alto, posee una copa frondosa y tronco pequeño, hojas alargadas de 3 a 8 cm; flores bisexuales en forma de escobillones de color escarlata o rojo que alcanzan los 10 cm (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>	
Nombre común:	Cepillo blanco	Nombre común:	Cereza magenta
Nombre científico:	<i>Callistemon salignus</i>	Nombre científico:	<i>Syzygium paniculatum</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	52	Número de individuos	6

			
<p>“Arbusto o arbolito de hasta 8 m de altura, con la corteza blanquecina, papirácea. Hojas igualmente lanceoladas, planas, de 3-10 cm x 4-10 mm, de color verde pálido, rojizas cuando jóvenes” (Sánchez de Lorenzo, 2001).</p>		<p>Árbol perenne de hasta 10 m de altura, y 30 cm de DAP, copa semiglobosa, presenta hojas simples opuestas al tallo, flores blancas en forma de racimo y fruto rosa tipo baya (Universidad EIA [UEIA ], 2014).</p>	
Nombre común:	Ciprés	Nombre común:	Eucalipto
Nombre científico:	<i>Cupressus macrocarpa</i>	Nombre científico:	<i>Eucalyptus globulus</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	70	Número de individuos	1117



			
<p>Árbol de 25-30 m de altura, con ramificación ascendente. Corteza agrietada creando placas de color pardo grisáceo. Hojas escamiformes y muy gruesas. Presenta semillas aladas de color café (Universidad de Málaga, 2021).</p>		<p>Árboles perennifolios de 30 – 50 metros de altura. Presenta corteza grisácea. Hojas semicoriáceas, de 10 a 20 cm de largo cuando son adultas. Flores bisexuales blancas. Fruto en forma de cápsula y semillas negras, angulosas de 2-2,5 mm de diámetro (di Marco, 2015).</p>	
Nombre común:	Fresno	Nombre común:	Huesito
Nombre científico:	<i>Tecoma stans</i>	Nombre científico:	<i>Pittosporum undulatum</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	25	Número de individuos	9





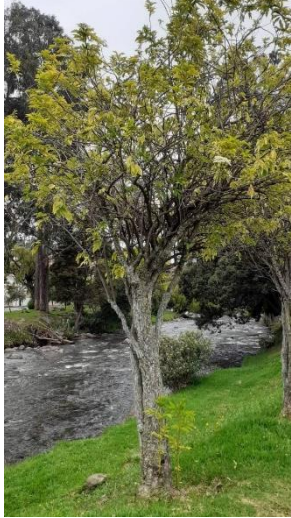
			
<p>Árbol de hasta 10 m de altura de copa aparasolada, hojas caedizas compuestas y opuestas de hasta 25 cm de largo, flores color amarillo que carecen de pétalos y sépalos. Fruto en cápsula, linear, cilíndrico o ligeramente comprimido (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>		<p>Árbol perennifolio de 5-10 m de altura, con uno o más troncos de corteza grisácea. Hojas alternas de elíptico-oblongas a oblanceoladas. Flores blancas olorosas, de 12-15 mm de diámetro. Fruto amarillo-anaranjado en cápsula de 10-14 mm de diámetro (Sánchez de Lorenzo, 2019).</p>	
Nombre común:	Jacaranda	Nombre común:	Molle
Nombre científico:	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	Nombre científico:	<i>Schhus molle L.</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	8	Número de individuos	19

			
<p>Árbol semicaducifolio de 12-15 m de altura, de copa amplia y las ramas erguidas. Hojas opuestas, pari-bipinnadas, de 30-50 cm de largo. Flores de color azul-violeta. De fruto tiene una cápsula leñosa de 5-7 cm de diámetro (Sánchez de Lorenzo, 2011).</p>		<p>Árbol perenne de hasta 8 m de altura, copa densa con ramas delgadas dispuestas por hojas compuestas imparipinnadas con borde entero. Flores bisexuales de color blanco-amarillentas. Frutos en drupas de color rosa a rojo brillante (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>	
Nombre común:	Níspero	Nombre común:	Palmera
Nombre científico:	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nombre científico:	<i>Cycas sp.</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	7	Número de individuos	3



			
<p>Árbol perenne de hasta 6 m de altura y un DAP de 30 cm, con una copa espesa semiglobosa. Hojas compuestas de forma simple y alternas al tallo. Flores blancas en disposición de panícula. Fruto en tipo de poma de 3 -6 cm de diámetro (UEIA , 2014).</p>		<p>Árbol perenne de crecimiento bastante lento que alcanza hasta 3 m de altura, presenta tronco grueso y sin ramificaciones, las hojas son pinnadas semejantes a palmas (Silva &amp; Gonzáles, 2008).</p>	
Nombre común:	Pino	Nombre común:	Ramo de novia
Nombre científico:	<i>Pinus radiata</i>	Nombre científico:	<i>Yucca guatemalensis</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	2	Número de individuos	6

			
<p>Árbol que alcanza los 30 m de altura, tiene la copa es cónica y oscura. Hojas de 7-15 cm de longitud y agrupadas de 3 en 3, como fruto tiene un estorbillo leñoso en forma de piñas, que nacen en grupos de hasta 4 ó 5 y de 7 – 14 cm de largo (Árboles Ibéricos, 2013).</p>		<p>Árbol perenne robusto de 3 a 10 m de altura. Tallo simple o ramificado con inflorescencias en forma de panículas erectas. Flores blancas- cremosas. Fruto oblongo-ovoide de 7-8 cm de largo y 4,5 cm de diámetro, con diversas semillas papiráceas (Saldaña &amp; Vera, 2019).</p>	
Nombre común:	Roble australiano	Nombre común:	Tilo
Nombre científico:	<i>Grevillea robusta</i>	Nombre científico:	<i>Sambucus mexicana</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	17	Número de individuos	4

			
<p>Árbol perenne de 15-25 m de altura y un DAP de 100 cm. Tronco recto y robusto. Hojas dispuestas de forma alterna, con el raquis acanalado. Flores muy nectaríferas, sobre pedicelos delgados rojizos. Fruto en forma de folículo de color pardo oscuro que contiene semillas muy apretadas (Sánchez de Lorenzo, 2011).</p>		<p>Árbol generalmente de 2- 5 m de altura. Hojas opuestas, grandes y algo puntiagudas. Flores pequeñas, fragantes de color blanco-verdoso. Fruto ovoide, carnoso negro o purpúreo, de hasta 8 mm de diámetro, contiene 3 a 5 semillas (Heike Vibrans, 2009).</p>	
Nombre común:	Turbinto	Nombre común:	Urapán
Nombre científico:	<i>Schinus terebinthifolius</i>	Nombre científico:	<i>Fraxinus excelsior L.</i>
Tipo de especie:	Introducida	Tipo de especie:	Introducida
Número de individuos	53	Número de individuos	5



	
<p>Árbol perenne, de 5-7 m de altura, con una copa densa y semiglobosa. Hojas alternas e imparipinnadas de 8-20 cm de largo. Flores unisexuales, blanco-amarillentas. Frutos en forma de drupas globosas de hasta 5 mm de diámetro, de color rojo vivo. Semilla elíptica de color marrón claro, de unos 3 mm (Sánchez de Lorenzo, 2017).</p>	<p>Árbol de hasta 30 m de altura, con un tronco recto, copa ovalada y pocas ramas robustas. Hojas opuestas, caducas de 20- 35 cm. Flores que carecen de cáliz y corola, acomodadas en ramilletes colgantes. Fruto sámara en forma oblongo - lanceolada de unos 3.5 cm (Menéndez, 2007).</p>

## 6.2. Anexo 2: Inversión inicial para impulsar la implementación del proyecto.

*Nota.* Tomado de Aguirre et al. (2017) citado en (Morales & Vásquez, 2019).

DESCRIPCION	Cantidad	Valor unitario (USD)	Total USD
<b>Permisos locales</b>			<b>1900</b>
Permisos de operación	1	280	280
Patentes municipales	1	120	120
Constitución	1	1500	1500
<b>Viajes de Benchmarking para consolidar la iniciativa</b>			<b>79600</b>
Coordinación de MAE	4	400	1600
Bolivia, experiencia Parque Noel Kempff	1	4000	4000
Colombia, Instituto de Verificación de certificados	4	2000	8000
Diseño e implementación sistema de monitoreo	1	30000	30000
Feria internacional para promover el mercado del carbono en el Bosque Aguarongo	1	25000	25000
Consultoría para la estructuración y gestión de la base de datos	1	6000	6000
Talleres y discusión de la iniciativa (mesas de dialogo)	1	5000	5000
<b>Publicidad y propaganda</b>			<b>5620</b>
Diseño de página Web	1	500	500
Tarjetas de presentación	1	120	120
Imagen Corporativa	1	1000	1000
Adecuaciones generales	2	2000	4000
<b>Capacitaciones</b>			<b>9500</b>
Nuevos mercado	2	3500	7000
Gerencia y comercialización	1	2500	2500
<b>Sueldos y Salarios</b>			<b>33421</b>
Gerente de campo	1	4421	4421
Técnico Senior	2	2421	4842
Técnico Junior	2	1824	3648
Técnico comunitario	7	1465	10255
Técnico de campo	7	1465	10255
<b>Costos Indirectos</b>			<b>24000</b>
Mantenimiento	2	3000	6000
Viajes y representaciones	12	1500	18000
<b>TOTAL DE INVERSION INICIAL</b>			<b>154041</b>

### 6.3. Anexo 3: Contratos del mantenimiento de las áreas verdes en la ciudad de Cuenca

*Nota.* Datos obtenidos de la plataforma virtual de la SERCOP

Año	Nombre del proceso	Código de contrato	Costo	Área (ha)	Costo por ha	Costo por año
2016	Mantenimiento Y Limpieza De Parques Y Áreas Verdes De La Zona 01, Perteneciente A Las Parroquias Urbanas Yanuncay Del Cantón Cuenca	COTBS-EMACEP-01-2016	\$242.523,11	30,43	\$7.969,87	\$121.261,56
2016	Mantenimiento Y Limpieza De Parques Y Áreas Verdes De La Zona 07, Perteneciente A Las Parroquia Urbana Monay Del Cantón Cuenca	COTBS-EMACEP-07-2016	\$226.813,76	31,32	\$7.241,82	\$113.406,88
2016	Mantenimiento Y Limpieza De Parques Y Áreas Verdes De La Zona 08, Perteneciente A Las Parroquias Urbanas Totoracocha Y Machangara Del Cantón Cuenca	COTBS-EMACEP-08-2016	\$207.831,82	29,97	\$6.934,66	\$103.915,91
2016	Mantenimiento Y Limpieza De Parques Y Áreas Verdes De La Zona 09, Perteneciente A La Parroquia Urbana El Vecino Del Cantón Cuenca	COTBS-EMACEP-09-2016	\$316.535,25	33,84	\$9.353,88	\$158.267,63
2016	Mantenimiento Y Limpieza De Parques Y Áreas Verdes De La Zona 11, Perteneciente A Las Parroquia Urbana Machángara Del Cantón Cuenca	COTBS-EMACEP-11-2016	\$ 204.437,10	27,94	\$7.317,00	\$102.218,55
2020	Mantenimiento Paisajístico Y Agronómico De Los Parques, Jardines Y Otras Áreas Con Vegetación Del Cantón Cuenca. Zona A	LICBS-EMACEP-02-2020	\$1.079.476,77	132	\$8.177,85	\$539.738,39
2021	Mantenimiento Paisajístico Y Agronómico De Los Parques, Jardines Y Otras Áreas Con Vegetación Del Cantón Cuenca. Zona C	LICBS-EMACEP-03-2021	\$738.272,61	100,63	\$7.336,51	\$369.136,31

2021	Mantenimiento Paisajístico Y Agronómico De Los Parques, Jardines Y Otras Áreas Con Vegetación Del Cantón Cuenca. Zona B	LICBS-EMACEP-06-2021	\$877.289,35	99,97	\$8.775,53	\$438.644,68
------	---	----------------------	--------------	-------	------------	--------------

---