UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ANÁLISIS DE LA CAPTURA DE CO_2 FORESTAL MEDIANTE MUESTREO NO DESTRUCTIVO EN EL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO – BPCB, PARA LA CONSERVACIÓN SOSTENIBLE EN 2022.

EXÁMEN COMPLEXIVO

Trabajo de titulación presentado como requisito para
la obtención del título de
INGENIERA AMBIENTAL

AUTOR
CASTILLO CHOCHO KATHERINE GRIMANEZA

TUTOR
ING. MUÑOZ NARANJO DIEGO IVÁN, MSC.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

MONOGRAFÍA

ANÁLISIS DE LA CAPTURA DE CO_2 FORESTAL MEDIANTE MUESTREO NO DESTRUCTIVO EN EL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO – BPCB, PARA LA CONSERVACIÓN SOSTENIBLE EN 2022.

TRABAJO NO EXPERIMENTAL

MONITOREO, MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

AUTOR
CASTILLO CHOCHO KATHERINE GRIMANEZA

GUAYAQUIL – ECUADOR

2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo MUÑOZ NARANJO DIEGO IVAN Ing., docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ANÁLISIS DE LA CAPTURA DE CO2 FORESTAL MEDIANTE MUESTREO NO DESTRUCTIVO EN EL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO – BPCB, PARA LA CONSERVACIÓN SOSTENIBLE EN 2022. Realizado por la estudiante CASTILLO CHOCHO KATHERINE GRIMANEZA; con cédula de identidad número 0706415619, de la carrera de INGENIERÍA AMBIENTAL, Unidad Académica Guayaquil ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Ing. Muñoz Naranjo Diego Ivan, MSc.
DIRECTOR DE TESIS

Guayaquil, 5 de abril de 2022

UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "ANÁLISIS DE LA CAPTURA DE CO_2 FORESTAL MEDIANTE MUESTREO NO DESTRUCTIVO EN EL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO – BPCB, PARA LA CONSERVACIÓN SOSTENIBLE EN 2022.", realizado por la estudiante, CASTILLO CHOCHO KATHERINE GRIMANEZA el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

_____

ING, DIEGO MUÑOZ NARANJO. M.Sc.
PRESIDENTE

_____

ING. LUIS MOROCHO ROSERO
EXAMINADOR PRINCIPAL

_____

ING. JUSSEN FACUY DELGADO
EXAMINADOR PRINCIPAL

Guayaquil, 05 de abril del 2022

Dedicatoria

Con mucho cariño a todos mis queridos amigos, los verdaderos, los que lucharon, luchan y lucharán conmigo en el trancurso de la vida.

Agradecimiento

Agradezco infinitamente a Jehová Dios, mis padres, maestros y amigos. Sin su mano no lo habría logrado. ¡Gracias, gracias, gracias!.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CASTILLO CHOCHO KATHERINE GRIMANEZA, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre "ANÁLISIS DE LA CAPTURA DE CO_2 FORESTAL EN EL BOSQUE PROTECTOR CERRO BLANCO – BPCB PARA LA CONSERVACIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE" para optar el título de INGENIERA AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación. Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 5 de abril de 2022.

CASTILLO CHOCHO KATHERINE GRIMANEZA

C.I. 0706415619

Indice General

Dedicatoria 5

Agradecimiento 6

Resumen 11

Abstract 12

1. Introducción 13

1.1 Importancia o caracterización del tema 14

1.2 Actualidad del tema 18

1.3 Novedad científica del tema 21

1.4 Justificación de la investigación 22

1.5 Objetivos 24

1.5.1 General. 24

1.5.2 Específicos. 24

2. Metodología 25

2.1 Materiales 25

2.1.1 Recursos bibliográficos 25

2.1.2 Materiales y equipos 25

2.1.3 Recursos humanos 26

2.2 Métodos 26

2.2.1 Modalidad y tipo de investigación. 26

2.2.1.1 Bibliográfica. 26

2.2.1.2 Descriptiva. 26

2.2.1.3 Explicativa. 27

2.2.2 Tipos de métodos. 27

2.2.2.1 Método analítico – sintético. 27

2.2.3 Técnicas 27

2.2.3.1 Documentales. 27

2.2.3.2 De campo. 28

2.2.4 Estadística descriptiva 28

2.2.5 Metodología para el desarrollo del proyecto 28

2.2.5.1 Recolección de datos de campo. 29

2.2.5.2 Ecuación alométrica para estimar TonCO_2 en bosque seco. 30

2.2.5.3 Conversión de TonCO_2 acumulado a TonCO2 equivalente. 30

2.2.5.4 Cálculo de Certificados de Reducción de Emisión - CER's. 30

2.2.5.5 Monetización de CO_2 en BPCB. 31

3. Marco Teórico 32

3.1 Estado del arte 32

3.2 Análisis 37

3.2.1 Línea base ambiental de especies forestales en el BPCB, mediante investigación In-Situ. 37

3.2.2 Estimación de TonCO_2 en el BPCB, mediante ecuación alométrica para bosque seco en Ecuador. 45

3.2.3 Monetización de CO_2, mediante la obtención de CER's para la conservación ambiental sostenible 54

4. Conclusiones 55

5. Bibliografía 56

6. Anexos 60

7. Glosario 64

Indice de Tablas

Tabla 1. Variación anual neta de la superficie forestal. 34

Tabla 2. Clases de DAP y número de especies. 38

Tabla 3. Inventario de especies forestales del BPCB. 40

Tabla 4. Valoración de TonCO_2 forestal en el BPCB. 46

Tabla 5. TonCO2 por especie y su respectiva concentración. 52

Indice de Figuras

Figura 1. Delimitación del área de estudio. 37

Figura 2. Clases de DAP y número de individuos. 38

Figura 3. TonCO_2 por árbol en BPCB. 51

Figura 4. TonCO_2 por especie en el BPCB. 52

Figura 5. Concentración de CO_2 por especie en BPCB. 53

Figura 6. Mapa de ubicación del BPCB. 60

Figura 7. Tasa anual de deforestación y recuperación natural de los bosques a nivel mundial (1990 Vs 2020). 60

Figura 8. Variación de la cobertura forestal (1990 – 2020). 61

Figura 9. Variación anual neta de la superficie forestal a nivel regional. 61

Figura 10. Captura de CO_2 en biomasa viva; necromasa; y suelo. 62

Figura 11. Recolección de datos de campo en el área de estudio. 62

Figura 12. Medición de DAP de la especie *Samanea saman*. 63

Figura 13. Medición de DAP de la especie *Trichilia hirta linneo*. 63

Resumen

En Ecuador se emiten 33.276 $MtCO_2$ e cada año, es decir cada ecuatoriano genera 1,92 $TonCO_2$, emisiones que se encuentran muy por debajo del promedio mundial per cápita 4,9 TonCO2/cap/año (Crippa et al., 2020). Aunque el país no supera los límites permisibles, es uno de los países en vías de desarrollo que forma parte del Acuerdo de París y está comprometido a cumplir con las metas climáticas para la adaptación del Cambio Climático. Por ello, en la presente investigación se analizó la captura de CO_2 forestal mediante muestreo no destructivo en el Bosque Protector Cerro Blanco – BPCB, para la conservación sostenible en 2022. Solución que surgió a partir de la problemática de la degradación y deforestación en el BPCB. Para ello se realizó el levantamiento de una línea base con datos de 180 árboles y su respectivo DAP, con esta referencia se logró obtener la densidad por especie y completar los datos necesarios para el empleo de la ecuación alométrica para estimar $TonCO_2$ en los bosques secos de Ecuador, de esta manera se determinó un alcance de 63,48 $TonCO_2$/Ha y un total aproximado de 385,831.44 $TonCO_2$ en BPCB, con esta información se generó 1’388,993.184 CER’s con un valor en el mercado internacional que va desde 55 Millones hasta 111 Millones. Su financiamiento internacional abriría las puertas a proyectos de conservación y gestión del BPCB, en pro al desarrollo ambiental sostenible en la ciudad de Guayaquil y Ecuador.

Palabras Claves: BPCB, Desarrollo Sostenible, Ecuación Alométrica, Monetización, $TonCO_2$.

Abstract

In Ecuador, 33,276 $MtCO_2$ are emitted each year, that means, each Ecuadorian generates 1.92 $TonCO_2$, emissions that are well below the world average per capita 4.9 $TonCO_2$/cap/year (Crippa et al., 2020). Although the country does not exceed the permissible limits, it is one of the developing countries that is part of the Paris Agreement and is committed to meeting the climate goals for the adaptation of Climate Change. Therefore, in the present investigation, the capture of forest CO_2 in the Bosque Protector Cerro Blanco – BPCB was analyzed, the capture of forest CO_2 by non-destructive sampling in the Bosque Protector Cerro Blanco– BPCB, for sustainable conservation in 2022. Solution that arose from the problem of degradation and deforestation in the BPCB. For this purpose, a baseline was surveyed with data of 180 trees and their respective DAP, with this reference it was possible to obtain the density per species and complete the necessary data for the use of the allometric equation to estimate $TonCO_2$ in the dry forests of Ecuador, in this way a scope of 63.48 $TonCO_2$ /Ha and an approximate total of 385,831.44 $TonCO_2$ in BPCB was determined, with this information, 1,388,993,184 CER's were generated with a value in the international market ranging from 55 Million to 111 Million. Its international financing would open the doors to conservation and management projects of the BPCB, in favor of sustainable environmental development in the city of Guayaquil and Ecuador.

Keywords: Allometric Equation, BPCB, Monetization Sustainable, Development, $TonCO_2$.

1. Introducción

El cambio climático no se detiene, y el CO_2 continúa liderando emisiones de gases de efecto invernadero – GEI que se almacenan en la atmosfera debido al dinamismo antropogénico del hombre moderno (Gayán y Pérez, 2019). Los antecedentes de esta problemática confirman la necesidad urgente de contribuir a la descarbonización global con acciones climáticas bien focalizadas (Foa, 2020). Una de ellas es la conservación de especies forestales en zonas de alta vulnerabilidad, por ello se presenta el proyecto ‘‘Análisis de la captura de CO_2 forestal en el Bosque Protector Cerro Blanco - BPCB mediante monitoreo no destructivo para la conservación ambiental sostenible en la ciudad de Guayaquil’’.

La investigación se basó en una minuciosa revisión bibliográfica y la recolección de data in situ, de esta manera se procedió a elaborar 1. El inventario forestal del área de estudio, 2. La conversión alométrica a $TonCO_2$ a través de un monitoreo no destructivo, el cual exige el empleo de una fórmula estándar para boques secos en Ecuador (Aguirre, 2017). Y finalmente 3. La obtención de certificados de emisiones reducidas de carbono – CER’s, es decir la certificación de cada $TonCO_2$ absorbida para su comercialización a nivel nacional o internacional (Banco Mundial, 2017).

El propósito de este análisis es estimar la captura de carbono del BPCB a fin de acceder a rubros económicos destinados exclusivamente a promover proyectos que faciliten la toma de decisiones eficientes al conservar y restaurar el bosque para mitigar la problemática ambiental: perdida indiscriminada de carbono en el sector forestal (Ranero y Covaleda, 2018). Y a la vez, consolidar el empoderamiento de las autoridades competentes y la ciudadanía para trabajar a favor de la sensibilización ambiental y el aprovechamiento de los servicios

ecosistémicos del enigmático bosque, como uno de los últimos suministros de CO_2 con características únicas en Ecuador y el mundo (Centeno y Murillo, 2019).

1.1 Importancia o caracterización del tema

El carbono es uno de los elementos químicos más abundantes del planeta y está presente en todos los seres vivos, también forma parte de los compuestos químicos dióxido de carbono (CO_2) y metano (CH_4), dos GEI que se encuentran naturalmente en la atmosfera. No obstante, en la últimas décadas el incremento abrupto de las emisiones de GEI han causado una problemática ambiental incontrolable, se trata del Calentamiento Global (Mondragón, 2021).

En 2019 el planeta liberó 59,1 $GtCO_2e$ superando niveles jamás antes registrados de emisiones totales de GEI (PNUMA, 2020). Indudablemente el descubrimiento del petróleo es el hito más importante para el progreso de la humanidad. Pero tiene un precio, todas las actividades que surgen desde su extracción hasta convertirse en producto final modifican significativamente el ciclo del carbono, una prueba de ello es que actualmente el 84% de la energía que se consume en el mundo proviene de combustibles fósiles (Mondragón, 2021).

La combustión fósil y sus derivados se han convertido en la principal causa de cambio climático – CC, con una tasa anual aportante, en su mayoría por los países industrializados, de 38 $GtCO_2$ al total de GEI (PNUMA, 2020); (Crippa et al., 2020). De la misma manera como existen recursos naturales que al ser aprovechados generan CO_2, hay otros casos excepcionales, que a pesar de liberar carbono, también poseen la particularidad de almacenarlo tanto en su estructura como bajo tierra, mecanismo de restauración innato de la flora y en gran parte de los árboles (Cano et al., 2020).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente FAO y PNUMA (2020) manifiestan que actualmente los bosques estan atravezando por la peor crisis de deforestación provocando la emisión de 20 $GtCO_2$ cada año en todo el planeta (Masson et al., 2019).

De acuerdo con FAO y PNUMA (2020), la deforestación y degradación en los bosques siguen aumentando a un ritmo preocupante, pero las medidas tomadas al respecto en los útimos 30 años están logrando la ralentización tan anhelada. Un ejemplo claro de ello es lo que ocurrió entre el período 2015 - 2020, donde la tasa de deforestación fue de 10.000.000 de hectáreas al año, cuando unos 25 años atrás era de 16.000.000 de hectáreas por año. Aun así estos pequeños logros están muy lejos de cumplir con las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible – ODS enmarcados en la Agenda 2030.

La transformación de uso de suelo desde 1990, registró la perdida de unas 420.000.000 de hectáreas y con ello el declive de la biodiversidad, Actualmente 100.000.000 de hectáreas de bosques se están viendo afectadas por incendios forestales, variedad de plagas, enfermedades locales e introducuidas, especies invasoras, sequías y fenómenos meteorológicos desfavorables (FAO y PNUMA, 2020).

América Latina y el Caribe albergan el 60% de la vida terreste y acuatica de todo el mundo (Carey, 2020), siendo la amazonía la selva tropical con la mayor megadiversidad de la región, considerada el pulmón del planeta. Por ello es lamentable que la devastación forestal incremente a pasos impresionantes, se puede percibir aquello, durante la última década (2010 – 2020), donde America del

Sur se sitúa en el segundo lugar después de África, con mayor deforestación a nivel mundial, ascendiendo a una tasa de -2,6 millones de hectáreas por año (FAO y PNUMA, 2020).

Un detalle interesante sobre la deforestación en Sudamérica muestra que durante 20 años (1990 - 2010) mantuvo cifras alarmantes, pero en la última década (2010 - 2020) las estadísticas revelan que se produjo un cambio significativo, al presentar el 50 % de reducción de la deforestación con respecto a la década anterior (2000 – 2010) aunque no es la tasa más baja en relación a otros países, si es la región que más emisiones de CO_2 ha reducido en la lucha contra la perdida forestal (FAO y PNUMA, 2020b); (Véase figura 9).

Rivas (2022) menciona que el 15% de los bosques ecuatorianos se perdieron por la deforestación entre los años 1990 y 2020 lo que representa una superficie de 21.340 km^2. A nivel nacional en 2020 se reportó una producción de 33.279 Mt de CO_2 eq que en comparación con el año pasado las emisiones han caído en un 16,82%, por lo tanto se posesionó en el ranking número 116 de los países por emisiones de CO_2 a nivel mundial, de los 184 países que lo conforman. El país registra las emisiones per cápita, calculadas en 1,92 toneladas de CO_2 por habitante, que se encuentra muy por debajo de la media mundial per cápita (4,9 TonCO_2/cap/año) (Crippa et al., 2020).

En realidad para cumplir con los objetivos planteados en el acuerdo de París y alcanzar la temperatura promedio de 1.5ºC para contrarestar los impactos y riesgos futuros, cada país debería comprometerse a estar dentro de los ideales (2 – 2,5 TonCO_2e) per cápita para el 2030, si el país continúa dentro de estos márgenes,

sin duda logrará cumplir con las metas climaticas en pro de un planeta en equilibrio (PNUMA, 2020).

El Ministerio de Ambiente MAE (2019) ha identificado al menos 5 sectores de donde provienen las emisiones netas de CO_2 en el país y a continuación se citan:

a) Energía (46,63%);

b) Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura - USCUSS (25,35%);

c) Agricultura (18,17%);

d) Procesos Industriales (5,67%); y

e) Residuos (4,19%).

La información permite entender la magnitud del problema al sumar las emisiones de los sectores: USCUSS y la agricultura. De este modo es sencillo notar que casi el 50% de las emisiones a nivel nacional están relacionadas con la deforestación, ya que cualquier actividad que se lleve a cabo en el factor suelo implica la tala de árboles o retiro de cobertura vegetal. A la vez que estos ambitos generan GEI sus recursos también pueden ser utilizados para la captura de emisiones mediante la conservación rentable o la gestión forestal sostenible - GFS (MAE, 2019).

El 13,77% del territorio ecuatoriano ha sido conservado por el Estado bajo estos lineamientos de conservación florística y faunística del Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2021). Santiago Silva, Director de Biodiversidad expresó que existen 41000 hectáreas de bosque seco deciduo, de ellas cerca de la mitad pertenecen al Sistema Nacional de Áreas Protegidas - SNAP, y aquellos remantes que están fuera de estas categorías, están desapareciendo en espacios muy cortos de tiempo (Butler, 2018).

En toda la franja de bosque seco perteneciente a la costa ecuatoriana, se libera toneladas y toneladas de CO_2 a la atmosfera, ya sea por deforestación directa o indirecta. Entre las causas principales se citan las siguientes: la tala selectiva para la explotación de maderera, la extracción de leña; material pétreo y calcáreo; el sobrepastoreo; las quemas; la transformación del bosque a pastizales y la expansión territorial Urbana – Rural (BPCB, 2018). Ahora bien, en los bosques protectores como el BPCB, gran parte de la pérdida de CO_2 se debe a la tala ilegal de recursos maderables de gran valor ecosistémico y en el peor de casos aquellas especies están categorizadas por la Unión Internacional de para la Conservación de la Naturaleza - UICN como: vulnerable (VU); En Peligro (EN); o En Peligro Crítico (CR). En países en vías de desarrollo este problema incrementa ante la falta de normas de regulación ambiental (Centeno y Murillo, 2019).

Este proyecto estableció una línea base de información sobre la captura de carbono en especies forestales maderables y no maderables, con el fin aprovechar la monetización de este servicio ambiental para la conservación sostenible en el BPCB, en beneficio común de los habitantes de Ecuador y el planeta.

1.2 Actualidad del tema

El Mecanismo de Desarrollo Limpio, es el canal que la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climatico - CMNUCC ha provisto bajo el protocolo de Kioto – PK para impulsar el desarrollo sostenible en países en vias de desarrollo (UNCC, 2022). Los 197 países de la Convención han comunicado el interés por monitorear el ciclo del carbono en los bosques, con ello se busca entender la influencia de estos sobre la el comportamiento del carbono a nivel global y así analizar con mayor precisión tanto los impactos del cambio climático como las

medidas de adaptación y mitigación (UNCC, 2022); (Boletín de Negociaciones de la Tierra, 2021).

Mediante el Fondo de Adaptación de la CMNUCC, los países industrializados financian de manera amigable y voluntaria el acceso a los Certificados de Reducción de Emisiones - CER`s. Cada crédito representa 1 TonCO_2 y pueden ser comercializados internacionalmente a países o empresas que deseen cumplir con los objetivos de reducción de emisiones (MAATE, 2020).

Los incentivos para la acción climática corresponden a 303 millones que con éxito, equivalen a 8.100 proyectos MDL focalizados en distintos países con espíritu de compromiso con los ODS. Esta noble hazaña hoy ha logrado reducir 2 millones TonCO_2 (United Nacions Climate Change, 2018). Por otro lado, en Latinoamérica se ha identificado la necesidad de promover la implementación de proyectos MDL relacionados al monitoreo de carbono para su financiamiento. Ecuador no se queda atrás, gracias a su ubicación prodigiosa tiene gran potencial por su riqueza forestal, el SNAP, paisajismo urbana y rural, la silvicutura, la agricultura convencional y ecológica.

Las emisiones de carbono son reguladas a través de impuestos, tasas efectivas o sistemas de negociación sobre las emisiones de carbono al ambiente, se prevee que en 2030 el valor del CO_2 se fije entre USD 50 y USD 100 por tonelada de CO_2, sin embargo los costos en cada país son diferentes y dependerá de sus políticas internas sobre el cuidado ambiental (Banco Mundial, 2017). Los precios para las emisiones de carbono o los impuestos verdes surgen como una medida para la reducción de la temperatura global y abordar de raíz el Cambio Climático.

En áreas protegidas, la extensión de bosques constituye 726 millones de hectáreas de bosques legalmente establecidos en todo el mundo, recientemente se descubrió que la tala ilegal libera mucho más carbono en estas áreas, que en cualquier otro lugar, esto se debe a la presencia de árboles de gran envergadura, maderables y longevos que son los que conservan el mejor stock de carbono (FAO y PNUMA, 2020). Los bosques secos son ecosistemas demasido frágiles ante los efectos del cambio climático, las actividades humanas de distintos sectores productivos han causado que se categoricen como los bosques más fragmentados a nivel mundial (Centeno y Murillo, 2019). El BPCB es uno de los últimos remanentes de bosque seco de la costa ecuatoriana, con alrededor de 6.078 hectáreas de bosque seco tropical - BST (BPCB, 2018).

La situación del bosque no difiere de la problemática general pues el ecosistema ha sido severamente afectado por la actividad humana y el calentamiento climático, además el hecho de que la regeneración natural en estas zonas es lenta y muy difícil ante sus condiciones climáticas innatas, esto induce a que los escasos reservorios de carbono en bosques secos se vean en riesgo de desaparecer por completo en cuestión de algunas décadas, en caso de que no se tomen medidas oportunas en el menor tiempo posible (FAO y PNUMA, 2020).

Hasta el momento no se ha realizado un monitoreo no destructivo de carbono en el BPCB por ende la importancia de analizar la captura de CO_2 forestal para su financiamiento y conservación. El desarrollo de proyectos MDL en el BPCB promoverá la reducción de emisiones y el bienestar social, de tal modo que impulse esta iniciativa en la ciudad de Guayaquil.

1.3 Novedad científica del tema

La comunidad científica ha expresado su preocupación por detener a toda costa el aumento de la temperatura en el planeta a menos de 2ºC para frenar de alguna manera las consecuencias del cambio climático, es por ello la urgencia de limitar la intervención de la actividad humana irreversible, llámese a este término, todo aquello que altera irreparablemenete el equilibrio que sostiene la vida en la tierra. Meta que se fijó en París durante la COP 26 como útimo llamado de atención a todos los países y a la conciencia con responsabilidad ambiental de cada habitante (ONU, 2021).

Lo novedoso de este estudio de captura de CO_2 forestal es que el objetivo principal es mitigar las emisiones por la deforestación y degradación de bosques, pero también tiene un enfoque global, puesto que, indirectamente contribuye al decremento de las emisiones globales y la temperatura promedio en el planeta al cumplir con objetivos específicos.

El aliciente de esta investigación consideró la conservación del BPCB, por sus servicios ecosistémicos y en especial por su potencial captura de CO_2 forestal, esto debido a las características genéticas únicas que poseen los árboles caducifólios para resistir temporadas de déficit hídrico extremo. De hecho la gestión correcta de estos ejemplares podría garantizar los sumideros de CO_2 como herramienta clave para hacerle frente al cambio climático, mediante sistemas efectivos de monitoreo de CO_2 y la comercialización de certificados de carbono.

La diferencia de esta investigación con otras es que se analizó la captura de CO_2 forestal desde una perspectiva diferente, con un muestreo no destructivo y haciendo uso de una fórmula alométrica estándar para ecosistemas de bosque

seco en Ecuador, disminuyendo significativamente costos y tiempos de estudio en el proyecto, y contribuyendo a la esquematización de información sin invadir o alteral los recursos forestales del entorno como en el caso de los monitoreos destructivos, donde se requiere estudiar el carbono a partir de la incineración o sacrificio de todos los individuos de la muestra de estudio para obtener data confiable.

1.4 Justificación de la investigación

A causa de la deforestación exhaustiva e ilegal en el BPCB cada año se liberan toneladas de CO_2 a la atmosfera, problema que impide el aprovechamiento de este servicios ambiental. Es la razón por la cual se llevó a cabo el presente proyecto que estableció una línea base de información de carbono de especies forestales para conservarlas mediantes la comercialización de bonos de carbono (Cun, 2017).

El carbono es directamente proporcional al peso de la madera, y a su vez el peso de la madera depende de su propia calidad. Esto significa clamamente que las especies maderables tienen mayor potencial de absorción de CO_2. El BPCB está constituido por árboles de madera resistente e incorruptible, lo que atrae la atención de los expertos para estudiar la dinámica del carbono en el compartimiento leñoso. Sin embargo, los bosques secos a nivel internacional y nacional registran muy poca data, es más al no captar tanto carbono como los bosques amazónicos durante muchos años fueron considerados de menor importancia, pero a raíz de que se descubrió que los bosques secos son los precursores de indicadores de cambio crimático, la comunidad científica desplegó una campaña fuerte para darle más prioridad a estas zonas naturales. Por otro lado, el desconocimiento del valor

ambiental de este tipo de bosque también ha provocado la degradación agresiva de parte de la propia ciudadanía (Centeno y Murillo, 2019).

Gutiérrez et al. (2020) argumentan que la lignina es un polímero natural, muy apetecido por mercado de la industria, este compuesto orgánico es responsable de la dureza y resistencia de los árboles dotandoles de mayor densidad, a esta propiedad a se le atribuye el aumento de peso de la cobertura leñosa, otra variable relevante son las propiedades del suelo, de naturaleza lignocelulósica y ricos en carbono (Quito et al., 2019); (Tortosa, 2018), así que se puede decir que la óptima captación de carbono no solo depende de la especie sino también del sustrato y el BPCB cumple con ambos condiciones.

Parte del objetivo también fue la identificación de especies forestales que retienen más carbono que otras, de manera que sea posible realizar una gestión forestal sostenible y eficiente en futuros proyectos de reforestación en el BPCB. Además, que contribuyó con infomación útil para la adaptación al cambio climático, con la estimación de carbono y CER’s para la reducción de emisiones equivalentes, finalmente proporcionó para la sensibilización ambiental para la comunidad, y turistas nacionales o extranjeros. Todas las razones de peso antes mencionadas sustentan la realización de la presente. Pero la valoración de los servicios ecosistemicos es nada más una herramienta de tantas que se han desarrollando para proteger los bienes de la naturaleza. Cuando el ser humano respeta y se hace responsable de los derechos ambientales los resultados repercuten en mejorar su calidad de vida, hoy y para las futuras generaciones.

Espacio: El Bosque Protector Cerro Blanco se encuentra ubicada en el extremo sureste de la Cordillera Chongón Colonche en la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas. Km 16. Vía a la Costa.

Tiempo: El proyecto se realizó en un período de 3 meses (diciembre; enero; y febrero).

Población: 50 integrantes de la Fundación Pro – Bosque; 40 guías del BPCB; 12.000 visitantes al año; y 36.726 habitantes de las comunidades aledañas correspondientes a la parroquia de Chongón (INEC, 2010).

1.5 Objetivos

1.5.1 General.

Analizar la captura de CO_2 forestal en el Bosque Protector Cerro Blanco – BPCB, mediante monitoreo no destructivo para la conservación ambiental sostenible en la ciudad de Guayaquil.

1.5.2 Específicos.

- Elaborar un inventario de especies forestales a partir de una muestra aleatoria en el BPCB, como línea base ambiental de la investigación.
- Estimar el contenido de carbono mediante la fórmula alométrica estándar para ecosistemas de bosque seco en Ecuador.
- Monetizar la captura de CO_2 mediante certificados de carbono que permitirán la comercialización del servicio ambiental a nivel nacional o internacional.

2. Metodología

2.1 Materiales

2.1.1 Recursos bibliográficos

Para el presente proyecto se empleó recursos bibliográficos tales como:

- Estudios científicos
- Revistas indexadas
- Referencias gubernamentales: informes, reportes y boletines
- Libros y manuales
- Páginas web oficiales

2.1.2 Materiales y equipos

Los materiales y equipos que se emplearon en este estudio se citan a continuación:

- 1 brújula
- 1 GPS
- Cintas de colores
- Estacas
- Etiquetas
- Fichas de identificación de especies forestales
- Check list de especies forestales
- Programa Microsoft Excel
- Base de datos de densidades de madera según las especies identificadas en el BPCB
- Fórmula alométrica para ecosistema de bosque seco en Ecuador; y
- Fórmula de conversión monetaria para TonCO_2 en el BPCB.

2.1.3 Recursos humanos

Para el desarrollo de la investigación fue necesario la intervención de las siguientes partes: La autora del proyecto, egresada de la carrera de Ingeniería Ambiental y el tutor guía quién realizó las correcciones pertinentes al presente proyecto.

2.2 Métodos

2.2.1 Modalidad y tipo de investigación.

2.2.1.1 Bibliográfica.

El presente proyecto es de modalidad bibliográfica, esto se debe a la recolección de información confiable como: artículos, revistas indexadas, reportes, informes, boletines, libros y páginas web de carácter científico u organizaciones sin fines de lucro. Todo ello en relación al tema central, lo cuál contribuyó al análisis de la captura de CO_2 forestal en el BPCB. La información preliminar permitió identificar las bases, fórmulas y referencias idóneas para el cumplimiento de los objetivos de la invetigación.

2.2.1.2 Descriptiva.

En este estudio se empleó un análisis descriptivo para detallar los resultados obtenidos de la captura de CO_2 primero con los datos del invetario forestal, luego con la conversión a $TonCO_2$ y finalmente con la monetización mediante CER's. Este registro del comportamiento de parte del ciclo del carbono en el bosque es integra, por ningún motivo se ha alterado o experimentado data, sino más bien se plasmó la información con el objetivo de gererar una base de información madre.

2.2.1.3 Explicativa.

Cuando la información fue extraída y analizada se procedió a explicar el por qué de los resultados, de manera que sea de fácil comprensión y se encuentre debidamente respaldado cada argumento de la invetigación.

2.2.2 Tipos de métodos.

2.2.2.1 Método analítico – sintético.

Corresponde al análisis de los resultados de la investigación de manera aislada como en el caso de las especies que capturaron más carbono y la síntesis, es decir el estudio de todo el conjunto de datos como el total de carbono capturado en una hectárea de bosque y la estimación a toda la extensión del BPCB. De la misma manera el análisis de las especies que simbolizan mayor rentabilidad y el total de ingresos por hectárea y en todo el bosque como tal.

2.2.3 Técnicas

2.2.3.1 Documentales.

Al principio del proyecto la invetigación fue bibliográfica, pues se recabó referencias relacionadas al tema de análisis. En el caso del objetivo 2 y 3, para la obtención de fórmulas y la investigación de casos de estudios para la discusión de resultados.

2.2.3.2 De campo.

Durante el desarrollo del proyecto surgió la necesidad de migrar a la ténica de investigación de campo para cumplir el 1er objetivo específico por la demanda de fuentes primarias en el área de estudio, en esta situación la recolección de datos como: especie arbórea, coordenadas y DAP (diámetro a nivel del pecho), fue primordial para la posterior conversión a TonCO_2 y por ende su valoración económica (Aguirre, 2017). Por otra parte, esta técnica permitió comparar resultados de casos de estudios que validan la factibilidad de monitoreos no invasivos en bosques, lo que determinará la comercialización futura de este servicio ambiental, teniendo en cuenta los precios actuales en el tratado de París por cada tonelada de CO_2 estimada.

2.2.4 Estadística descriptiva

Se aplicó estadística descriptiva, lo que corresponde un detalle del conjunto de datos de carbono y monetización según la especie, todo ello, para presentar resultados mediante el uso de tablas, promedios o gráficos con el propósito de facilitar la descripción y análisis del objeto de estudio.

2.2.5 Metodología para el desarrollo del proyecto

El presente proyecto se basó en un diseño no experimental, puesto que se estudia los datos extraídos sin modificar las variables de estudio tales como DAP de cada especie encontrada en un determinado punto geográfico en el área de estudio a partir de una muestra aleatoria al azar.

2.2.5.1 Recolección de datos de campo.

En este estudio se consideró los siguientes aspectos:

- Especie Forestal
- Puntos de monitoreo (Coordenadas)
- Medición de DAP > 10 cm de diámetro en especies forestales; es decir la investigación se limitó a individuos adultos del BPCB.

Para la recolección de datos se consideró una parcela de estudio de las siguientes dimensiones: 100 m x 100 m, ubicada en el BPCB, el enfoque de estudio se dedujó a individuos con diámetro mayor o igual de 10 cm, para la selección del área de estudio se identificó condiciones que faciliten el acceso al monitoreo. Se consideró una extensión con: pendiente mínima, y bajo índice de riego (Aguirre, 2017).

Cabe mencionar que para realizar un análisis integro de captación de carbono en especies forestales debería llevarse a cabo un período de monitoreo de entre 3 a 5 años, lo que a la vez precisa de un presupuesto bastante elevado, pero en el presente proyecto se promueven los monitoreos no destructivos que disminuyen considerablemente los costos. A pesar de que la investigación se realizó a pequeña escala, recopiló la información suficiente para establecer una línea base con resultados reales y tangibles para su negociación en mercados de carbono internacionales (FAO y PNUMA, 2020).

2.2.5.2 Ecuación alométrica para estimar TonCO₂ en bosque seco.

La ecuación alométrica en el presente estudio se tomó como base para el cálculo de $TonCO_2$ en los árboles de bosque seco en Ecuador, y se extrajo la densidad de cada especie mediante la Data Base Global Wood Density. Según Aguirre (2017), emplear esta fórmula evitará procesos invasivos o la extracción de muestras vivas en el ecosistema. La fórmula se detalla a continuación:

$$TonCO_2 = \rho * exp(-1.499+2.148*ln(DAP)+ 0{,}207\ (ln(DAP))^2 - 0.0281(ln(DAP))^3 * 0.001$$

Donde:

$TonCO_2$: Toneladas de dióxido de carbono

ρ: es la densidad de la madera en (g/cm^3)

DAP: es el diámetro a la altura del pecho (cm)

2.2.5.3 Conversión de $TonCO_2$ acumulado a TonCO2 equivalente.

La valoración económica de la captura de carbono se realizó a través de la transformación del carbono acumulado ($TonCO_2$/Ha) a dióxido de carbono equivalente capturado en el BPCB, que consiste en la multiplicación de:

CO_2 eq BPCB X el factor 3,6 (peso atómico del C).

2.2.5.4 Cálculo de Certificados de Reducción de Emisión - CER's.

Para cálcular los CER's que posee el bosque, se toma como referencia la siguiente premisa:

1 $TonCO_2$ equivalente es igual a un certificado.

Por lo tanto, la cantidad de $TonCO_2$ eq determinará el número de certificados disponibles en el BPCB.

2.2.5.5 Monetización de CO_2 en BPCB.

Para la valoración de carbono se tomó de referencia que cada certificado tendría un valor mínimo de USD 40 y máximo de USD 80, Es decir:

1 TonCO_2 eq BPCB X (precio de carbono min. = 40 y max. = 80)

Estos precios que se lograron fijar para 2020 en el acuerdo de París, del que Ecuador forma parte. (Banco Mundial, 2017); (MAE, 2019).

3. Marco Teórico

3.1 Estado del arte

El problema a tratar en el siguiente trabajo de titulación se refiere, a la perdida de CO_2 que se produce por la deforestación natural e ilegal en el Bosque Protector Cerro Blanco - BPCB. Sin embargo dentro de este márgen de causas que atentan contra los bosques y sus servicios ambientales, se encuentra la tendencia inminente de incendios forestales debido a la extracción de madera que afectan principalmente a especies maderables con alto potencial de almacenamiento de carbono y que contribuyen a la mitigación y adaptación al Cambio Climático (Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño - CIIFEN, 2017).

El aprovechamiento informal de madereros es una de las causas más importante de degradación forestal a escala mundial. La combustión que se produce al emplear fuego, activa la liberación de CO_2 en gran manera, uno de los GEI que incrementa el Calentamiento Global (CIIFEN, 2017). Al recopilar información del contenido de carbono forestal en el BPCB, con fines de comercialización de bonos de carbono y conservación, también se aportó al cumplimiento de las metas de reducción de emisiones locales, nacionales y globales.

Ahora bien, alrededor de 1/3 de la tierra está cubierta por bosques, lo que equivale a 4060 millones de hectáreas a nivel mundial. Sin embargo 420 millones de hectáreas de bosque han desaparecido en los últimos años debido a la transformación de uso de suelo (1990 – 2020), de las cuáles 178 millones de hectáreas corresponden solo a deforestación, es decir el 42% en relación con otras actividades antropogénicas que amenaza la integridad de los bosques (FAO y PNUMA, 2020).

Las altas tasas de deforestación en la actualidad han provocado que el 51% de los bosques se fragmenten, en este rango están los bosques secos, aunque son ecosistemas únicos, han sido reemplazados por la expansión agrícola, agraria y humana. Mientras que los bosques más conservados representan el 49% de la superficie forestal y se encuentran en 5 países; Brasil, Canadá, China, Estados Unidos de América y la Federación de Rusia. El 45% de los bosques más poblados se encuentra en los trópicos y Ecuador es parte de ellos, es conocido como el octavo país con más árboles maderables en el mundo, además de ser uno de los 16 países más megadiversos (FAO y PNUMA, 2020).

La FAO (2020) emitió una evaluación del estado mundial de los bosques en donde se reporta que la deforestación vs la recuperación natural difiere en un 50%, es decir después de un incendio forestal natural o inducido solo la mitad de lo que fue alguna vez el bosque se recupera. En el período 2015 - 2020 se perdió 10 millones de hectáreas de bosque y solo 5 millones de hectáreas se han recuperado de forma natural hasta la fecha (FAO y PNUMA, 2020); (Véase Figura 7).

Informes recientes demuestran que la velocidad de pérdida de deforestación se está ralentizando, todo indica que la deforestación ha aumentado, pero a pasos lentos en comparación con años anteriores. En el período (1990 - 2014) se perdió cada año 16.000 ha de bosque y en el período (2015 - 2020) se perdió 10.000 ha. Es evidente que todos los esfuerzos por disminuir emisiones han reducido el 62,5 % de la deforestación y con ello la perdida de carbono, aun así, no se han cumplido las metas 2010 – 2020 (FRA, 2020); (FAO y PNUMA, 2020); (Véase Figura 8).

El ritmo de la pérdida neta de los bosques ha disminuido a una tasa neta de 3,1 millones de ha en 3 décadas, a pesar de que la tasa de expansión de bosque se ha reducido. A continuación, se cita la pérdida neta por decenio:

Tabla 1. Variación anual neta de la superficie forestal.

Periodo	Millones (ha/año)
1990 – 2000	-7,8
2000 – 2010	-5,2
2010 – 2020	-4,7

Variación neta en una escala de 3 décadas, donde la perdida menos significativa de cobertura forestal se encuentra en el periodo 2010 – 2020.
ONU y PNUMA, 2020

Los bosques conservan 606 gigatoneladas de biomasa viva y 59 gigatoneladas de madera muerta, de manera que:

a) El 44 % de carbono se almacena en la biomasa viva,

b) 45% en la materia orgánica del suelo;

c) y el resto (10%) en la necro masa: como madera muerta (4%) y hojas muertas (6%).

Si el 44% del carbono se conserva en biomasa viva, donde los árboles cumplen un rol importante, pues los programas de captación de carbono contribuyen a que este 44% de carbono aumente y de manera indirecta en otras estructuras del bosque. En 2020 los bosques representan una reserva total de 662 Gt CO_2, en la actualidad las reservas de carbono tienden a disminuir debido a los efectos del cambio climático (FAO y PNUMA, 2020); (Véase Figura 10).

Una de las opciones que proponen los expertos para abordar el reto del CC es precisamente la gestión forestal mejorada y sostenible, la implementación de este proceso solo es posible si se integran de factores biofísicos, socioeconómicos,

ambientales, entre otros (IPCC, 2020). El IPCC informa que la contabilidad de carbono atribuye 20 $GtCO_2$ $año^{-1}$ a actividades de: deforestación, cultivos y combustión de productos madereros. Las iniciativas por reducir la deforestación y de la degradación forestal disminuye las emisiones de GEI, que oscila entre los 0,4 a 5,8 $GtCO_2$ $año^{-1}$ (IPCC, 2020).

El potencial de los bosques al absorber carbono y almacenarlo con el ciclo de carbono remueve emisiones de CO_2 al cambio climático global (Burbano, 2018). La vegetación tiene una peculiaridad, su capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir lo fija y lo mantiene almacenado por largos períodos, a través de la fotosíntesis (Domínguez, 2016). La captura de carbono es un estudio que permite estimar las densidades de carbono asociadas a las distintas clases de vegetación con lo que se puede desarrollar métodos de cuantificación y predicción sobre el comportamiento de estos procesos de emisión de carbono, bajo diferentes dinámicas de cambio de uso de suelo, esta obtención permitirá a largo plazo contribuir directamente a la mitigación del cambio climático (Burbano, 2018).

Actualmente existe un gran interés por monitorear el ciclo del carbono en los bosques; por otro lado, se busca implementar sistemas de monitoreos de carbono cada 3 o 5 años como parte de los proyectos que buscan recibir financiamiento para aumentar el stock de carbono en paisaje urbanístico, agroforestería, plantaciones o reducir la tasa de emisiones de carbono (Aguirre, 2017).

La UNESCO declaro al Bosque Seco ecuatoriano como parte de la Red Mundial de Reservas de la Biosfera, cuya extensión es de 500.000 hectáreas, y es una de las pocas zonas naturales más amenazadas y mega diversas a nivel mundial. En cada hectárea de bosque se almacena aproximadamente 32,90 $TonCO_2$ (Padilla,

2017). Lo que significa que probablemente la reserve albergue más de 16,450,000 TonCO_2. Fortalecer el sistema de conservación y valorización de servicios ecosistémico podrían ralentizar la perdida de carbono.

No se puede perder más bosque del que ya se ha perdido, se debe crear bosques sostenibles, gestionar de manera eficiente el territorio, es necesario compartir el conocimiento e investigación acerca del ambiente y las herramientas tecnológicas que permiten optimizar recursos, y no dejar de lado la conciencia y cultura ambiental a comunidades que viven dentro o alrededor de los bosques, si aprovechamos los servicios ecosistémicos de la naturaleza, creando fuentes de trabajo dignas, y servicios Ecoturísticos, de agroecología y permacultura, todas estas actividades permitirán continuar en la lucha no para detener el cambio climático sino para enfrentar los impactos negativos del este fenómeno irreversible, adaptarnos a ellos y desarrollar mecanismos de resiliencia tal como lo han venido haciendo los ecosistemas de bosque seco del Ecuador y del mundo, permitirá garantizar la sobrevivencia del ser humano y su descendencia en el planeta.

3.2 Análisis

3.2.1 Línea base ambiental de especies forestales en el BPCB, mediante investigación In-Situ.

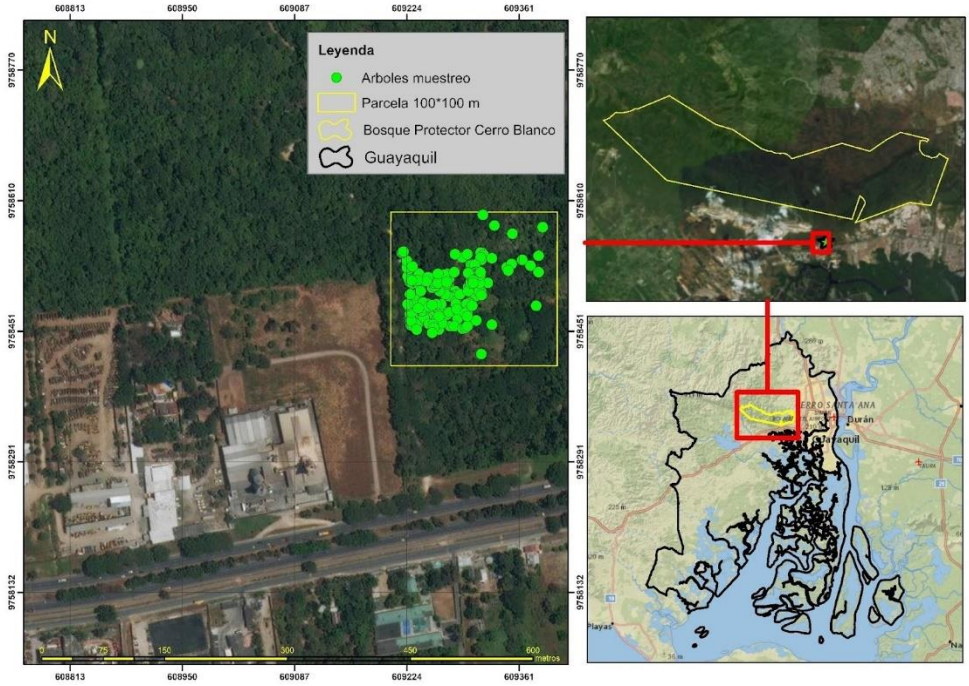

Figura 1. Delimitación del área de estudio.

Castillo, 2022

De acuerdo a la metodología empleada se desarrolló el sistema de monitoreo en 1 hectárea del BPCB, mediante muestreo aleatorio al azar. En cuánto a la recolección de datos se delimitó a especies forestales con DAP mayor o igual a 10cm. Con respecto al área de estudio se escogió una hectárea de fácil acceso, que está ubicado entre las oficinas de la Fundación Pro-Bosque y el sendero Buenavista (Véase Figura 1).

Se registró 180 individuos correspondientes a 13 especies forestales maderables y no maderables. Las especies *Trichilia hirta linneo, Albizia multiflora* y *Samanea saman* tienen mayor presencia en el área de estudio. Se determinó 6

clases (Véase Tabla 2), siendo el máximo DAP 63,66 cm de un individuo de la especie *Samanea saman* y el mínimo DAP 13,03 cm, valor que poseen hasta 10 individuos de diferentes especies.

Tabla 2. Clases de DAP y número de especies.

Nº	Clases (cm)	Nº de individuos
1	10 – 20	106
2	20 – 30	55
3	30 – 40	14
4	40 – 50	2
5	50 – 60	2
6	60 – 70	1

Descripción de las 6 clases que fueron identificadas en el presente monitoreo de especies forestales en BPCB.
Castillo, 2022

En la siguiente Figura, se puede observar que el mayor número de individuos está concentrado en la clase 10 – 20 y el menor número de individuos se encuentra en las clases: 40 – 50; 50 – 60 y 60 – 70.

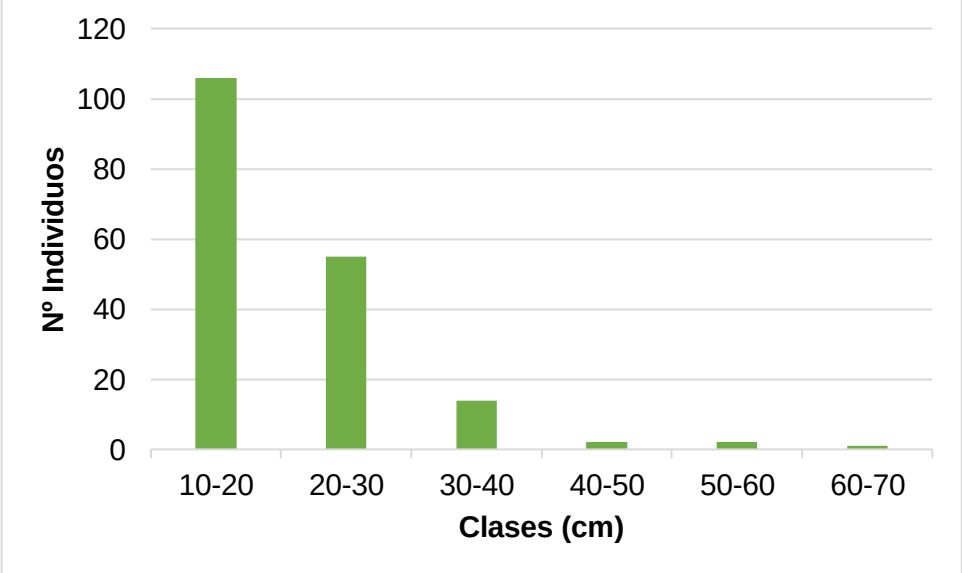

Figura 2. Clases de DAP y número de individuos.
Castillo, 2022

A continuación en la siguiente Tabla se citan las especies registradas en el inventario forestal, de las cuáles se registró su nombre común,nombre científico, DAP y su ubicación con coordenadas X y Y (Véase Tabla 3).

Tabla 3. Inventario de especies forestales del BPCB.

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
1	Samán	*Samanea saman*	63.66	609284	9758487
2	Samán	*Samanea saman*	51.57	609279	9758494
3	Samán	*Samanea saman*	51.00	609257	9758510
4	Samán	*Samanea saman*	45.00	609231	9758471
5	Samán	*Samanea saman*	44.00	609382	9758482
6	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	38.52	609238	9758509
7	Samán	*Samanea saman*	37.24	609308	9758518
8	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	34.70	609261	9758480
9	Samán	*Samanea saman*	33.74	609263	9758453
10	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	33.42	609262	9758468
11	Compoño	*Albizia multiflora*	33.42	609311	9758519
12	Samán	*Samanea saman*	33.42	609251	9758460
13	Samán	*Samanea saman*	33.10	609282	9758523
14	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	32.79	609243	9758476
15	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	31.83	609224	9758529
16	Samán	*Samanea saman*	31.83	609314	9758523
17	Guachepeli	*Pseudosamanea guachapeli*	31.51	609234	9758495
18	Samán	*Samanea saman*	30.56	609283	9758545
19	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	30.24	609264	9758477
20	Samán	*Samanea saman*	29.92	609328	9758459
21	Samán	*Samanea saman*	29.60	609229	9758458
22	Guachepeli	*Pseudosamanea guachapeli*	29.28	609226	9758482
23	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	28.97	609237	9758487
24	Compoño	*Albizia multiflora*	28.97	609308	9758523
25	Compoño	*Albizia multiflora*	28.65	609287	9758475
26	Guachepeli	*Pseudosamanea guachapeli*	28.33	609228	9758496
27	Samán	*Samanea saman*	27.06	609314	9758520
28	Cabo de hacha	*Trichilia hirta Linneo*	26.74	609229	9758464
29	Algarrobo	*Prosopis juliflora*	26.74	609298	9758457
30	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	26.10	609230	9758513
31	Cascol	*Caesalpinia coriaria*	25.78	609270	9758520
32	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	25.15	609248	9758485
33	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	25.15	609244	9758486
34	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	24.83	609262	9758521
35	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	24.83	609263	9758469
36	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	24.51	609255	9758504
37	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	24.51	609258	9758510
38	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	24.51	609276	9758515

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
39	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	24.19	609262	9758510
40	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	23.87	609278	9758493
41	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	23.87	609385	9758523
42	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	23.87	609255	9758449
43	Algarrobo	*Prosopis juliflora*	23.55	609309	9758464
44	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	23.55	609298	9758469
45	Vainillo	*Senna spectabilis*	23.24	609315	9758423
46	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	22.92	609225	9758518
47	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	22.92	609257	9758512
48	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	22.60	609236	9758453
49	Vainillo	*Senna spectabilis*	22.60	609390	9758578
50	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	22.60	609256	9758459
51	Vainillo	*Senna spectabilis*	22.60	609312	9758512
52	Fernan Sánchez	*Triplaris cumingiiana*	22.28	609385	9758543
53	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	21.96	609297	9758475
54	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	21.96	609298	9758473
55	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	21.96	609238	9758479
56	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	21.65	609244	9758478
57	Fernan Sánchez	*Triplaris cumingiiana*	21.65	609302	9758532
58	Vainillo	*Senna spectabilis*	21.65	609365	9758538
59	Algarrobo	*Prosopis juliflora*	21.65	609304	9758482
60	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	21.33	609218	9758547
61	Compoño	*Albizia multiflora*	21.01	609232	9758457
62	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	21.01	609234	9758511
63	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	21.01	609257	9758455
64	Guachepeli	*Pseudosamanea guachapeli*	20.69	609230	9758474
65	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	20.69	609227	9758527
66	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	20.69	609246	9758477
67	Compoño	*Albizia multiflora*	20.69	609295	9758473
68	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	20.37	609252	9758470
69	Agui	*Leucaena leucocephala*	20.37	609273	9758471
70	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	20.37	609318	9758544
71	Algarrobo	*Prosopis juliflora*	20.37	609305	9758510
72	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	20.05	609272	9758520
73	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	20.05	609231	9758530
74	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	20.05	609353	9758570
75	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	19.74	609249	9758479
76	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	19.74	609231	9758509

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
77	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	19.74	609239	9758521
78	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	19.74	609305	9758513
79	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	19.42	609234	9758511
80	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	19.42	609328	9758540
81	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	19.42	609313	9758510
82	Compoño	*Albizia multiflora*	19.10	609304	9758514
83	Vainillo	*Senna spectabilis*	19.10	609312	9758499
84	Compoño	*Albizia multiflora*	19.10	609302	9758510
85	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	18.78	609225	9758484
86	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	18.78	609251	9758481
87	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	18.78	609285	9758478
88	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	18.46	609239	9758508
89	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	18.46	609308	9758520
90	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	18.46	609303	9758514
91	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	18.14	609258	9758506
92	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	18.14	609273	9758511
93	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.83	609264	9758501
94	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.83	609273	9758509
95	Vainillo	*Senna spectabilis*	17.83	609315	9758538
96	Compoño	*Albizia multiflora*	17.83	609346	9758529
97	Vainillo	*Senna spectabilis*	17.83	609304	9758531
98	Cabo de hacha	*Trichilia hirta Linneo*	17.51	609230	9758463
99	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.51	609248	9758478
100	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.51	609264	9758500
101	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.51	609306	9758494
102	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	17.51	609299	9758500
103	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	17.51	609299	9758522
104	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	17.51	609299	9758459
105	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.19	609250	9758461
106	Compoño	*Albizia multiflora*	17.19	609245	9758480
107	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	17.19	609273	9758521
108	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	17.19	609314	9758541
109	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	17.19	609255	9758483
110	Cabo de hacha	*Trichilia hirta Linneo*	16.87	609235	9758472
111	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	16.87	609219	9758548
112	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	16.87	609245	9758468
113	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	16.87	609284	9758495
114	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	16.87	609241	9758500

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
115	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	16.87	609348	9758525
116	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	16.55	609234	9758485
117	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	16.55	609224	9758537
118	Vainillo	*Senna spectabilis*	16.55	609307	9758532
119	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	16.55	609300	9758485
120	Compoño	*Albizia multiflora*	16.55	609286	9758466
121	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	16.55	609296	9758455
122	Jaboncillo	*Sapindus saponaria*	16.23	609237	9758459
123	Cabo de hacha	*Trichilia hirta Linneo*	16.23	609234	9758457
124	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	16.23	609248	9758469
125	Compoño	*Albizia multiflora*	16.23	609292	9758541
126	Guarangano/Faique	*Acacia macracanthra*	16.23	609317	9758593
127	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	15.92	609254	9758458
128	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	15.92	609231	9758530
129	Compoño	*Albizia multiflora*	15.92	609316	9758495
130	Guarangano /Faique	*Acacia macracanthra*	15.92	609297	9758484
131	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	15.60	609226	9758515
132	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	15.60	609314	9758547
133	Vainillo	*Senna spectabilis*	15.60	609284	9758484
134	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	15.60	609315	9758495
135	Cabo de hacha	*Trichilia hirta Linneo*	15.28	609228	9758470
136	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	15.28	609259	9758505
137	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	15.28	609309	9758494
138	Compoño	*Albizia multiflora*	15.28	609298	9758545
139	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.96	609248	9758512
140	Samán	*Samanea saman*	14.64	609352	9758533
141	Vainillo	*Senna spectabilis*	14.64	609308	9758521
142	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.64	609299	9758505
143	Compoño	*Albizia multiflora*	14.64	609307	9758504
144	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.64	609308	9758504
145	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	14.32	609229	9758515
146	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.32	609257	9758471
147	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.32	609266	9758484
148	Tinto	*Haematoxylum campechianum*	14.32	609237	9758513
149	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	14.32	609316	9758547
150	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.32	609331	9758580
151	Compoño	*Albizia multiflora*	14.32	609307	9758522
152	Vainillo	*Senna spectabilis*	14.32	609308	9758519
153	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	14.32	609323	9758510

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
154	Vainillo	*Senna spectabilis*	14.32	609282	9758457
155	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.01	609249	9758483
156	Jaboncillo	*Sapindus saponaria*	14.01	609274	9758494
157	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	14.01	609271	9758496
158	Vainillo	*Senna spectabilis*	14.01	609301	9758506
159	Cabo de hacha	*Trichilia hirta Linneo*	13.69	609235	9758456
160	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	13.69	609228	9758511
161	Compoño	*Albizia multiflora*	13.69	609229	9758514
162	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	13.69	609289	9758496
163	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	13.69	609260	9758461
164	Vainillo	*Senna spectabilis*	13.69	609267	9758461
165	Jaboncillo	*Sapindus saponaria*	13.37	609228	9758472
166	Compoño	*Albizia multiflora*	13.37	609260	9758484
167	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	13.37	609250	9758517
168	Vainillo	*Senna spectabilis*	13.37	609375	9758531
169	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	13.37	609277	9758457
170	Vainillo	*Senna spectabilis*	13.37	609292	9758454
171	Vainillo	*Senna spectabilis*	13.05	609235	9758460
172	Compoño	*Albizia multiflora*	13.05	609220	9758548
173	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	13.05	609267	9758476
174	Compoño	*Albizia multiflora*	13.05	609276	9758474
175	Compoño	*Albizia multiflora*	13.05	609277	9758503
176	Compoño	*Albizia multiflora*	13.05	609283	9758500
177	Compoño	*Albizia multiflora*	13.05	609270	9758500
178	Vainillo	*Senna spectabilis*	13.05	609304	9758532
179	Guasmo	*Guazuma ulmifolia*	13.05	609315	9758499
180	Cabo de hacha	*Trichilia hirta linneo*	13.05	609300	9758486

Descripción de las especies forestales maderables y no maderables con su respectivo DAP y coordenadas registradadas durante el monitoreo en el BPCB. Castillo, 2022

3.2.2 Estimación de TonCO_2 en el BPCB, mediante ecuación alométrica para bosque seco en Ecuador.

Para la valoración de toneladas de CO_2 en el BPCB se necesitó del inventario forestal, además de la base de datos Global Wood Density para obtener la densidad por especie, lo que permitió ingresar los datos en la fórmula alométrica y obtener las TonCO_2 de cada individuo.

De la muestra objetivo se identificó al menos 8 árboles que superan 1 TonCO_2, de las cuáles 5 individuos de la especie *Samanea saman* presentan mayor captación de carbono, con los siguientes valores: 3,97; 2,38; 2,31; 1,69 y 1,60 TonCO_2. Mientras que 5 individuos de especie *Albizia multiflora* reportaron los índices más bajos de 0,07 TonCO_2.

La suma acumulada de TonCO_2 de cada árbol muestra una representación de la captura de carbono por hectárea en el bosque de aproximadamente 63,48 TonCO_2/Ha, si se establece este valor en condiciones ideales, en 6.078 hectáreas, la reserva debería almacenar un total de aproxiadamente 385,831.44 TonCO_2 (Véase Tabla 4).

Tabla 4. Valoración de TonCO_2 forestal en el BPCB.

Nº	Especie (n. cient.)	DAP (cm)	Densidad (g/cm^3)	TonCO_2
1	*Samanea saman*	63,66	0,50	3,97
2	*Samanea saman*	51,57	0,50	2,38
3	*Samanea saman*	51,00	0,50	2,31
4	*Samanea saman*	45,00	0,50	1,69
5	*Samanea saman*	44,00	0,50	1,60
6	*Trichilia hirta linneo*	38,52	0,60	1,37
7	*Trichilia hirta linneo*	34,70	0,60	1,05
8	*Samanea saman*	37,24	0,50	1,05
9	*Trichilia hirta linneo*	33,42	0,60	0,96
10	*Trichilia hirta linneo*	32,79	0,60	0,91
11	*Acacia macracanthra*	30,24	0,73	0,90
12	*Trichilia hirta linneo*	31,83	0,60	0,84
13	*Caesalpinia coriaria*	25,78	1,03	0,84
14	*Samanea saman*	33,74	0,50	0,82
15	*Albizia multiflora*	33,42	0,50	0,80
16	*Samanea saman*	33,42	0,50	0,80
17	*Samanea saman*	33,10	0,50	0,78
18	*Haematoxylum campechianum*	26,10	0,88	0,74
19	*Samanea saman*	31,83	0,50	0,70
20	*Pseudosamanea guachapeli*	31,51	0,50	0,68
21	*Prosopis juliflora*	26,74	0,75	0,67
22	*Trichilia hirta linneo*	28,97	0,60	0,66
23	*Samanea saman*	30,56	0,50	0,63
24	*Samanea saman*	29,92	0,50	0,60
25	*Samanea saman*	29,60	0,50	0,58
26	*Pseudosamanea guachapeli*	29,28	0,50	0,57
27	*Albizia multiflora*	28,97	0,50	0,55
28	*Acacia macracanthra*	24,83	0,73	0,54
29	*Trichilia hirta linneo*	26,74	0,60	0,54
30	*Albizia multiflora*	28,65	0,50	0,54
31	*Acacia macracanthra*	24,51	0,73	0,52
32	*Pseudosamanea guachapeli*	28,33	0,50	0,52
33	*Acacia macracanthra*	24,19	0,73	0,50
34	*Senna spectabilis*	23,24	0,80	0,50
35	*Prosopis juliflora*	23,55	0,75	0,48
36	*Senna spectabilis*	22,60	0,80	0,46
37	*Senna spectabilis*	22,60	0,80	0,46
38	*Samanea saman*	27,06	0,50	0,46
39	*Trichilia hirta linneo*	25,15	0,60	0,46

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
40	*Trichilia hirta linneo*	25,15	0,60		0,46
41	*Trichilia hirta linneo*	24,83	0,60		0,44
42	*Haematoxylum campechianum*	21,33	0,88		0,44
43	*Trichilia hirta linneo*	24,51	0,60		0,43
44	*Trichilia hirta linneo*	24,51	0,60		0,43
45	*Haematoxylum campechianum*	21,01	0,88		0,42
46	*Senna spectabilis*	21,65	0,80		0,41
47	*Haematoxylum campechianum*	20,69	0,88		0,40
48	*Trichilia hirta linneo*	23,87	0,60		0,40
49	*Trichilia hirta linneo*	23,87	0,60		0,40
50	*Trichilia hirta linneo*	23,87	0,60		0,40
51	*Acacia macracanthra*	21,96	0,73		0,39
52	*Prosopis juliflora*	21,65	0,75		0,39
53	*Trichilia hirta linneo*	22,92	0,60		0,36
54	*Trichilia hirta linneo*	22,92	0,60		0,36
55	*Haematoxylum campechianum*	19,74	0,88		0,36
56	*Trichilia hirta linneo*	22,60	0,60		0,35
57	*Trichilia hirta linneo*	22,60	0,60		0,35
58	*Haematoxylum campechianum*	19,42	0,88		0,34
59	*Prosopis juliflora*	20,37	0,75		0,33
60	*Guazuma ulmifolia*	23,55	0,51		0,33
61	*Trichilia hirta linneo*	21,96	0,60		0,32
62	*Trichilia hirta linneo*	21,96	0,60		0,32
63	*Trichilia hirta linneo*	21,65	0,60		0,31
64	*Acacia macracanthra*	20,05	0,73		0,31
65	*Senna spectabilis*	19,10	0,80		0,30
66	*Trichilia hirta linneo*	21,01	0,60		0,29
67	*Triplaris cumingiiana*	22,28	0,50		0,28
68	*Trichilia hirta linneo*	20,69	0,60		0,27
69	*Trichilia hirta linneo*	20,37	0,60		0,26
70	*Trichilia hirta linneo*	20,37	0,60		0,26
71	*Haematoxylum campechianum*	17,51	0,88		0,26
72	*Haematoxylum campechianum*	17,51	0,88		0,26
73	*Acacia macracanthra*	18,78	0,73		0,26
74	*Triplaris cumingiiana*	21,65	0,50		0,26
75	*Trichilia hirta linneo*	20,05	0,60		0,25
76	*Trichilia hirta linneo*	20,05	0,60		0,25
77	*Acacia macracanthra*	18,46	0,73		0,25

Nº	Nombre Común	Nom. Cient. Esp.	DAP (cm)	Coord.X	Coord.Y
78	*Senna spectabilis*	17,83	0,80		0,25
79	*Senna spectabilis*	17,83	0,80		0,25
80	*Haematoxylum campechianum*	17,19	0,88		0,25
81	*Trichilia hirta linneo*	19,74	0,60		0,24
82	*Trichilia hirta linneo*	19,74	0,60		0,24
83	*Trichilia hirta linneo*	19,74	0,60		0,24
84	*Albizia multiflora*	21,01	0,50		0,24
85	*Haematoxylum campechianum*	16,87	0,88		0,24
86	*Haematoxylum campechianum*	16,87	0,88		0,24
87	*Trichilia hirta linneo*	19,42	0,60		0,23
88	*Trichilia hirta linneo*	19,42	0,60		0,23
89	*Pseudosamanea guachapeli*	20,69	0,50		0,23
90	*Albizia multiflora*	20,69	0,50		0,23
91	*Haematoxylum campechianum*	16,55	0,88		0,22
92	*Leucaena leucocephala*	20,37	0,50		0,22
93	*Trichilia hirta linneo*	18,78	0,60		0,21
94	*Trichilia hirta linneo*	18,78	0,60		0,21
95	*Trichilia hirta linneo*	18,46	0,60		0,20
96	*Trichilia hirta linneo*	18,46	0,60		0,20
97	*Senna spectabilis*	16,55	0,80		0,20
98	*Trichilia hirta linneo*	18,14	0,60		0,19
99	*Trichilia hirta linneo*	18,14	0,60		0,19
100	*Sapindus saponaria*	16,23	0,80		0,19
101	*Haematoxylum campechianum*	15,60	0,88		0,19
102	*Trichilia hirta linneo*	17,83	0,60		0,19
103	*Trichilia hirta linneo*	17,83	0,60		0,19
104	*Albizia multiflora*	19,10	0,50		0,19
105	*Albizia multiflora*	19,10	0,50		0,19
106	*Trichilia hirta linneo*	17,51	0,60		0,18
107	*Trichilia hirta linneo*	17,51	0,60		0,18
108	*Trichilia hirta linneo*	17,51	0,60		0,18
109	*Trichilia hirta linneo*	17,51	0,60		0,18
110	*Acacia macracanthra*	16,23	0,73		0,18
111	*Senna spectabilis*	15,60	0,80		0,17
112	*Trichilia hirta linneo*	17,19	0,60		0,17
113	*Trichilia hirta linneo*	17,19	0,60		0,17
114	*Acacia macracanthra*	15,92	0,73		0,17
115	*Trichilia hirta linneo*	16,87	0,60		0,16
116	*Trichilia hirta linneo*	16,87	0,60		0,16

Nº	Especie (n. cient.)	DAP (cm)	Densidad (g/cm^3)	TonCO$_2$
117	*Trichilia hirta linneo*	16,87	0,60	0,16
118	*Trichilia hirta linneo*	16,87	0,60	0,16
119	*Albizia multiflora*	17,83	0,50	0,15
120	*Trichilia hirta linneo*	16,55	0,60	0,15
121	*Haematoxylum campechianum*	14,32	0,88	0,15
122	*Haematoxylum campechianum*	14,32	0,88	0,15
123	*Guazuma ulmifolia*	17,51	0,51	0,15
124	*Senna spectabilis*	14,64	0,80	0,15
125	*Trichilia hirta linneo*	16,23	0,60	0,14
126	*Trichilia hirta linneo*	16,23	0,60	0,14
127	*Guazuma ulmifolia*	17,19	0,51	0,14
128	*Albizia multiflora*	17,19	0,50	0,14
129	*Senna spectabilis*	14,32	0,80	0,14
130	*Senna spectabilis*	14,32	0,80	0,14
131	*Trichilia hirta linneo*	15,92	0,60	0,14
132	*Trichilia hirta linneo*	15,92	0,60	0,14
133	*Sapindus saponaria*	14,01	0,80	0,13
134	*Senna spectabilis*	14,01	0,80	0,13
135	*Trichilia hirta linneo*	15,60	0,60	0,13
136	*Guazuma ulmifolia*	16,55	0,51	0,13
137	*Guazuma ulmifolia*	16,55	0,51	0,13
138	*Albizia multiflora*	16,55	0,50	0,13
139	*Trichilia hirta linneo*	15,28	0,60	0,12
140	*Trichilia hirta linneo*	15,28	0,60	0,12
141	*Trichilia hirta linneo*	15,28	0,60	0,12
142	*Senna spectabilis*	13,69	0,80	0,12
143	*Albizia multiflora*	16,23	0,50	0,12
144	*Trichilia hirta linneo*	14,96	0,60	0,12
145	*Sapindus saponaria*	13,37	0,80	0,12
146	*Senna spectabilis*	13,37	0,80	0,12
147	*Senna spectabilis*	13,37	0,80	0,12
148	*Albizia multiflora*	15,92	0,50	0,11
149	*Guazuma ulmifolia*	15,60	0,51	0,11
150	*Trichilia hirta linneo*	14,64	0,60	0,11
151	*Trichilia hirta linneo*	14,64	0,60	0,11
152	*Senna spectabilis*	13,05	0,80	0,11
153	*Senna spectabilis*	13,05	0,80	0,11
154	*Trichilia hirta linneo*	14,32	0,60	0,10
155	*Trichilia hirta linneo*	14,32	0,60	0,10
156	*Trichilia hirta linneo*	14,32	0,60	0,10
157	*Albizia multiflora*	15,28	0,50	0,10

Nº	Especie (n. cient.)	DAP (cm)	Densidad (g/cm^3)	TonCO$_2$
158	*Trichilia hirta linneo*	14,01	0,60	0,10
159	*Trichilia hirta linneo*	14,01	0,60	0,10
160	*Trichilia hirta linneo*	13,69	0,60	0,09
161	*Trichilia hirta linneo*	13,69	0,60	0,09
162	*Trichilia hirta linneo*	13,69	0,60	0,09
163	*Samanea saman*	14,64	0,50	0,09
164	*Albizia multiflora*	14,64	0,50	0,09
165	*Guazuma ulmifolia*	14,32	0,51	0,09
166	*Guazuma ulmifolia*	14,32	0,51	0,09
167	*Albizia multiflora*	14,32	0,50	0,09
168	*Trichilia hirta linneo*	13,37	0,60	0,09
169	*Trichilia hirta linneo*	13,05	0,60	0,08
170	*Trichilia hirta linneo*	13,05	0,60	0,08
171	*Guazuma ulmifolia*	13,69	0,51	0,08
172	*Albizia multiflora*	13,69	0,50	0,08
173	*Guazuma ulmifolia*	13,37	0,51	0,07
174	*Albizia multiflora*	13,37	0,50	0,07
175	*Guazuma ulmifolia*	13,05	0,51	0,07
176	*Albizia multiflora*	13,05	0,50	0,07
177	*Albizia multiflora*	13,05	0,50	0,07
178	*Albizia multiflora*	13,05	0,50	0,07
179	*Albizia multiflora*	13,05	0,50	0,07
180	*Albizia multiflora*	13,05	0,50	0,07
	TOTAL	**3706,35**	**113,34**	**63,48 TonCO$_2$/Ha**

Descripción de las especies forestales registradas con su respectivo DAP, densidad y TonCO$_2$.
Castillo, 2022

La Figura 3 revela la captura de CO2 por árbol y su relación con el DAP y la densidad que posee. Por ejemplo el árbol maderable más adulto de la especie Samanea saman obtuvo un DAP de 63, 66 cm, una densidad de 0,50 g/cm^3 y al rededor 4 TonCO$_2$. Mostrando que el robustecimiento del compartimiento leñoso y la dureza de la madera influyen positivamente en la captura de carbono. Sin embargo la abundancia de una especie juega un rol significativo en la captura de carbono, aún si no presentará un desarrollo considerable del DAP.

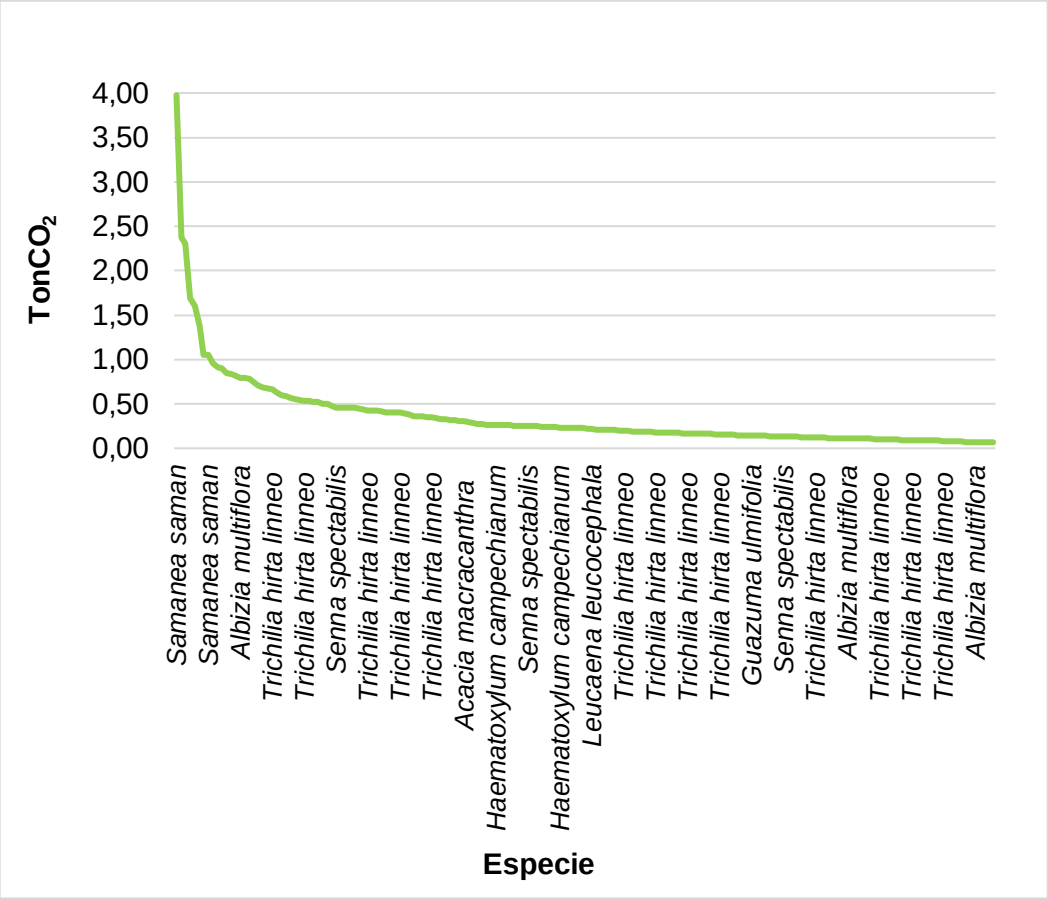

Figura 3. TonCO2 por árbol en BPCB.

Castillo, 2022

En la siguiente Tabla se aprecia la captura de carbono por especie, con su respectivo número de individuos, TonCO2 y concentración de CO2. El primer lugar lo obtuvo la especie no maderable *Trichilia hirta linneo* con 74 individuos que representa 20,77 TonCO2, lo que simboliza el 32,65% de la concentración de C total. Mientras que el segundo lugar fue de la especie maderable *Samanea saman* con 15 individuos, es decir, 18,60 TonCO2 que indicó el 29,24% de todo el C capturado. Esto se debe a la abundancia de la especie *Trichilia hirta linneo* en el bosque ya que no posee valor comercial, sin embrago es una de las especies que mayor carbono aporta, además de ofrecer una variedad de servicios ambientales que le dan una funcionalidad irremplazable en el bosque.

A pesar de que el número de individuos de la especie *Trichilia hirta linneo* es casi 5 veces mayor que el número de individuos de la especie *Samanea saman,* solo hay una pequeña diferencia de concentración de 3,41% entre ambas especies.

Tabla 5. TonCO2 por especie y su respectiva concentración.

Nº	Especies	Individ.	$TonCO_2$	Concent. (%)
1	*Trichilia hirta linneo*	74	20,77	32,65
2	*Samanea saman*	15	18,60	29,24
3	*Haematoxylum campechianum*	15	4,65	7,32
4	*Albizia multiflora*	22	4,15	6,52
5	*Senna spectabilis*	18	4,13	6,49
6	*Acacia macracanthra*	10	4,01	6,31
7	*Pseudosamanea guachapeli*	4	2,00	3,14
8	*Prosopis juliflora*	4	1,87	2,94
9	*Guazuma ulmifolia*	11	1,39	2,19
10	*Caesalpinia coriaria*	1	0,84	1,32
11	*Triplaris cumingiiana*	2	0,54	0,84
12	*Sapindus saponaria*	3	0,44	0,69
13	*Leucaena leucocephala*	1	0,22	0,35
TOTAL		**180**	**63,48$TonCO_2$/Ha**	**100,00**

Descripción de especies con su correspondiente número de individuos, $TonCO_2$ y concentración de CO_2.
Castillo, 2022

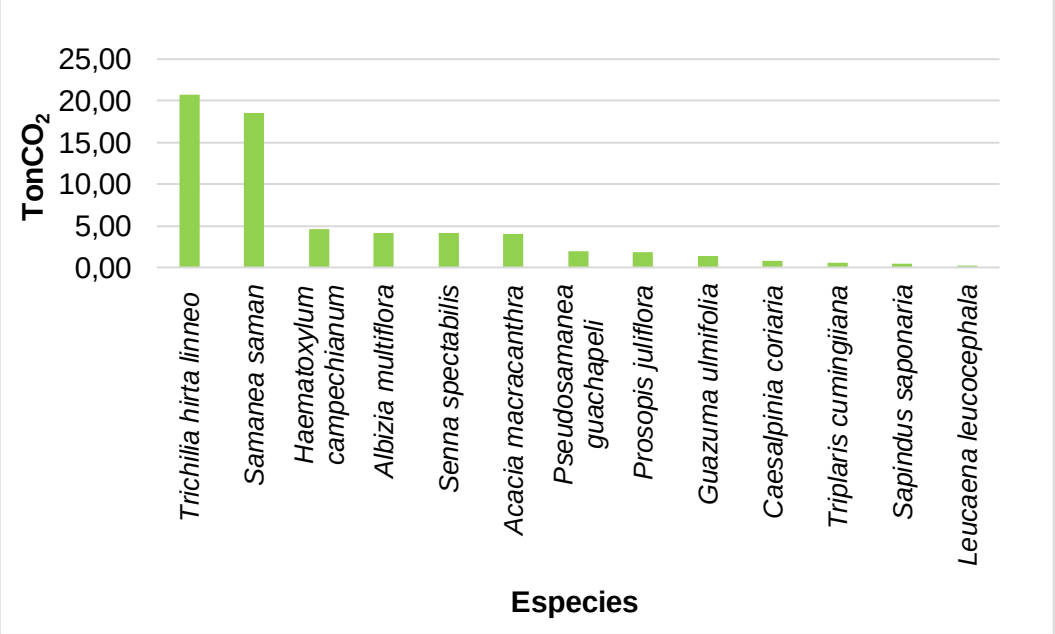

Figura 4. $TonCO_2$ por especie en el BPCB.
Castillo, 2022

En la Figura 5 se muestra concentración de CO_2 por especie, donde la concentración de CO_2 más alta la posee la especie Trichilia hirta *linneo* y *Samanea saman* le sucede con una diferencia mínima.

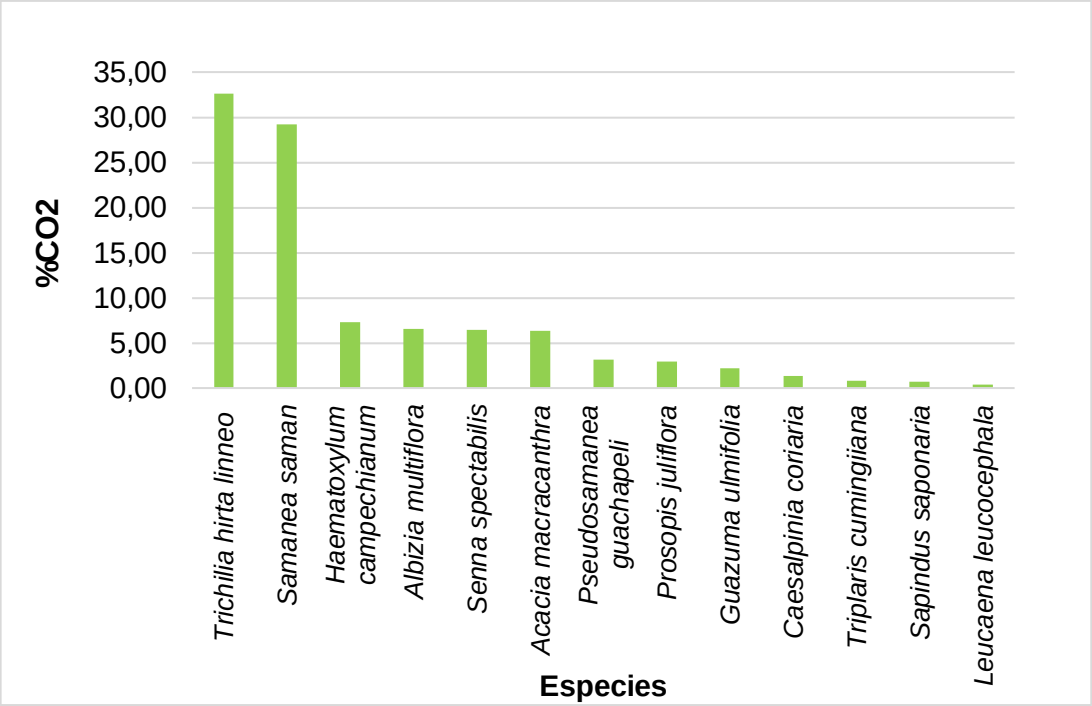

Figura 5. Concentración de CO_2 por especie en BPCB.

Castillo, 2022

3.2.3 Monetización de CO_2, mediante la obtención de CER's para la conservación ambiental sostenible

Para el cumplimiento del siguiente planteamiento se determinó que:

- CO_2 por hectárea en BPCB: 63,48 TonCO_2/ha
- Total de carbono acumulado en BPCB: 385,831.44 TonCO_2
- CO_2 equivalente por hectárea en BPCB: 228,528 TonCO_2e/ha
- Total de CO_2 equivalente en BPCB: 1'388,993.184 TonCO_2e

Por lo tanto, el BPCB estaría capturando un estimado de 228.528 TonCO_2e/Ha. Esta cifra extrapolada a toda la reserva representaría 1'388,993.184 TonCO_2e en una extensión de 6,078 hectáreas de bosque seco, valor equivalente al total de certificados negociables. Cantidad importante, si se valora que cada certificado tendría un valor mínimo de USD 40 y máxmo de USD 80, precios de carbono que se lograron fijar para 2020 en el acuerdo de París (Banco Mundial, 2017). En este caso estos ingresos por la venta de carbono oscilarían entre: USD 55'559,727.36 y USD 111'119,454.72. Recursos suficientes para financiar la conservación del BPCB, así como lo expresa Aguirre (2022), la búsqueda de mecanismos de financiamiento no tradicionales es el camino oportuno para promover acciones de conservación y manejo de ecosistemas en Ecuador.

4. Conclusiones

- Se logró elaborar el inventario forestal para BPCB, el mismo que contiene la identificación de la especie y el número de individuos con su respectivo DAP. Este inventario se utilizó como línea base de la investigación y como data indispensable para la estimación de TonCO_2.
- Para dar cumplimiento al objetivo 2, se tomó la información base y además de la densidad por especie de la base de datos Global Wood Density.Para cálcular el contenido de carbono mediante la fórmula alométrica estándar para ecosistemas de bosque seco en Ecuador. El principal hallazgo fue la estimación de 63,48 TonCO_2 por cada hectárea de bosque y una captura total de 385,831.44 TonCO_2 en la reserva privada BPCB. Otra novedad importante fue que la especie *Samanea saman* capturó 18,60 TonCO_2 con tan solo 15 árboles, mientras que la especie *Trichilia hirta linneo* superó de 2,17 TonCO_2 a pesar de contar con 74 arboles a su favor. Esto se debe a la presencia de individuos de la especie *Samanea Saman* con sobresaliente captación de carbono, DAP y densidad (Véase Tabla 4).
- Se monetizó la captura de CO2 a través de la conversión de CO2 acumulado a CO2 equivalente, esto permitió obtener 1’388,993.184 de CER’s lo que significa que el BPCB podría comercializar intenacionalmente su carbono forestal en un valor aproximado que va desde USD 55 Millones hasta USD 111 Millones, según los valores fijados en el Acuerdo de Paris para el período 2020 - 2029.

5. Bibliografía

Aguirre, N. (2017). *Captura de carbono en el compartimiento leñoso del bosque seco en la provincia de Loja con perspectivas de mercado.* http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/7336

Banco Mundial. (2017, December). *Fijación del precio del carbono*. https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/carbon-pricing

Boletín de Negociaciones de la Tierra. (2021). *Informe resumido, 31 de octubre – 12 de noviembre de 2021*. https://enb.iisd.org/fr/glasgow-climate-change-conference-cop26/summary-report-fra

BPCB. (2018). *Flora del Bosque Protector Cerro Blanco* . https://bosquecerroblanco.org/index.php/flora/

Butler, R. (2018, August 12). *Una oportunidad para salvar el bosque seco de Ecuador*. https://es.mongabay.com/2018/07/ecuador-bosque-seco/#:~:text=Seg%C3%BAn%20cifras%20oficiales%20del%20Ministerio,de%20%C3%81reas%20Protegidas%20(Snap).

Cano, O., Vela, G., Acevedo, O., y Valera, M. (2020). Concentraciones de carbono orgánico en el arbolado y suelos del área natural protegida El Faro en Tlalmanalco, Estado de México. *Terra Latinoamericana*, *38*(4), 895–905. https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.757

Carey, J. (2020, May 22). *La biodiversidad de América Latina es crítica*. https://www.nrdc.org/es/experts/jessica-carey-webb/biodiversidad-america-latina-es-critica-objetivos-climaticos-mundiales

Centeno, E., y Murillo, A. (2019). Potencial de mitigación del cambio climático de los ecosistemas forestales caducifolios en Costa Rica: modelos predictivos de

biomasa y cabono. *Revista de Ciencias Ambientales*, *53*(2), 97–110. https://doi.org/10.15359/rca.53-2.5

Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., y Schaaf, E. (2020). *Fossil CO 2 emissions of all world countries 2020 Report*. 1–244. https://doi.org/10.2760/143674

Cun, P. (2017). *Bosque Protector Cerro Blanco y sus valiosas funciones ecosistémicas por su localización en la franja de la costa litoral .*

FAO, y PNUMA. (2020a). El estado de los bosques del mundo 2020. In *El estado de los bosques del mundo 2020*. FAO and UNEP. https://doi.org/10.4060/ca8642es

FAO, y PNUMA. (2020b). El estado de los bosques del mundo 2020. In *El estado de los bosques del mundo 2020*. FAO and UNEP. https://doi.org/10.4060/ca8642es

Foa, J. (2020). Los estudios sobre negociaciones internacionales de cambio climático:Una revisión crítica desde la teoría política del discurso. *Revista Identidades*, *18*, 15–29. https://notablesdelaciencia.conicet.gov.ar/handle/11336/141726

Gayán, P., y Pérez, R. (2019). Tecnologías de captura y almacenamiento de CO2. *Revista Aragonito*. http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html.

INEC. (2010). *Así es Guayquil en cifras*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Inforgrafias-INEC/2012/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf

MAATE. (2020). *Mecanismo para un Desarrollo Limpio*. http://suiadoc.ambiente.gob.ec/web/suia/mdl

MAATE. (2021). *REPORTE: SISTEMA NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS - SNAP PERIODO 2021 (CIFRAS OFICIALES)*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2022/03/reporte_comunica_snap_2021.pdf

MAE. (2019). *Primera contribución determinada a nivel nacional para el Acuerdo de París bajo la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Ecuador%20First/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf

Masson, V., Zhai, P., y Hans, P. (2019). *Climate Change and Land*. www.ipcc.ch

Mondragón, F. (2021). Ciclos del dióxido de carbono en la formación y utilización de combustibles fósiles y su efecto en el cambio climático. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. https://doi.org/10.18257/raccefyn.1364

Ochoa, J. (2020). *El estudio descriptivo en la investigación científica*. http://201.234.119.250/index.php/AJP/article/view/224/191

ONU. (2021). *La Conferencia sobre el Cambio Climático, COP26: ¿qué sabemos y por qué es importante?* https://news.un.org/es/story/2021/10/1499162

PNUMA. (2020). *The emissions gap report 2020*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34438/EGR20ESS.pdf?sequence=35

Ranero, A., y Covaleda, S. (2018). El financiamiento de los proyectos de carbono forestal: Experiencias existentes y oportunidades en México. *Madera y Bosques*, *24*(Special Issue). https://doi.org/10.21829/myb.2018.2401913

Rivas, C. (2022). *Teledetección y sistemas de información geográficos aplicados al seguimiento de procesos de deforestación en bosques secos de Ecuador*. https://helvia.uco.es/bitstream/handle/10396/22340/2022000002374.pdf?sequence=1&isAllowed=y

UNCC. (2022). *Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-

convention/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico

United Nacions Climate Change. (2018). *El Mecanismo de Desarrollo Limpio supera un nuevo hito*. https://unfccc.int/es/news/el-mecanismo-de-desarrollo-limpio-supera-un-nuevo-hito

6. Anexos

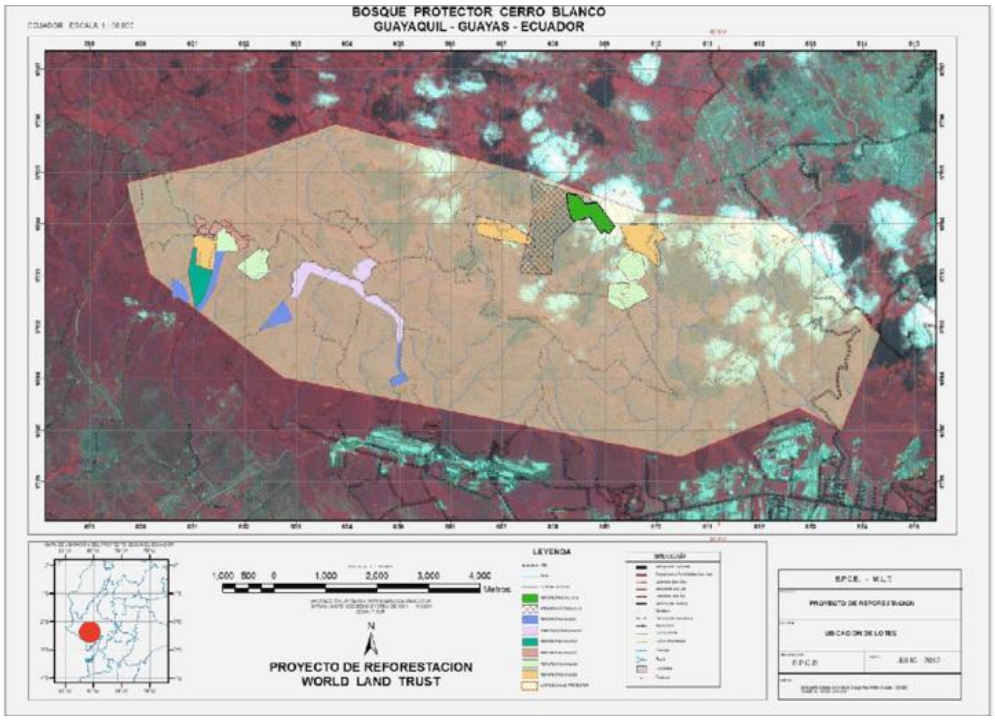

Figura 6. Mapa de ubicación del BPCB.

Mazón et al., 2017

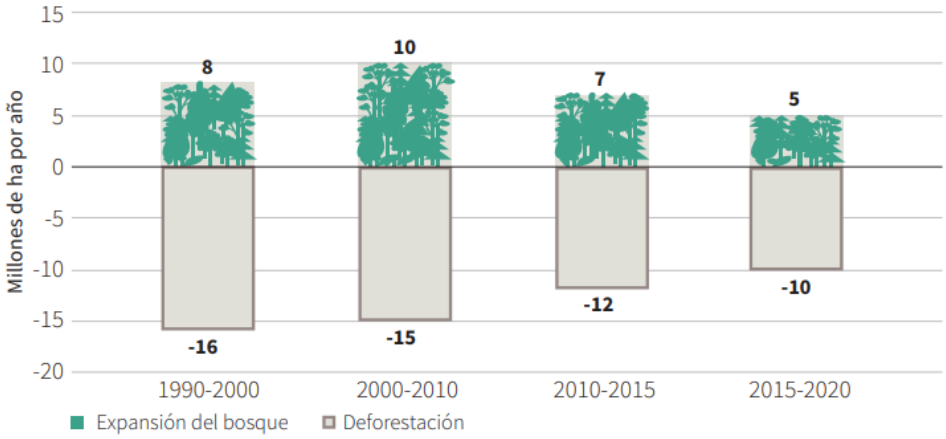

Figura 7. Tasa anual de deforestación y recuperación natural de los bosques a nivel mundial (1990 Vs 2020).

FAO, 2020

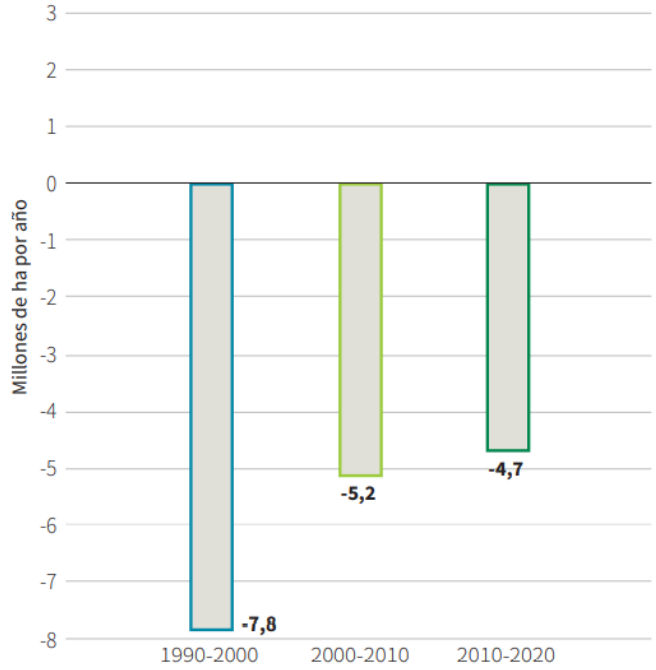

Figura 8. Variación de la cobertura forestal (1990 – 2020).

FAO, 2020

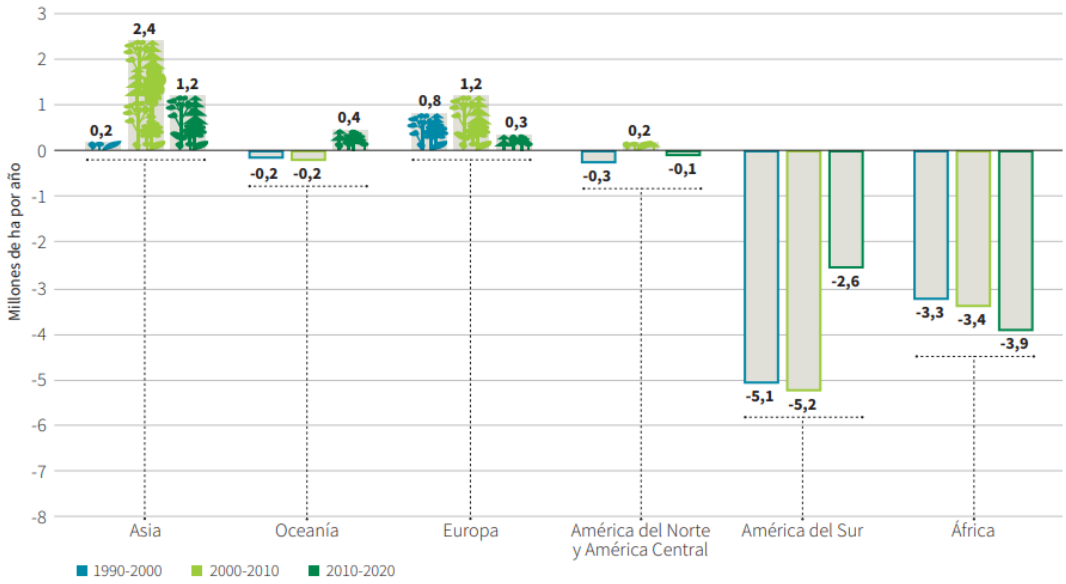

Figura 9. Variación anual neta de la superficie forestal a nivel regional.

FAO y PNUMA, 2022

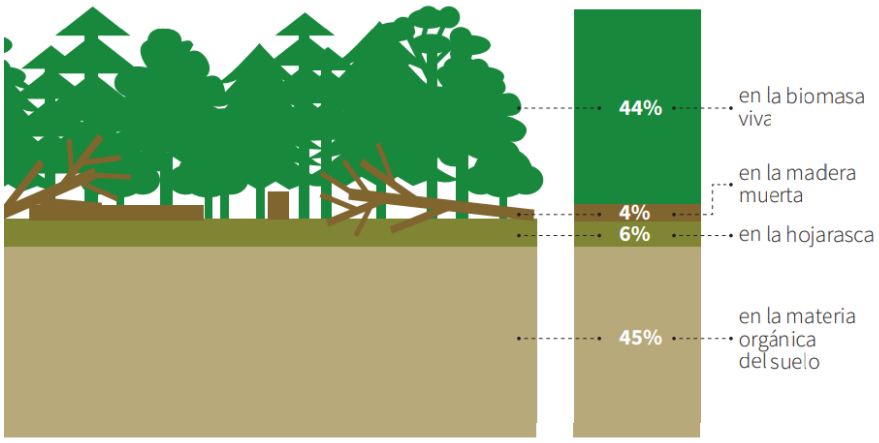

Figura 10. Captura de CO_2 en biomasa viva; necromasa; y suelo.

FAO, 2020

Figura 11. Recolección de datos de campo en el área de estudio.

Castillo, 2022

Figura 12. Medición de DAP de la especie *Samanea saman*.
Castillo, 2022

Figura 13. Medición de DAP de la especie *Trichilia hirta linneo*.
Castillo, 2022

7. Glosario

Bosques secos en el mundo.

La formación vegetal denominada Bosque Seco Tropical se encuentra entre las tres principales regiones tropicales del mundo: Asia, África y América. Su precipitación anual es de 600 y 1600 mm y una estación seca de 4 a 7 meses durante el año. En América Tropical existen 7 áreas principales de bosque seco tropical incluso la región tumbesina que comprende desde el bosque del sureste de Ecuador hasta el noreste de Perú mundialmente reconocido por su gran riqueza biológica y alto endemismo (Cun, 2017).

El Bosque seco tropical del litoral ecuatoriano se encuentra en las provincias de Manabí, Guayas y El Oro, incluye una parte de la Cordillera Chongón Colonche caracterizado por la predominancia de árboles gigantescos maderables y no maderables. El Investigador David Neill en sus estudios resalta que el BPCB es uno de los más grandes y mejor conservados fragmentos del bosque seco tropical ecuatoriano y ofrece una de las mejores opciones para la sobrevivencia de una por cada 5 especies de plantas nativas registradas de la región bosque seco tropical (Cun, 2017).

Los bosques secos en el Ecuador se distinguen como una franja costera de 25.030 km2 , que equivale al 10 % de la superficie total del país, con una remanencia de 28,4 %. En la provincia de Loja se encuentra la mayor superficie de este ecosistema, distribuido entre 0 a 1100 msnm, incluyen las tierras bajas, estribaciones occidentales bajas de la cordillera de los Andes y los valles secos interandinos del sur. (Cun, 2017).

Las temperaturas varían entre 20 a 26ºC y la precipitación media anual es de 300 a 700 mm. Se diferencian dos períodos; uno seco entre mayo a noviembre y otro lluvioso de diciembre a abril. Generalmente los suelos sobre los cuáles se desarrollan son arcillosos, que en época lluviosa forman lodazales y en temporada seca se manifiestan con grandes grietas.

Son formaciones vegetales caducifolias, donde aproximadamente el 75 % de sus especies pierden estacionalmente sus hojas, estos bosques están compuestos por vegetación frágil, que se desarrolla en condiciones climáticas extremas, con precipitación anual de 400-600 mm en época lluviosa, temperatura media anual de 24,9°C (Cun, 2017).

En Ecuador los bosques secos se localizan en el centro y sur de la región occidental de los Andes. Empiezan en el sur de Esmeraldas, continúa en Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro, Loja; y en los valles secos de la región interandina, donde la precipitación se distribuye en dos a tres meses (Cun, 2017).

Bosques secos en Ecuador.

Los bosques secos en el Ecuador se distinguen como una franja costera de 25 030 km2 , que equivale al 10 % de la superficie total del país, con una remanencia de 28,4 %. En la provincia de Loja se encuentra la mayor superficie de este ecosistema, distribuido entre 0 a 1100 msnm, incluyen las tierras bajas, estribaciones occidentales bajas de la cordillera de los Andes y los valles secos interandinos del sur. El 30 % equivalente a 3 100 km^2) de la provincia equivalente a 11 000 km^2 es bosque seco (Aguirre, 2017).

Las temperaturas varían entre 20 a 26ºC y la precipitación media anual es de 300 a 700 mm. Se diferencian dos periodos; uno seco entre mayo a noviembre y

otro lluvioso de diciembre a abril. Generalmente los suelos sobre los cuales se desarrollan son arcillosos, que en época lluviosa forman lodazales y en temporada seca se manifiestan con grandes grietas (Aguirre, 2017).

Son formaciones vegetales caducifolias, donde aproximadamente el 75 % de sus especies pierden estacionalmente sus hojas, estos bosques están compuestos por vegetación frágil, que se desarrolla en condiciones climáticas extremas, con precipitación anual de 400-600 mm en época lluviosa, temperatura media anual de 24,9°C (Aguirre, 2017).

Los bosques secos en Ecuador se localizan en el centro y sur de la región occidental de los Andes. Empiezan en el sur de Esmeraldas, continúa en Manabí, Santa Elena, Guayas, El Oro, Loja; y en los valles secos de la región interandina, donde la precipitación se distribuye en dos a tres meses (Aguirre, 2017).

Bosque Seco Tropical Cerro Blanco.

La formación vegetal denominada “Bosque Seco Tropical” se encuentra en las tres principales regiones tropicales del mundo: Asia, África y América. Se caracteriza por una precipitación anual varía entre los 600 – 1600 mm y una estación seca de 4 - 7 meses durante el año. En los trópicos de América existen 7 áreas principales de bosque seco Tropical, incluye la región tumbesina que comprende el suroeste de Ecuador y el noreste de Perú, reconocidos a nivel mundial por su gran riqueza biológica y alto endemismo (Cun, 2017).

El bosque seco tropical del litoral ecuatoriano se encuentra en las provincias de Manabí, Guayas, el Oro y una parte de la Cordillera Chungón Colonche. Predominan arboles gigantescos con gran potencial para secuestrar carbono (Cun, 2017).

Funciones eco sistémicas.

La interacción entre las especies de flora y fauna de los ecosistemas (producto de la dinámica propia de los mismos), el espacio o ambiente físico (o abiótico) y la energía solar, dan origen a una serie de funciones ecosistémicas, también llamadas funciones ecológicas o ambientales. El ciclo hidrológico, los ciclos de nutrientes, la retención de sedimentos, son ejemplos de estas funciones, de esta interacción se pueden desprender variados bienes y servicios ambientales (Centeno y Murillo, 2019).

Bienes y servicios ambientales.

Campos (2016) define a los servicios eco sistémicos como: —los servicios que brindan los ecosistemas y agro ecosistemas a la comunidad local, nacional e internacional y que inciden directa e indirectamente en la protección y mejoramiento del ambiente y por lo tanto en la calidad de vida de las personas.

Los beneficios que las poblaciones humanas obtienen directa o indirectamente de las funciones de la biodiversidad, ecosistemas, especies y genes), especialmente ecosistemas y bosques nativos y de plantaciones forestales y agroforestales. Los servicios ambientales se caracterizan porque no se gastan ni transforman en el proceso, pero generan utilidad al consumidor de tales servicios; y se diferencian de los bienes ambientales, por cuanto estos últimos son recursos tangibles que son utilizados por el ser humano como insumo de la producción o en el consumo final, y que se gastan o transforman en el proceso (FAO y PNUMA, 2020).

Pero generan indirectamente utilidad al consumidor, por ejemplo, el paisaje que ofrece un ecosistema, la absorción de GEI por parte de las plantas; son las funciones ecosistémicas para el hombre y que generan beneficios económicos. Los

bienes ambientales son también llamados bienes ecosistémicos, son producto de la naturaleza, los seres humanos los aprovechan directamente, por ejemplo: agua, madera, frutos, forrajes, sustancias medicinales. pueden ser cuantificados y comercializados, son utilizados como insumo en la producción (materia prima) o como producto final, por lo tanto, es posible obtener un precio de mercado para la mayoría de ellos, lo que permite una estimación precisa de los ingresos generados por su aprovechamiento (FAO y PNUMA, 2020).

Los servicios ecosistémicos son aquellos beneficios de los bosques, otros tipos de vegetación y sistemas productivos que favorecen al hombre y al funcionamiento del planeta. Estos son, por ejemplo: captación hídrica, protección del suelo, fijación de nutrientes, control de inundaciones, retención de sedimentos, fijación de carbono, belleza escénica, protección de cuencas, protección de la biodiversidad. Sin embargo, la población no los reconoce, tiene escaso conocimiento sobre los servicios ambientales que presta la naturaleza, ya que son intangibles, por lo que no valoran el bosque como tal, provocando sobreexplotación de los recursos naturales, sumado al uso irracional de los bienes ambientales, situaciones que no contribuyen al desarrollo sustentable de los bosques del país (FAO y PNUMA, 2020).

En Ecuador los servicios eco sistémicos reconocidos e incorporados en el marco conceptual de instituciones del estado; según Campos (2016) son:

- Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): Es decir la absorción de gases dañinos que provocan el calentamiento y deterioro de la calidad de la atmósfera. Incluye los procesos de fijación, reducción, secuestro, almacenamiento y absorción de GEI.

- Protección de los recursos hídricos: Protección de fuentes y mantos de agua para las diferentes actividades de consumo y producción.
- Protección de la biodiversidad, ecosistemas y formas de vida: Función que cumple el bosque para la conservación de diversidad de especies de organismos que coadyuvan a mantener el equilibrio ecológico, por ejemplo, refugio de especies, producción de biodiversidad, polinización, control biológico.
- Belleza escénica: Posibilidad de disfrute, para fines turísticos y científicos, de las formaciones y expresiones de la naturaleza.

La captura de carbono se realiza únicamente durante el estado de desarrollo de los árboles, los cuales absorben CO_2 atmosférico, junto con otros elementos en el suelo y del aire, para convertirlos en biomasa expresada principalmente en forma de madera (biomasa), es por ello la importancia del estudio de la captura de carbono del compartimiento leñoso del bosque, las plantaciones forestales, por la gran cantidad de biomasa que producen por unidad de área, fijan anualmente una alta cantidad de CO_2 que permanece acumulado en los árboles por largos periodos de tiempo (FAO y PNUMA, 2020).

Método no destructivo para estimar carbono

Consiste en la evaluación de la fijación de carbono a partir de fórmulas alométricas pre establecidas, en este caso se requiere la identificación de especie forestal, coordenadas y DAP (Diámetro a nivel del pecho, a 1,30 de la base del tronco) > 10cm en especies forestales, las mismas que fueron recolectados en campo (Ochoa, 2020).

Pago por servicios ambientales.

El Pago por Servicios Ambientales se basa en la valoración económica de los bienes y servicios ambientales derivados de la diversidad biológica. Esta es una herramienta que permite pagar a los propietarios de tierras, por los servicios ambientales globales que producen (captura de carbono y conservación de la biodiversidad), en la medida que se cambia el uso de la tierra hacia modelos agrícolas sostenibles y se conservan los bosques nativos y el paisaje agroforestal y agropecuario (Aguirre, 2017).

Según, Aguirre (2017) el pago por servicios ambientales es: Un mecanismo de retribución monetaria o compensación flexible y adaptable a diferentes condiciones, que apunta a un pago o compensación directo por el mantenimiento o provisión de un servicio ambiental, por parte de los usuarios del servicio, el cual se destina a los proveedores.

Bonos de carbono.

El Mercado de Bonos de Carbono, basado en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, busca que los países desarrollados puedan cumplir con sus metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero materializando inversiones en proyectos que reducen dichas emisiones, especialmente relacionados con energía, transporte, agricultura y silvicultura, y manejo de residuos (Banco Mundial, 2017).

Este mecanismo de ventas de bonos de carbono consiste en que si una empresa o país logra reducir sus emisiones de CO_2 puede poner en venta dicha reducción a países desarrollados que estén en obligación de emitir menos gases, dando paso a generar beneficios para la sociedad. Estos países también podrían cofinanciar los

proyectos de captura o abatimiento de estos gases en otras naciones, acreditando tales disminuciones como propias (Ranero y Covaleda, 2018).

Es así que, hoy en día se utilizan bonos de carbono, como un mecanismo de descontaminación ambiental, que inicialmente, fue presentado en el Protocolo de Kyoto en 1997 con el fin de aportar soluciones que permitan reducir las emisiones contaminantes causantes del calentamiento global. Con estos bonos de carbono se busca que los países industrializados cumplan con una reducción en sus emisiones de gases de efecto invernadero (Banco Mundial, 2017).

Mercados de carbono.

Los mercados de carbono nacen como una vía complementaria, alternativa y económicamente viable al compromiso asumido por gobiernos, individuos y empresas para disminuir las emisiones de GEI, causa del cambio climático; en realidad, los mercados de carbono no describen un fenómeno nuevo, sino que al contrario, el mundo presencia transacciones de GEI desde los años 90', ya sea como complemento de políticas nacionales de control de emisiones, o como resultado de iniciativas privadas (Ranero y Covaleda, 2018).

Los mercados de carbono se consideran un conjunto de operaciones a través de las cuales se negocian los derechos de emisión, reducción y captura de Gases de Efecto Invernadero, los cuales tiene el fin de ayudar a mitigar los efectos perjudiciales de los GEI, en el ambiente de una manera rentable. Comercializado en toneladas métricas ($TMCO_2$), en la actualidad el CO_2 se compra y vende en una serie de mercados distintos y separados el uno del otro.

Cada mercado tiene sus propias reglas y acepta diferentes categorías de $TonCO_2$ como productos válidos para el intercambio; así, las $TonCO_2$ que acepta

un mercado no necesariamente son aceptables en otros mercados, no existe un mercado de carbono unificado. Asimismo, este mercado no está definido por un solo tipo de producto, un solo tipo de contrato o un solo sistema de compradores y vendedores (Ranero y Covaleda, 2018).

Se menciona que la creación del mercado de carbono se atribuye a: La existencia del Protocolo de Kyoto, cuyo objetivo es la reducción de GEI mediante la determinación de límites de emisiones de gases por países e industrias. El objetivo del mercado es que los países e industrias que excedan sus límites de emisión puedan comprar las reducciones logradas por otros, sin sobrepasar el nivel global de emisiones deseado, a diferencia de castigar o prohibir la emisión en la práctica. Según Dannecker (2016) el mercado de carbono pone un precio al CO_2. Si se quiere contaminar, se debe comprar ese equivalente a una empresa que haya reducido el mismo nivel de contaminación (Banco Mundial, 2017).

Este sistema por lo tanto beneficiaría a las empresas que logran efectivamente reducir sus emisiones por debajo de sus límites permitidos, creando un incentivo monetario para cumplir esta meta. A nivel global las emisiones se reducirían, sin afectar de forma negativa la producción en los países industrializados. Las reducciones de emisiones se miden en toneladas de CO_2 equivalentes, las cuales representan un certificado de reducción o bono de carbono. Así, estos bonos son comercializados a través de bolsas de valores o directamente entre comprador y vendedor (Aguirre, 2017).

El precio de estos bonos depende de la oferta y demanda de los mismos, que está directamente relacionada con la coyuntura económica de los países emisores y las regulaciones vigentes. Se ubican a ambos lados de la línea ecuatorial, en

zonas donde la evapotranspiración potencial sobrepasa la precipitación. Se estima que aproximadamente 530 millones de hectáreas son bosques secos tropicales ubicadas especialmente en África al sur del Sahara, Kenia, Tanzania y Zimbabwe. En América central existen bosques secos desde México hasta Costa Rica; en América del sur, se localizan en Venezuela, Colombia y Brasil (hacia el océano Atlántico); y Ecuador, norte del Perú, Bolivia, Paraguay en el lado del Pacifico; también en los valles interandinos de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia (FAO, 2017).

Las zonas cubiertas de bosques secos se incluyen en las formaciones naturales de la costa del Ecuador, que abarca las subregiones centro y sur, en la subregión centro se encuentran en forma representativa desde el sur de la provincia de Manabí hasta la provincia del Guayas en Cerro Blanco y en la Reserva Ecológica Manglares-Churute. En la subregión sur que incluye las provincias de Loja y El Oro en la frontera con Perú, los bosques secos ecuatorianos son la continuación de los bosques del norte peruano. El bosque seco del sur occidente de Ecuador es parte de la Región de Endemismo Tumbesina, caracterizada por el un elevado endemismo faunístico (MAE, 2017).