**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero Ambiental**

# ESTIMACIÓN DEL CONTENIDO DE CARBONO EN LAS ESPECIES ARBÓREAS DOMINANTES DEL ÁREA ECOLÓGICA DE CONSERVACIÓN MUNICIPAL RUNAHURCO, MORONA SANTIAGO-ECUADOR

**AUTORES**
**HERRERA HUATATOCA MARIANA PAOLA**
**MATAILO MATAILO CINTHYA ABIGAIL**

**DIRECTOR DE PROYECTO**
**M.Sc. NÚÑEZ CASTRO MARLON OSWALDO**

Puyo – Ecuador

2021

# DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Quienes suscriben Herrera Huatatoca Mariana Paola con C.I. 155000467-3 y Matailo Matailo Cinthya Abigail con C.I. 140084809-7, hacemos constar que somos autoras del Trabajo de Integración Curricular titulado:

**"Estimación del contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco, Morona Santiago – Ecuador"**, el cual constituye una elaboración personal realizada únicamente con la dirección del Tutor de dicho trabajo, M.Sc. Núñez Castro Marlon Oswaldo. En tal sentido, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo como interpretación de datos y elaboración de conclusiones dejando establecido que aquellos aportes intelectuales de otros autores se han referenciado debidamente en el texto de dicho trabajo.

En el cantón Pastaza, a los 02 días del mes de julio del 2021.





Herrera Huatatoca Mariana Paola
C.I.: 155000467-3
**Autor**

Matailo Matailo Cinthya Abigail
C.I.: 140084809-7
**Autor**

# CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El tribunal de sustentación del proyecto de investigación y desarrollo aprueba el Trabajo de Integración Curricular titulado: **"Estimación de la captura de carbono en las especies arbóreas dominantes del Área de Conservación Municipal Runahurco, Morona Santiago - Ecuador".**

JESSY PAULINA GUERRERO RUBIO

M.Sc. Jessy Guerrero
Presidente del Tribunal

ANDREA CAROLINA BELTRAN CONLAGO

M.Sc. Andrea Beltrán Conlago
Miembro del Tribunal

MIGUEL ANGEL ENRIQUEZ ESTRELLA

Ing. Miguel Ángel Enríquez Estrella Mg.
Miembro del Tribunal

# CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO

Quien suscribe el presente Dr. Marlon Oswaldo Núñez Castro con C.I.: 170674350-5, certifica que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **"Estimación de la captura de carbono en el Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco, Morona Santiago - Ecuador",** ha sido examinado a través del sistema Antiplagio URKUND y presenta un porcentaje de similitud del 2 %.

En el cantón Pastaza, a los 03 días del mes de julio del 2021.

MARLON OSWALDO NUNEZ CASTRO

Firmado digitalmente por MARLON OSWALDO NUNEZ CASTRO
Fecha: 2021-07-16 18:10:05:00

Dr. Marlon Núñez Castro
Director de Trabajo de Titulación

# DERECHOS DE AUTOR COPYRIGHT

**©2021,** Herrera Huatatoca Mariana Paola y Matailo Matailo Cinthya Abigail

Autorizamos la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

# DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quienes suscriben, Herrera Huatatoca Mariana Paola y Matailo Matailo Cinthya Abigail, declaramos que el presente proyecto de investigación, es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular.



HERRERA HUATATOCA MARIANA PAOLA
No. Cédula: 155000467-3



MATAILO MATAILO CINTHYA ABIGAIL
No. Cédula: 140084809-7

# DEDICATORIAS

Dedico este trabajo primeramente a Dios quien ha sido mi fortaleza, mi fe y mi luz en toda mi vida, por abrirme las puertas para seguir adelante en mis estudios agradezco porque Dios me dio los mejores padres. A mi Madre y mi Padre quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a cumplir hoy uno de mis más grandes sueños, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, valentía, amor y de no temer las adversidades. Gracias a cada uno de sus desvelos sus oraciones me permitieron nunca rendirme y ser una mujer valiente. Madre de mi vida, agradezco tu hermosa luz que ilumino mi vida, por ese amor tan puro que hizo que mi alma se llene de júbilo y dicha, madre mía tienes un corazón maravilloso lleno de bondad, quiero dedicarte mi esfuerzo porque no cumplo solo mi sueño sino nuestro sueño madre. Le pido Dios por tu vida y salud, te amo mi bella madre. Padre de mi vida, agradezco de todo corazón tus malas noches, tu esfuerzo, tú dolor tu enfermedad, pese a estar muy mal de salud tu demuestras ser un hombre fuerte y bondadoso, agradezco por siempre estar para mí por no permitir me que falte nada para seguir. Padre mío eres mi luz mi ejemplo, eres un guerrero que se enfrenta día tras día a la vida con un enorme escudo el cual es tu bello corazón lleno de amor. Pido a Dios cada día que te de salud y seas feliz. Gracias a tu bondad padre de mi vida hoy te dedico el fruto de tus esfuerzos, cumplimos padre un meta más. Los amo a ti ya mamá son mi vida.

***Herrera Huatatoca Mariana Paola***

A mis padres por darme vida, educación y la oportunidad de cumplir mi sueño, gracias por su esfuerzo, apoyo, sacrificio y consejos, porque nunca me abandonaron cuando llegaban las noches difíciles y los días duros, en especial, dedico este trabajo a mi padre, la persona que más admiro y amo, mi modelo a seguir, quien me enseñó que toda tarea por más grande que sea se puede lograr si lo hacemos un paso a la vez. A mis sobrinos Johan y Zadbiel por ser mi inspiración a ser mejor persona día con día. A mis compañeros de estudio quienes me brindaron su compañía y compartieron conmigo experiencias que recordaré por siempre. Para todos ellos, dedico este trabajo con todo mi corazón.

***Matailo Matailo Cinthya Abigail***

# AGRADECIMIENTOS

No tengo palabras para expresar mi amor y mi gratitud a mis padres, por su amor, su generosidad y su incansable ayuda en todo momento, gracias a mis maravillosos padres he llegado a culminar un peldaño más de mi vida. A la Universidad Estatal Amazónica, por brindarme los conocimientos para aplicarlos en el campo laboral. De igual forma, agradezco a mi Director de Proyecto de Titulación, M.Sc. Marlon Oswaldo Núñez Castro que gracias a apoyo sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A cada uno de los docentes que durante mi carrera aportaron con sus conocimientos, consejos, sus enseñanzas que han aportado para mi formación personal y profesional.

***Herrera Huatatoca Mariana Paola***

Quiero expresar mi gratitud en primer lugar a Dios, por el regalo de la vida, la salud y la familia, porque por medio de su palabra me anima a ser una mujer valiente y fuerte que a pesar del miedo y dificultades tiene la plena confianza que Él está a mi lado y no me hará tambalear donde quiera que vaya. A mis padres, por animarme siempre, confiar en mí y apoyarme en cada paso para alcanzar la meta. A mis hermanos: Stalin, Jimmy, Dalila, Joseph y Sidmar; gracias por hacer sacrificios y muchas veces poner mis necesidades sobre las suyas para hacer más realizable este camino. A mi abuelito Luis Quituizaca que siempre estuvo acompañándome y alegrando mi camino en mis días tristes. A mi primo Rudy Matailo quien confió en mi desde el primer día, ayudándome a dar el primer paso y animarme siempre, alegrarse conmigo y enorgullecerse con cada avance a lo largo de estos años. Es menester agradecer a todos los docentes por compartir sus conocimientos y brindarnos la apertura para asesorarnos, de manera especial al director de este trabajo de integración curricular Dr. Marlon Oswaldo Núñez Castro, quien nos ha guiado con su experiencia y exhortaciones para hacer de este un trabajo excelente. Gracias a mis compañeros de estudio, Mariana, Alejandra, Clinton, Gina, Jenniffer y Lizeth, quienes se convirtieron en mis amigos muy especiales, acogiéndome como parte de su familia y compartir conmigo parte de su vida, permitiéndome forjar lazos fuertes de hermandad que tendré presente durante toda mi vida. A todas las personas que alguna vez confiaron en mí y me animaron; y a las que no lo hicieron… ¡Muchas gracias!

***Matailo Matailo Cinthya Abigail***

# RESUMEN

Los ecosistemas forestales constituyen uno de los principales sumideros de carbono del planeta, debido a que absorben y almacenan carbono contribuyendo a la mitigación de gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático, en Ecuador pese a todos los esfuerzos por gestionar los bosques adecuadamente, estos han ido reduciendo su tamaño, disminuyendo su provisión de servicios ambientales así como el almacenamiento de carbono, cuya cuantificación es una estrategia de medición muy útil para contar con información que permita su adecuada gestión, bajo este marco la presente investigación estimó el contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco en la provincia de Morona Santiago, se aplicaron 8 transectos, registrando un total de 170 individuos, 59 de hábito arbóreo dominante en 9 familias y 13 especies, siendo las más abundantes *Wettinia maynensis* con 12 individuos, *Graffenrieda emarginata* y *Miconia pligeriana con* 7 individuos, el contenido de carbono en los 59 individuos fue de 8.46 tonC., las especies con mayor contenido de carbono fueron *Macluratinctoria con* 1.51 tonC.(4 individuos), seguida de *Chrysoclamys membranacea* con 1.47 tonC. (2 individuos), dentro de las especies con mayor contenido de carbono se registraron a *Chrysoclamys membranaceae* con un contenido de 0.73 tonC/individuo, seguida de *Maclura tinctoria* con 0.3784 tonC/individuo; los individuos con menor contenido de carbono fueron *Annona cf. Negleta* con 0.0320 tonC/individuo y *Myrcianthes myrsinoides* con 0.0153 tonC/individuo.

Los resultados aportan en el proceso de monitoreo de la cobertura vegetal del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco y a la vez, constituyen un insumo con información válida para la declaratoria como área protegida dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP)

**Palabras clave:** sumidero de carbono, cambio climático, especies dominantes, conservación, servicios ambientales

# ABSTRACT

Forest ecosystems constitute one of the main carbon sinks on the planet, as they absorb and store carbon, contributing to mitigating the effects of climate change, forests in Ecuador, despite all efforts to manage them properly, have been reducing in size, decreasing its provision of environmental services as well as carbon storage, whose quantification is a very useful measurement strategy to have information that allows its proper management, under this framework this research estimated the carbon content in the dominant tree species of the Area Ecológica de Conservación Municipal Runahurco in the province of Morona Santiago, 8 transects were applied, registering a total of 170 individuals, 59 of dominant arboreal habit in 9 families and 13 species, the most abundant being Wettinia maynensis with 12 individuals, Graffenrieda emarginata and Miconia pligeriana with 7 individuals, the carb content one in the 59 individuals was 8.46 tonC., the species with the highest carbon content were Maclura tinctoria with 1.51 tonC. (4 individuals), followed by Chrysoclamys membranacea with 1.47 tonC. (2 individuals), within the species with the highest individual carbon content, Chrysoclamys membranaceae with a content of 0.73 tonC / individual, followed by Maclura tinctoria with 0.3784 tonC / individual; the individuals with the lowest carbon content were Annona cf. Negleta with 0.0320 tonC / individual and Myrcianthes myrsinoides with 0.0153 tonC / individual.

The results contribute to the monitoring process of the vegetation cover of the Runahurco Municipal Conservation Ecological Area and, at the same time, constitute an input with valid information for the declaration as a protected area within the National System of Protected Areas (SNAP)



**Keywords:** carbon sink, climate change, dominant species, conservation, environmental services

# CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS ..... i
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN ..... ii
CERTIFICADO DE PORCENTAJE DE SIMILITUD OBTENIDO EN EL SISTEMA ANTIPLAGIO ..... iii
DERECHOS DE AUTOR COPYRIGHT ..... iv
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD ..... v
DEDICATORIAS ..... vi
AGRADECIMIENTOS ..... viii
RESUMEN ..... x
ABSTRACT ..... xi
CAPÍTULO I ..... 7
1.INTRODUCCIÓN ..... 7
1.1. Planteamiento del problema ..... 8
1.2. Objetivos ..... 10
*1.2.1.ObjetivoGeneral* ..... 10
*1.2.2.ObjetivosEspecíficos* ..... 10
1.3. Justificación ..... 11
CAPÍTULO II ..... 12
2.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA ..... 12
2.1. Cambio Climático ..... 12
2.3. Métodos para estimar contenido de carbono ..... 13
*2.3.2. Métodoindirecto* ..... 13
2.4. Diòxido de Carbono (CO2) ..... 14
2.6. Estimación de carbono en la biomasa vegetal ..... 15
2.7. Áreas Protegidas ..... 15

2.8. Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco (AECMR) ..... 16
CAPÍTULO III ..... 18
3.METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... 18
3.1. Localización ..... 18
3.2. Tipo de investigación ..... 19
*3.2.1. Diseño de investigación*……19
3.3. Métodos de investigación ..... 19
*3.3.1. Registro de especies arbóreas dominantes*……20
*3.3.2. Determinación de las variables morfológicas y fisiológicas de las especies arbóreas dominantes delAECM Runahurco*…….….22
*3.3.3. Determinación de la biomasa y el contenido decarbono*……..24
*3.3.4. Determinación de la biomasa y contenido de carbono en las especies arbóreasdominantesdelAECMRunahurco*……24
CAPÍTULO IV ..... 27
4.RESULTADOS ..... 27
4.1. Registro de especies arbóreas dominantes ……27
*4.1.1. Especies dominantes por transecto de muestreo en el AECM Runahurco*....27
*4.1.2. Clasificación de especies dominantes según su hábito (arbóreo, arbustivo, herbáceo)*……...28
*4.1.3. Registro de especies arbóreas dominantes en elAECM Runahurco*…….30
*4.1.4. Especies arbóreas por puntode muestreo*……..30
4.2. Determinación de las variables morfológicas y fisiológicas ..... .31
*4.2.1. Altura*……..…31
*4.2.2. Densidad de individuos de las especies arbóreas dominantes*……..33
*4.2.3. Densidad de la madera de las especies arbóreas dominantes*……..33
*4.2.4. Factor forma de las especies arbóreas dominantes* ……34
4.3. Cálculo de biomasa y contenido de carbono ..... 36
*4.3.1. Área basal por especie arbórea dominante*……...36
*4.3.2. Volumen de la madera de las especies arbóreasdominantes*……36
4.3.3. *Biomasa forestal del tronco de las especies arbóreas dominantes*……...37

*4.3.4. Biomasa radicular y foliar de las especies arbóreas dominantes*……38

*4.3.5. Biomasa forestal total de las especies arbóreas dominantes*……40

*4.3.7. Contenido de carbono por cada individuo de cada especie arbórea dominante*……..43

CONCLUSIONES ..... 45

RECOMENDACIONES ..... 47

# Índice de Tablas

**Tabla 1-2:** Ecosistemas presentes en el AECM Runahurco ..... 16
**Tabla 1-3:** Transectos por puntos de muestreo AECM Runahurco ..... 21
**Tabla 2-3:** Densidad para especies arbóreas por región ..... 23
**Tabla 3-3:** Ponderados para factor forma ..... 24
**Tabla 1-4:** Especies dominantes por transecto ..... 27
**Tabla 2-4:** Clasificación de especies dominantes según su hábito ..... 28
**Tabla 3-4:** Especies arbóreas dominantes ..... 30
**Tabla 4-4:** Promedio de alturas de las especies arbóreas dominantes ..... 32
**Tabla 5-4:** Altura promedio de las especies arbóreas dominantes ..... 32
**Tabla 6-4:** Densidad de individuos ..... 33
**Tabla 7-4:** Densidad de la madera de las especies arbóreas dominantes ..... 34
**Tabla 8-4:** Factor forma de las especies arbóreas dominantes. ..... 35
**Tabla 9-4:** Características morfológicas de las especies arbóreas dominantes ..... 35
**Tabla 10-4:** Área basal por especie arbórea dominante ..... 36
**Tabla 11-4:** Volumen de la madera de las especies arbóreas dominantes ..... 37
**Tabla 12-4:** Biomasa forestal de las especies arbóreas dominantes ..... 38
**Tabla 13-4:** Biomasa radicular de las especies arbóreas dominantes ..... 39
**Tabla 14-4:** Biomasa foliar de las especies arbóreas dominantes ..... 40
**Tabla 15-4:** Biomasa forestal total de las especies arbóreas dominantes ..... 41
**Tabla 16-4:** Contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes ..... 42
**Tabla 17-4:** Contenido de carbono en cada individuo de acuerdo con cada especie arbórea dominante ..... 43

# Índice de Ilustraciones

**Figura 1-3:** Mapa de ubicación del AECM Runahurco ..... 18
**Figura 2-3:** Procedimiento para la estimación de carbono en especies arbóreas..... 20
**Figura 1-4:** Porcentaje de especies dominantes según su hábito ..... 29
**Figura 2-4:** Especies arbóreas por tipo de bosque ..... 31
**Figura 3-4:** Contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes..... 42
**Figura 4-4:** Contenido de carbono en cada individuo de las especies arbóreas dominantes44

# Índice de Abreviaturas

| | |
|---|---|
| **ACUS** | Área de Conservación y Uso Sustentable |
| **AECMR** | Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco |
| **GE** | Densidad de la madera |
| **GEI** | Gases de Efecto Invernadero |
| **IPCC** | Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático |
| **IVI** | Índice de Valor de Importancia |
| **IVIF** | Índice de Valor de Importancia y Frecuencia |
| **FAO** | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| **REDD+** | Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación |
| **PNUMA** | Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente |

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Como resultado del aprovechamiento no sostenible de los recursos que nos brinda el planeta, se ha evidenciado el aumento de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, incremento la temperatura media del planeta año tras año, en especial en las tres últimas décadas. (Murillo, Rivera & Castizo, 2018)

Desde el año 1880 al 2017, la temperatura media mundial ha incrementado 1 °C, es decir, 0.2 °C por década. Según los datos encontrados por la Organización Meteorológica Mundial, los años más calurosos de 1880 fueron el 2015,2016 y 2017, registrándose en este ultimo año una cifra récord de emisiones de gases de efecto invernadero.

Además, afirman que de 1901 a 2010 existió un incremento del nivel del mar de 19 cm, debido al derretimiento de los casquetes polares por el aumento de la temperatura, asimismo, se prevé que hasta el 2100 incremente de 19 a 58 cm, como producto del proceso de deshielo ártico que en febrero de 2018 registró 13.95 millones de $km^2$, con una disminución de 13.2 % por década, según reportes del Centro Nacional de Datos de Hielo y Nieve de la NASA. (Ojea, 2018)

La FAO (2006) declaró que: "la gestión forestal es fundamental para afrontar el cambio climático", la razón es que los bosques y el aumento de la temperatura están íntimamente ligados, el incremento de la temperatura modifica la pluviosidad de una zona y hace que los fenómenos climáticos extremos aparezcan con más frecuencia, al mismo tiempo, los bosques atrapan y almacenan dióxido de carbono contribuyendo a la mitigación del cambio climático, así que, su destrucción, explotación descontrolada e incendio de los mismos ocasiona que se liberen grandes cantidades de este mismo gas, principal causante del efecto invernadero.

Las respuestas al cambio climático se centran en afrontar sus causas, a través de implementar estrategias que incluyan la reducción de emisiones ocasionadas por la deforestación y degradación de los bosques, protegiendo así los sumideros de carbono y sustituyendo productos que generan alto impacto ambiental, por otro lado se destinan

acciones que reduzcan la vulnerabilidad de los bosques y de las poblaciones que de ellos subsisten, a través de la mitigación y adaptación del cambio climático promoviendo la gestión forestal sostenible. (FAO, 2017)

De tal forma que manteniendo los bosques saludables y en pie se ayudaría a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, consiguiendo que el incremento de temperatura global no sobrepase los 2 °C considerando que el gas de efecto invernadero es el dióxido de carbono. (REED+, 2016)

Una herramienta muy valiosa en la lucha contra el cambio climático es la gestión y manejo adecuado de las áreas protegidas, para proteger la biodiversidad los bines y servicios que brindan, absorbiendo las emisiones de gases de efecto invernadero, además de potencializar la fijación de carbono en la biomasa y necromasa forestal. (EUROPARC, 2020)

### 1.1. Planteamiento del problema

Hace 3,5 millones de años aproximadamente, en el plioceno, las concentraciones de $CO_2$ pasaron de unas 300 partes por millón (ppm) a más de 1000 ppm como consecuencia de la actividad volcánica ocasionando que el nivel del mar aumentara en 20 metros en relación a la actualidad, todo este proceso ocurrió en alrededor de 20.000 años, las actividades antropogénicas han ocasionado que el nivel de carbono en la atmósfera pase de 228 ppm en la era preindustrial a 407.8 ppm en el 2018, es decir, si este ritmo de incremento continúa, a finales de siglo los niveles de $CO_2$ alcanzaran a 1000 ppm en tan solo 80 años. (Rapley, 2019)

En Latinoamérica, el 46,4 % del territorio corresponde a bosques, aproximadamente 935,5 millones de hectáreas, mismas que representan el 22% del área boscosa total del planeta, según el informe: “El Estado de los bosques” (2018), emitido por la FAO es uno de los sectores en donde la deforestación es más avanzada, perdiendo entre 1990 y 2015, 96,9 millones de hectáreas debido a la actividad ganadera y la agropecuaria, principalmente. (Papaleo, 2019).

En el 2019, el IPCC publicó un informe que contiene los impactos del calentamiento global, en el que recalca la necesidad de realizar cambios rápidos, de gran alcance y sin precedentes, los daños causados por el calentamiento global contemplan un Océano Ártico

sin hielo, disminución de los arrecifes de coral en un 70 a 90 % si la temperatura del planeta incrementa en 1.5 °C. Indica también que se debe limitar el calentamiento global en la tierra y con ello la reducción de las emisiones netas de $CO_2$, uno de los principales gases causantes del efecto invernadero y calentamiento de la Tierra, en un 45% para 2030 con respecto los niveles del año 2010 y seguir avanzando hasta alcanzar el "cero neto" en el 2050 aproximadamente (IPCC, 2019)

"Los bosques son los pulmones de la tierra", la razón de esta frase es porque juegan un rol muy importante en los ciclos de carbono en la atmósfera, retienen del 70 al 90% del carbono y emiten oxígeno a través de la fotosíntesis, almacenando dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero en su estructura, es así que al deforestar los bosques causamos doble efecto negativo al planeta: disminuyendo la posibilidad de captar el carbono desde la atmósfera y provocando que el mismo que se encuentra secuestrado en las plantas, sea expulsado en forma de gas hacia la atmósfera (Samaniego, 2019).

Los ecosistemas forestales son los principales sumideros de carbono del planeta, siendo una alternativa de mitigación y estrategia para combatir el incremento en la concentración de $CO_2$ en la atmósfera. Los bosques son los ecosistemas terrestres más extensos, ocupando el 30% de la superficie terrestre del planeta.

En cuando al secuestro de carbono en la región, México es el país que más emisiones de $CO_2$ causa, ubicándose en el puesto número 13 del ranking mundial de emisiones de carbono, seguido de Brasil, Venezuela y Chile (Painter, 2014)

Nuestro país, se ubica en el puesto 76 del ranking mundial de emisiones de carbono hacia la atmósfera, esto, junto con el avance de la frontera agrícola y el crecimiento y presión de las urbes provocan la pérdida y cambios en la cobertura vegetal del suelo. En el año 2008, en el Ecuador, la vegetación natural fue de 14'123.637 ha. que correspondían al 57% del territorio nacional, la cual se dividía en bosque nativo con 11'307.627 ha, 1'380.755 ha. comprende los páramos, vegetación arbustiva 1'175.423 ha. y herbácea 259.832 ha. (MAE, 2014). Para el año 2014 las hectáreas de territorio cubiertas por bosque eran 12'883.459 ha, tierras agropecuarias de 8'719.157 ha. y de 2'423.764 ha. para vegetación arbustiva y herbácea (FAO, 2015); notándose una pédida de 1'240.178 ha.

Con el compromiso de conservar la biodiversidad y el acervo histórico cultural del país, se fundó en el año 1976, el Sistema Nacional de Áreas protegidas (Yánez, 2016); para su manejo requieren recursos que permitan alcanzar beneficios en términos de ingresos directos y servicios ecosistémicos, asegurando la provisión alimentaria para poblaciones locales, nacionales o incluso globales. Las áreas protegidas son creadas para mejorar el cuidado de las especies proporcionando beneficios como dotación de recursos a la humanidad, apoyo al cuidado del agua y aire, regulación de otros ecosistemas y conservar la cultura (Rubio, 2017).

En la selva amazónica se almacena un total de 109 660 millones de toneladas métricas de carbono, siendo uno de los mayores sumideros de carbono terrestre, allí radica su importancia de conservarlo y protegerlo de las afectaciones sufridas por la tala ilegal, minería, represas y otros proyectos agrícolas. (Jaramillo, 2014).

Los estudios realizados en proyectos de investigación biológica, el monitoreo de las especies y los resultados de la presente investigación, es decir el contenido de carbono de la cobertura vegetal del área, permitirán aportar con información de base que apoye la toma de decisiones en cuanto al manejo efectivo del AECM Runahurco y la agilización de los trámites pertinentes para ser integrado al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.

## 1.2.Objetivos

### *1.2.1. Objetivo General*

Estimar el contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco.

### *1.2.2. Objetivos Específicos*

- Realizar un levantamiento bibliográfico sobre los registros de especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco.
- Determinar las variables morfológicas y fisiológicas de las especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco necesarias para la estimación de la captura de carbono.

- Determinar la biomasa y el contenido de carbono de las especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco.

### 1.3. Justificación

El cambio climático es uno de los mayores problemas que enfrenta el planeta, las emisiones de gases de efecto invernadero han generado el aumento de temperatura, pues para el desarrollo de las actividades cotidianas de los seres humanos se quema combustible fósil dando lugar a la emisión de billones de toneladas de dióxido de carbono hacia la atmósfera ocasionando el cambio del clima en la Tierra, cuyas consecuencias ecológicas son imprevisibles. Todas las actividades antrópicas son causantes de desequilibrio ambiental, generando la disminución de bosques y el incremento de $CO_2$ en la atmósfera, es tal el impacto generado en el planeta, que por parte de la comunidad científica se habla de una nueva era geológica conocida como Antropoceno. (Perez, 2018)

Los bosques tienen la capacidad de absorber el $CO_2$ del aire y fijarlo en los árboles, atraves del proceso de fotosíntesis y a la vez, liberar $O_2$ hacia la atmósfera mitigando el incremento de la temperatura global .(Burbano, 2018)

Mediante el estudio del contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco (AECMR) se busca contribuir con información valida al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Gualaquiza, para aportar con parte de los requisitos que se necesitan para ser declarada como área protegida dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), de igual forma aporta a la planificación y manejo de la misma, fomentando su conservación y cuidado.

# CAPÍTULO II

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. Cambio Climático

El Cambio Climático es el efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), estos gases perduran en la atmósfera por mucho tiempo. La mayor parte de emisiones está formada por $CO^2$ producidas por la combustión de hidrocarburos y carbono para generar energía (Barros & Camilloni, 2020).

Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), el incremento de temperatura de la superficie terrestre y marina, la alteración de las precipitaciones, la modificación en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones son unas de las consecuencias del cambio climático. Se predice que para el siglo XXI la temperatura de la tierra incrementará en 2.6 y 4.8 °C y el ascenso del nivel de mar en 45 y 82 centímetros. Además, estas alteraciones contribuyen a que las precipitaciones en las latitudes altas del Ecuador aumenten, y que disminuya en las zonas subtropicales. América Latina es poseedor de los países más biodiversos del mundo entre ellos están Brasil, Ecuador, Colombia, México y Perú, en estos países se encontraron 178 regiones ecológicas que representan el 50 % de la diversidad del planeta.

Sin embargo, se predice que el cambio climático tendrá efectos directos sobre todos los ecosistemas del mundo. La biodiversidad se verá alterada significativamente con el deterioro ecológico de bosques y hábitats de zonas bajas como arrecifes coralinos y manglares, y los humedales, de la misma forma se presentará la extinción especies faunísticas (Uribe, 2015).

### 2.2. Deforestación

Durante los últimos 10.000 años los bosques fueron talados para favorecer el cultivo y el pastoreo, actividades que se relacionan directamente con el crecimiento poblacional, además al mismo tiempo la demanda maderera fue creciendo considerablemente. La deforestación en muchos países ha evolucionado alarmantemente desde la Revolución

industrial. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) la deforestación es la pérdida de bosques de manera desmedida que se da debido a la forma inescrupulosa en que la humanidad hace uso de los recursos para satisfacer sus necesidades mediante la tala para extraer madera, mediante el aumento de grandes extensiones de terreno para el cultivo, mediante la construcción de espacios rurales y urbanos, además de plagas y enfermedades en árboles, que hacen que los ecosistemas pierdan sus diversidad ecológica (Infobosques, 2016).

Según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), en el Ecuador, la deforestación es una de las problemáticas más grandes, pues en el año 2016 se contaba con 12’631.197 hectáreas de bosque nativo y en el año 2018, estos se redujeron considerablemente en 126.857 hectáreas. En resumen, en el periodo de 1990 a 2018 se perdieron alrededor de 2 millones de bosques vírgenes del Ecuador, pasando a ser uno de los primeros países en tener la mayor cantidad de deforestación anual (Paz, 2020).

## 2.3. Métodos para estimar contenido de carbono

Existen varios métodos para determinar el contenido de carbono de las especies forestales, a continuación, citamos dos de los métodos más utilizados:

### *2.3.1. Método directo o destructivo*

Consiste en colectar la biomasa de todos los árboles del área en estudio para secarla y pesarla, es muy utilizado en proyectos a pequeña escala debido al tiempo, recurso y mano de obra, no es recomendado para proyectos nacionales o a gran escala sino para proyectos locales (Fernandez, 2017).

### *2.3.2. Método indirecto*

Este método aplica ecuaciones alométricas las cuales relacionan las medidas del fuste con el material vegetal determinando el crecimiento del árbol con la captura de carbono que realiza cada individuo, las ecuaciones alométricas nacen a partir del método directo. (Fernández, 2017)

Según Fernández (2017) se deben seguir los siguientes parámetros para la aplicación de los distintos métodos:

- Definición del área de estudio, siendo necesaria para determinar si el proyecto es a pequeña o gran escala en dependencia de las necesidades y objetivos.
- Selección de individuos a inventariar, estableciendo criterios como altura, diámetro, DAP, etc., para seleccionar los individuos a medir.
- Marcación y medición de árboles, se realiza a cada individuo con ayuda de placas de aluminio, tiza o marcas de pintura.

Estas variables pueden cambiar en dependencia de los objetivos que se plantean en el proyecto, pero generalmente son las ya mencionadas: el diámetro a la altura del pecho (DAP), la altura y la colecta de muestras.

### 2.4. Dióxido de Carbono ($CO_2$)

La Pontificia Universidad Católica de Chile (2017), define al dióxido de carbono como: "un gas de origen natural, subproducto de la combustión de combustibles fósiles, quema de biomasa y de los cambios del suelo y otros procesos industriales"; se sabe además, que es el principal gas responsable del efecto invernadero y consecuentemente del aumento de temperatura ocasionado por las actividades humanas y que afectan al equilibrio térmico de la Tierra, por ende se lo utiliza como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que se le califica con un potencial de calentamiento global de 1. (Chile, 2017)

### 2.5. $CO_2$ en ecosistemas

El carbono en los ecosistemas se encuentra incluido en el bioma vegetal o en el suelo como sustancias húmicas, un 50% del carbono encontrado en los ecosistemas se encuentra en el suelo y los bosques. Los ecosistemas que captan más carbono son los ecosistemas tropicales a diferencia de los bosques templados. La vegetación arbórea cuenta con el 70% del carbono almacenado del planeta, los demás ecosistemas son menos importantes debido la gran presencia de matorrales, pastizales y arbustos. Entre los ecosistemas más importantes también se encuentran las regiones tropicales pluviales, los bosques tropicales de estación seca, los bosques de zonas tropicales y, por último, los bosques boreales. Debido a que el carbono capturado se encuentra en la parte aérea de los árboles y también en el suelo o necromasa, los ecosistemas se fortalecen al aprovechar estos recursos (Gallardo & Agustín).

## 2.6. Estimación de carbono en la biomasa vegetal

La determinación de la biomasa vegetal es de gran importancia para conocer el carbono almacenado en el ecosistema forestal. Se conocen diferentes métodos para estimar la biomasa, estos métodos deben incluir las hojas, ramas, raíces, materia vegetal muerta; con el objetivo de conocer la cantidad de carbono en la biomasa total. También se bebe analizar el estudio de carbono en los suelos, además de los factores de expansión de biomasa para estimar el carbono total de los ecosistemas. (Fonseca, 2017).

Se considera que más del 50% de la biomasa de un árbol es carbono y para su estimación se realizan cálculos que usan una fracción de 0,50 para biomasa área y para la masa de raíces una fracción de 0,47 de acuerdo a los valores obtenidos en el IVI y el IVIF para calcular la fracción de carbono según la información obtenida. (Ruano, 2019).

## 2.7. Áreas Protegidas

Las Áreas protegidas en la actualidad cuentan con el 17 % de los bosques naturales del mundo, son un pilar fundamental para el establecimiento de las estrategias nacionales de conservación de ecosistemas forestales, estas áreas han aumentado 200 millones de hectáreas desde 1990 en especial en zonas tropicales gracias a la lucha contra la pérdida de la biodiversidad; con la finalidad de asegurar sus servicios ecosistémicos como suministros para la humanidad (FAO, 2019).

Las áreas protegidas son espacios geográficos definidos, reconocidos y gestionados legalmente con el fin de conseguir la preservación a largo plazo de los ecosistemas, sus servicios y sus valores culturales. También son superficies terrestres destinados la conservación de la diversidad biológica, así como de sus recursos naturales a través de medios jurídicos y legales. En el estado ecuatoriano el 20% del territorio nacional es abarcado por áreas protegidas, el Patrimonio de Áreas Naturales del estado (PANE) está encargada de proteger la riqueza paisajística el territorio continental e insular dando lugar al turismo y la conservación (MAAE, 2020).

## 2.8. Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco (AECMR)

Se encuentra situada en la provincia amazónica de Morona Santiago, cantón Gualaquiza; al sur de la Amazonía y en las cordilleras del Cóndor – Kutukú (Profafor, 2019).

Creada mediante Ordenanza Municipal el 19 de junio del 2015 y modificada el 16 de abril del 2019, es de gran importancia para el cantón Gualaquiza debido que cumple con los criterios de conservación, estatus legal y ordenamiento territorial, siendo parte del corredor Sangay – Podocarpus, que contiene ecosistemas frágiles y amenazados como los bosques y páramos, además de flora y fauna amenazada y fuente de recursos hídricos para los habitantes de la zona (Profafor, 2018)

Territorialmente se encuentra constituida por dos bloques dentro del Área de Conservación y Uso Sustentable (ACUS) Runahurco (creada el 16 de abril del 2019). Cuenta con una superficie total de 42.051,41 hectáreas, es de gran importancia para la conservación de la biodiversidad local ya que tiene seis tipos de ecosistemas em los que se incluyen al herbazal de páramo y bosques siempreverde de montaña del sur de la cordillera oriental de los Andes (Tabla 1-2), constituyéndose como ecosistemas frágiles, los cuales conservan 337 especies de plantas agrupadas en 69 familias, 26 de ellas se encuentran en el Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador, en cuanto a fauna reportan 159 especies, agrupadas en 39 familias y 15 órdenes (Profafor, 2019).

**Tabla 1-2:** Ecosistemas presentes en el AECM Runahurco

| Tipos de ecosistemas | Superficie (ha) | Porcentaje (%) |
|---|---|---|
| Arbustal siempre verde y herbazal del páramo | 2.123,30 | 5,05 |
| Bosque siempre verde montano alto del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes | 4.810,50 | 11,44 |
| Bosque siempre verde montano bajo del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes | 3.398,87 | 8,08 |
| Bosque siempre verde montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes | 27.139,31 | 64,54 |
| Bosque siempre verde pie montano del Sur de la Cordillera Oriental de los Andes | 172,48 | 0,41 |
| Herbazal del Páramo | 4.114,96 | 9,79 |
| Intervención | 291,98 | 0,69 |
| **Total** | **42.051,41** | **100,00** |

**Fuente:** Plan de Manejo AECMR

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En relación con el uso de la tierra en el interior del AECM Runahurco y tomando como referencia información del MAGAP (2016), el 82,26% de la superficie está dedicada a la preservación de bosques nativos y el 17,70% corresponde a vegetación de páramo. Las áreas dedicadas para posibles actividades agropecuarias principalmente pastizales se ubican en la parroquia Chigüinda con el 0,97%, del total de la extensión del AECMR (Profafor, 2019).

Los seis ecosistemas representan el 99,31% del área protegida, superficie que garantiza la protección de la flora, fauna silvestre y sus paisajes, existe también un porcentaje del 0,69% que corresponde al área intervenida por actividades ganaderas principalmente (Profafor, 2019).

Dentro de los valores de conservación se establecieron los bosques siempreverdes y el páramo; además de objetos de conservación como los mamíferos grandes dentro de los que se encuentran el oso de anteojos, el tapir de montaña y el jaguar (Profafor, 2018).

# CAPÍTULO III

## 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 3.1. Localización

El Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco (AECMR), se encuentra localizada en la Amazonía ecuatoriana en las estribaciones de la Cordillera de los Andes y debe su nombre al cerro Runahurco, símbolo del cantón Gualaquiza, constituida por dos bloques dentro del Área de Conservación y Uso Sustentable (ACUS) Runahurco incluyendo a las parroquias rurales de Amazonas, San Miguel de Cuyes, Chiguinda, El Rosario, Bermejos, El Ideal; y la parroquia urbana de Gualaquiza y cuenta con una superficie de 42.051,41 hectáreas. (Figura 1-3)

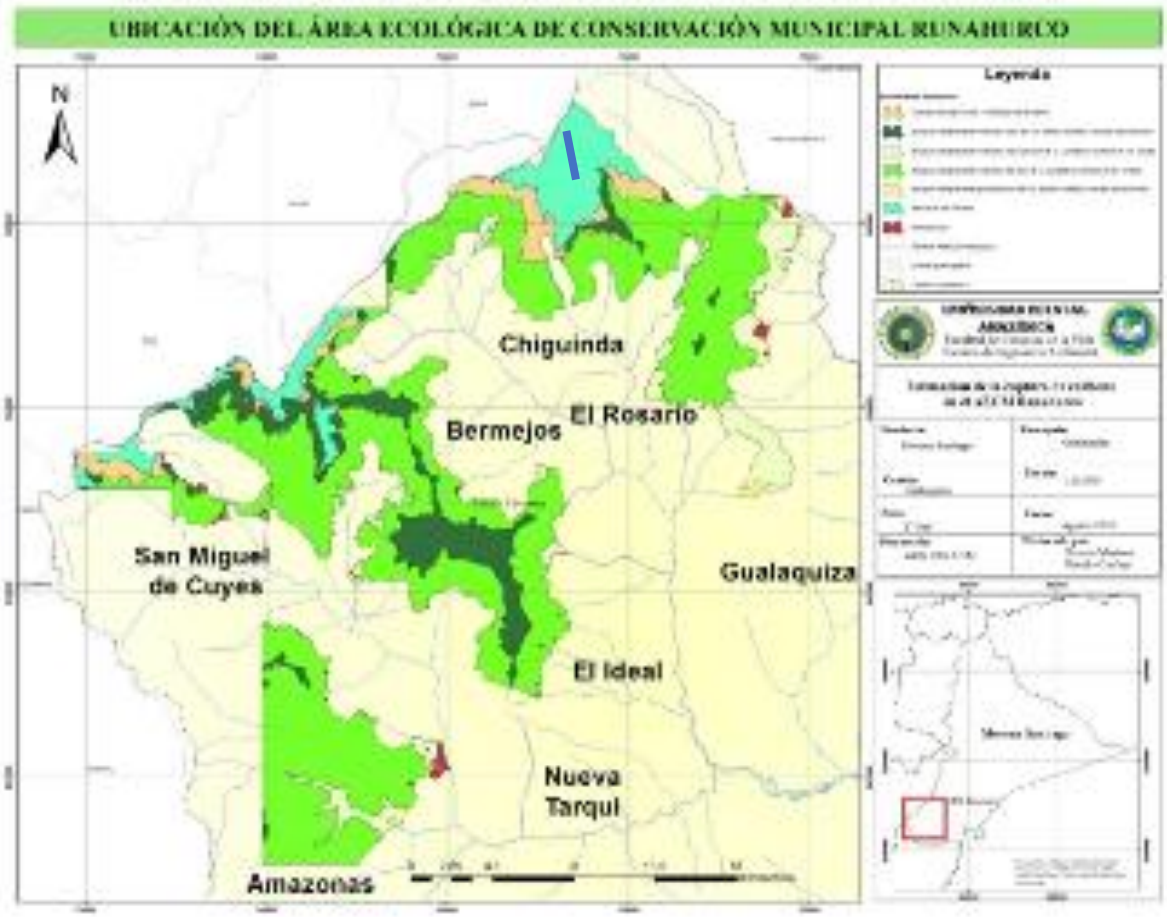


**Figura 1-3**: Mapa de ubicación del AECM Runahurco
**Fuente:** Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador
**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En el AECMR, la temperatura varía desde los 4°C en los páramos ubicados en la Parroquia El Rosario a 4120 m.s.n.m. y los 20°C, en la parte más baja en la parroquia La Florida situada a 1320 m.s.n.m., esto sucede debido a la incidencia de las corrientes de aire de la cordillera de los Andes y las provenientes de la parte amazónica.

## 3.2. Tipo de investigación

### *3.2.1. Diseño de investigación*

Se realizó un diseño de investigación exploratorio cualitativo - documental debido a que se centró en revisar información secundaria para obtener datos que permitieron la estimación del contenido carbono en las especies arbóreas dominantes del área ecológica. Se analizaron distintas fuentes cuidadosamente seleccionadas para garantizar la confiabilidad de los datos.

## 3.3. Métodos de investigación

Se realizó la revisión de información bibliográfica referente a la metodología que sirvió para estimar el contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes.

Para el cálculo del contenido de carbono en las especias arbóreas dominantes se adaptó el proceso utilizado por Arévalo (2015), quien lo empleó para estimar el carbono en el estrato arbóreo del bosque natural Tinajillas, cantón Limón Indanza, provincia de Morona Santiago.

En la figura 2-3, se presenta a detalle el proceso empleado en esta investigación, el cual permitió cumplir los objetivos planteados al inicio de esta.

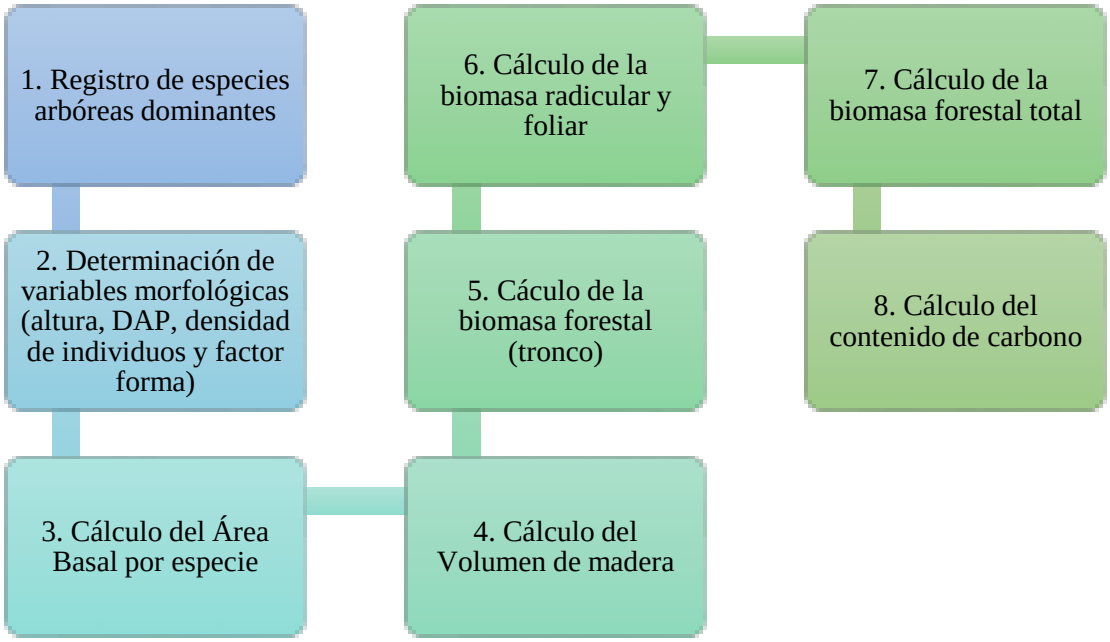


**Figura 2-3:** Procedimiento para la estimación de carbono en especies arbóreas

**Fuente**: Adaptado de Arévalo (2015)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

A continuación, se describe el detalle cada paso del método de la investigación

### *3.3.1. Registro de especies arbóreas dominantes*

Para determinar las especies arbóreas dominantes se siguieron los siguientes pasos:

#### *3.3.1.1. Especies dominantes por transecto de muestreo en el AECM Runahurco*

El listado de especies dominantes por transecto se obtuvo de la caracterización del Área Ecológica De Conservación Municipal Runahurco contenido en la consultoría: "Apoyo en la Declaración del AECMR al SNAP" realizada por el equipo Profafor en el año 2019, misma que como uno de sus resultados arrojó un listado de las especies dominantes en toda el área de conservación determinada en base al Índice de Valor de Importancia (IVI) calculado para cada especie en ocho puntos de muestreo.

Esta caracterización utilizó la metodología propuesta por Gentry (1995), la cual está basada en 8 transectos lineales de 2m x 50m para determinar especies arbóreas y arbustivas, considerando aquellas especies con DAP mayor a 5cm y; debido a la variabilidad del suelo y composición florística, en las zonas de páramo se realizaron transectos lineales de 1m x 20m con el fin de caracterizar la presencia o ausencia de especies herbáceas dentro de los mismos.

En la tabla 1-3 se puede observar la ubicación de los ocho puntos de muestreo.

**Tabla 1-3:** Transectos por puntos de muestreo AECM Runahurco

| N° | Punto de muestreo |
|---|---|
| 1 | Páramo de Moriré |
| 2 | Páramo del Matanga |
| 3 | Bosque de Transición – sector Boradel |
| 4 | Bosque Piemontano – Río Guabi Alto |
| 5 | Zona de Cultivos |
| 6 | Zona Baja Paraíso |
| 7 | Bosque Paraíso |
| 8 | Mirador Paraíso |

**Fuente:** Plan de Manejo AECMR

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

#### *3.3.1.2. Clasificación de especies dominantes según su hábito.*

Se clasificaron las especies dominantes en función a su hábito, siendo este de tres tipos: arbóreas, arbustivas o herbáceas.

#### *3.3.1.3. Registro de especies arbóreas dominantes en el AECM Runahurco*

Finalmente, se agruparon a aquellas especies cuyo hábito corresponde a arbóreas, consolidándose la lista de especies arbóreas dominantes del AECM Runahurco.

### *3.3.2. Determinación de las variables morfológicas y fisiológicas de las especies arbóreas dominantes del AECM Runahurco*

#### *3.3.2.1. Altura (h)*

Se determinó mediante el cálculo de la media aritmética en base a datos de alturas de las mismas especies ubicadas en ecosistemas similares, mediante la revisión de diferentes fuentes bibliográficas como Herbarios e Investigaciones similares.

Se utilizó también el Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental propuesto por el Ministerio de Ambiente del Ecuador en el año 2013 (MAE, 2013) del cual se obtuvo la altura que alcanzan los ecosistemas en los que están presentes las especies de interés.

Para calcular la altura promedio se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Ec (1)}\ (h\ promedio) = (h1 + h2 + h3)/3$$

Donde:

$h1, h2\ y\ h3$: $representan\ alturas\ recopiladas\ de\ diferentes\ fuentes\ bibiográficas$

$h\ promedio$: $altura\ final$

#### *3.3.2.2. DAP*

Este dato fue sistematizado por la consultoría realizada por el equipo Profafor en la caracterización del Área Ecológica De Conservación Municipal Runahurco, valor que fue necesario para el cálculo del área basal de las especies arbóreas dominantes.

#### 3.3.2.3. *Densidad de individuos*

Este dato fue sistematizado por la consultoría realizada por el equipo Profafor en la Caracterización Del Área Ecológica De Conservación Municipal Runahurco.

#### *3.3.2.4. Densidad de la madera*

Se obtuvo de la siguiente manera:

- Revisión de densidades de la madera propuesta por FORESTAL MADEREDO (2016).
- Revisión de la clasificación de la madera según su densidad realizada por la Asociación Española de Comercio e Industria de la Madera (AEIM, 2016).
- Para el caso de las especies *Graffenrieda emarginata, Inga laurina* (Sw)*, Clusia sp., Chrysoclamys membranaceae, Cyathea caracasana y Clusia ducoides* se utilizó el valor ponderado para la densidad el cual está basado en la media aritmética de especies conocidas de acuerdo con la tabla 2-3 adaptada de este autor (Brown & FAO,1998).

**Tabla 2-3:** Densidad para especies arbóreas por región

| Región tropical | Media | Valores habituales |
|---|---|---|
| África | 0.56 | 0.50 – 0.79 |
| América | 0.60 | 0.50 – 0.69 |
| Asia | 0.57 | 0.40 – 0.69 |

**Fuente:** Brown & FAO, 1998

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

#### *3.3.2.5. Factor forma*

Se tomaron como referencia los valores de la investigación de Túqueres (2016), en la que señala que el factor forma se obtuvo a partir de la revisión bibliográfica del Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, la revisión de fotografías en colecciones de herbarios y fotografías registradas en trabajos de investigación. (Tabla 3-3).

**Tabla 3-3:** Ponderados para factor forma

| Especie | Factor forma |
|---|---|
| Latifoliadas | 0,5 |
| Coníferas | 0,45 |

**Fuente:** Tomado de (Túqueres, 2016)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

### *3.3.3. Determinación de la biomasa y el contenido de carbono*

#### *3.3.3.1. Área basal por especie (AB)*

El área basal por especie se calculó mediante la fórmula propuesta por la IPCC (Russo, 2009):

$$\text{Ec (2)} \quad AB = л\frac{DAP^2}{4}$$

Donde:

$$AB = área\ basal\ (^{m^2}/_{ha})$$

$$\frac{л}{4} = constante = \frac{3.1416}{4}$$

$$DAP^2 = diámetro\ a\ la\ altura\ del\ pecho\ (m)$$

#### 3.3.3.2. *Volumen de la madera*

Se calculó mediante la aplicación de la ecuación:

$$\text{Ec (3)}\ V = AB * H * ff$$

Donde:

$$AB = Área\ basal\ (m^2)$$

$$H = altura\ total\ del\ árbol\ (m)$$

$$ff = factor\ forma\ (0.5\ ó\ 0.45)$$

### *3.3.4. Determinación de la biomasa y contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes del AECM Runahurco*

#### *3.3.4.1. Biomasa forestal de las especies arbóreas dominantes*

El valor de la biomasa se obtuvo mediante la ecuación:

$$\text{Ec (4) } Bf = Volumen * GE$$

Donde:

$$Bf = biomasa\ forestal\ (toneladas)$$

$$Volumen: Volumen\ de\ la\ madera\ de\ las\ especies\ arbóreas\ dominantes$$

$$GE = densidad\ de\ la\ madera\ \left(\frac{ton}{m^3}\right)[0.5]$$

#### *3.3.4.2. Biomasa radicular y foliar*

Se consideraron también la biomasa radicular y foliar del árbol, las cuales se determinaron mediante las siguientes ecuaciones:

a) $\text{Ec (5) } Braíces = Bf * 0.30$

Donde:

$$B\ raíces = biomasa\ radicular$$

$$Bf = biomasa\ del\ tronco$$

$$0.30 = estimado\ de\ contenido\ de\ biomasa\ en\ las\ raíces\ (30\%)(IPCC)$$

b) $\text{Ec (6) } Bfoliar = Bf * 0.20$

Donde:

$$Bfoliar = biomasa\ foliar$$

$$Bf = biomasa\ del\ tronco$$

$$0.20 = estimado\ de\ contenido\ de\ biomasa\ en\ la\ copa\ de\ los\ árnoles\ (20\ \%)(IPCC)$$

#### *3.3.4.3. Biomasa forestal total de las especies arbóreas dominantes*

Se sumaron los tres tipos de biomasa calculados y de esta manera se obtuvo el valor de biomasa total del árbol, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Ec (7) } B = Bf + Br + Bfoliar$$

Donde:

$$B = Biomasa\ de\ todo\ el\ árbol$$

$$Bf = Biomasa\ del\ tronco$$

$$Br = Biomasa\ radicular$$

$$Bfoliar = Biomasa\ foliar$$

#### *3.3.4.4. Cálculo del contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes*

Finalmente se estimó el contenido de carbono almacenado en las especies dominantes arbóreas multiplicando la biomasa total por el valor de conversión constante 0.5 propuesto por el IPCC, con la siguiente ecuación:

$$\text{Ec (8) } C = B * Fc$$

Donde:

$$C = carbono\ en\ toneladas$$

$$B = biomasa\ del\ árbol$$

$$Fc = fracción\ de\ carbono\ contenida\ en\ las\ especies\ [0.5]$$

# CAPÍTULO IV

# 4. RESULTADOS

## 4.1. Registro de especies arbóreas dominantes

### *4.1.1. Especies dominantes por transecto de muestreo en el AECM Runahurco*

Las especies dominantes se obtuvieron en base al Índice de Valor de Importancia, estas especies dominantes y su frecuencia se registran en la tabla 1-4.

**Tabla 1-4:** Especies dominantes por transecto

| Transecto | Familia | Especie | Frecuencia |
|---|---|---|---|
| 1 | Alstroemeriaceae | *Bomarea glaucescens* | 15 |
| | Poaceae | *Cortaderia sericantha* | 12 |
| | Asteraceae | *Loricaria ferruginea* | 10 |
| 2 | Asteraceae | *Ginoxys buxifolia* | 5 |
| | Rubiaceae | *Nertera granadiensis* | 5 |
| | Asteraceae | *Chuquiragua jussieui* | 5 |
| 3 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 8 |
| | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 7 |
| | Melastomastaceae | *Miconia pligeriana* | 7 |
| 4 | Fabaceae | *Inga laurina* | 4 |
| | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 4 |
| | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 4 |
| 5 | Heliconiaceae | *Heliconia rostrata* | 22 |
| | Musaceae | *Musa acuminata* | 19 |
| | Poaceae | *Bambusa angustifolia* | 18 |
| 6 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 2 |
| | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 2 |
| | Clusiaceae | *Chrysoclamys membranaceae* | 2 |
| 7 | Cyatheace | *Cyathea caracasana* | 6 |
| | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 4 |
| 8 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 3 |
| | Myrtaceae | *Myrcianthes myrsinoides* | 3 |
| | Clusiaceae | *Clusia ducoides* | 3 |
| **Total 8** | **Total 15** | **Total 22** | **Total 170** |

**Fuente**: Equipo Profafor (2019)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

Las especies con mayor presencia en el área muestreada son *Heliconia rostrata* con 22 individuos encontrados, *Musa acuminata* 19 individuos *y Bambusa angustifolia* 18 individuos.

### *4.1.2. Clasificación de especies dominantes según su hábito (arbóreo, arbustivo, herbáceo)*

Se registraron tres tipos de hábito (arbóreo, arbustivo y herbáceo), en la tabla 2-4 se presentan las especies dominantes clasificadas según el tipo de hábito.

**Tabla 2-4:** Clasificación de especies dominantes según su hábito

| N° | Familia | Especie | Hábito |
|---|---|---|---|
| 1 | Alstroemeriaceae | *Bomarea glaucescens* | herbáceo |
| 2 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | arbóreo |
| 3 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | arbóreo |
| 4 | Asteraceae | *Loricaria ferruginea* | arbustivo |
| 5 | | *Ginoxys buxifolia* | arbustivo |
| 6 | | *Chuquiragua jussieui* | arbustivo |
| 7 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | arbóreo |
| 8 | | *Chrysoclamys membranaceae* | arbóreo |
| 9 | | *Clusia ducoides* | arbóreo |
| 10 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | arbóreo |
| 11 | Heliconiaceae | *Heliconia rostrata* | herbáceo |
| 12 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | arbóreo |
| 13 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | arbóreo |
| 14 | | *Miconia pligeriana* | arbóreo |
| 15 | Fabaceae | *Inga laurina* | arbóreo |
| 16 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | arbóreo |
| 17 | Musaceae | *Musa acuminata* | herbáceo |
| 18 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | arbóreo |
| 19 | | *Myrcianthes myrsinoides* | arbóreo |
| 20 | Poaceae | *Cortaderia sericantha* | herbáceo |
| 21 | | *Bambusa angustifolia* | herbáceo |
| 22 | Rubiaceae | *Nertera granadiensis* | herbáceo |
| | **Total 15** | **Total 22** | **Total 3** |

**Fuente**: Equipo Profafor (2019)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

*Heliconia rostrata, Musa acuminata y Bambusa angustifolia* son las herbáceas más abundantes con 22, 19 y 18 individuos respectivamente, en los arbustos la más abundante es

*Loricaria ferruginea* (10 individuos) y dentro del hábito arbóreo, las que tienen mayor abundancia son *Wettinia maynensis* con 12 individuos y *Miconia pligeriana* con 7 individuos.

El porcentaje de hábito herbáceo representa el 53 % con 91 individuos, seguido del hábito arbóreo con 35%, es decir, 59 individuos, por último, el hábito arbustivo con 12% y 20 individuos. (Figura 1-4)




**Figura 1-4:** Porcentaje de especies dominantes según su hábito

**Fuente:** Equipo Profafor

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

### *4.1.3. Registro de especies arbóreas dominantes en el AECM Runahurco*

En la tabla 3-4, se presenta el registro de especies de los árboles dominantes según su familia y frecuencia.

**Tabla 3-4:** Especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Frecuencia |
|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 2 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 12 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 2 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 2 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 3 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 3 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 6 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 7 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 7 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 4 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 4 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 4 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 3 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **Total 59** |

**Fuente:** Equipo Profafor (2019)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

El hábito herbáceo está representado por un total de 59 individuos distribuidos en nueve familias y 13 especies, siendo las más abundantes *Wettinia maynensis* (12), *Graffenrieda emarginata* y *Miconia pligeriana* con siete individuos.

### *4.1.4. Especies arbóreas por punto de muestreo*

Los puntos de muestreo, para la implementación de los transectos, se ubicaron en diferentes tipos de bosques; las especies arbóreas fueron muestreadas en cinco de los ocho transectos, éstos son: Bosque de Transición, Bosque Piemontano, Zona Baja Paraíso, Bosque Paraíso y Mirador Paraíso.




**Figura 2-4:** Especies arbóreas por tipo de bosque

**Fuente:** Equipo Profafor (2019)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la figura 2-4, se puede observar las especies arbóreas dominantes por tipo de bosque, el Bosque de Transición correspondiente al transecto 3 tiene la mayor cantidad de especies arbóreas dominantes con un total de 26 individuos, el Bosque Piemontano (transecto 4) cuenta con 8 individuos, el Bosque de la Zona Baja Paraíso (transecto 6) cuenta con 4 individuos arbóreos dominantes, el Bosque Paraíso (transecto 7) cuenta con 12 individuos y el Bosque Mirador Paraíso (transecto 8) presentó 9 individuos arbóreos dominantes. Es decir, las especies arbóreas dominantes se representan en cinco de los ocho transectos muestreados.

## 4.2. Determinación de las variables morfológicas y fisiológicas

### *4.2.1. Altura*

Una vez obtenidas las alturas de tres registros consultados, se calculó la altura promedio mediante la aplicación de la media aritmética (Ec1).

En las siguientes ecuaciones se presenta el proceso de cálculo de la altura para dos especies arbóreas dominantes *(Wettinia maynensis y Graffenrieda emarginata)*, mismo que fue aplicado en todas las demás especies arbóreas dominantes que fueron en total 13.

**Tabla 4-4:** Promedio de alturas de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Altura (m) | | | h (promedio) (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | h1 | h2 | h3 | |
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 5 | 7 | 8 | 6,7 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 8 | 9 | 12 | 9,7 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 11 | 20 | 15 | 15,3 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 20 | 30 | 25 | 25 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 15 | 11 | 3 | 9,7 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 6 | 12 | 20 | 12,7 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 10 | 30 | 20 | 20 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 8 | 8 | 12 | 9,3 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 15 | 15 | 15 | 15 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 15 | 20 | 20 | 18,3 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 4 | 20 | 15 | 13 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 4 | 20 | 22,5 | 15,5 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 6 | 14 | 4 | 8 |

**Fuente:** Recopilación bibliográfica

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

Los resultados de la altura promedio consolidados de las especies arbóreas dominantes se presentan en la tabla 5-4.

**Tabla 5-4:** Altura promedio de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | h (promedio) |
|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 6,7 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 9,7 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 15,3 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 25 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 9,7 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 12,7 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 20 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 9,3 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 15 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 18,3 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 13 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 15,5 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 8 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **178,2** |

**Fuente:** Recopilación bibliográfica

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

Las especies con mayor altura son *Ocothea bentamiana* con 20 m seguida por *Inga laurina* con 18.3 m; las especies con menor altura son *Annona cf. negleta* con 6.7 m y *Myrcianthes myrsinoides* con 8 m de altura promedio.

### *4.2.2. Densidad de individuos de las especies arbóreas dominantes*

En la tabla 6-4 se presenta la densidad de individuos por superficie muestreada (800 $m^2$).

**Tabla 6-4:** Densidad de individuos

| N° | Familia | Especie | N° de individuos |
|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 2 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 12 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 2 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 2 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 3 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 3 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 6 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 7 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 7 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 4 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 4 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 4 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 3 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **59** |

**Fuente:** Equipo Profafor

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

La especie con mayor abundancia de individuos arbóreos dominantes son *Wettinia maynensis* con 12 individuos seguida por *Graffenrieda emarginata* y *Miconia pligeriana* con 7 individuos cada una. Las especies de menor individuos son *Annona cf. Negleta*, *Clusia sp.* y *Chrysoclamys membranaceae* con 2 individuos.

### *4.2.3. Densidad de la madera de las especies arbóreas dominantes*

Los datos para esta variable fueron obtenidos mediante revisión bibliográfica y la tabla de la densidad para especies arbóreas por región propuesta por la Brown & FAO (1998).

En la tabla 7-4 se presentan los valores de esta característica.

**Tabla 7-4:** Densidad de la madera de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Densidad de la madera (gr/cm$^3$) |
|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 0,273 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 0,66 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,69 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 0,69 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,69 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,69 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,63 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,69 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 0,644 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 0,69 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 0,761 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 0,768 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,451 |

**Fuente:** Recopilación bibliográfica, Brown & FAO (1998)

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

La densidad de la madera es medida en unidades de gramos por centímetro cúbico (gr/cm$^3$), las especies que presentaron mayor densidad corresponden a *Blepharocalyx salicifolium* con 0.768 gr/cm$^3$ y la *Maclura tinctoria* con 0.761 gr/cm$^3$, en cuanto a la especie con menor densidad fue *Annona cf. Negleta* con 0.273 gr/cm$^3$.

### *4.2.4. Factor forma de las especies arbóreas dominantes*

El factor forma de las especies arbóreas y su respectivo valor se obtuvo de Túqueres (2016), basado en el IPCC.

**Tabla 8-4:** Factor forma de las especies arbóreas dominantes.

| N° | Familia | Especie | Factor forma | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Forma | Valor |
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | latifoliada | 0,5 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | latifoliada | 0,5 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | latifoliada | 0,5 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | latifoliada | 0,5 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | latifoliada | 0,5 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | latifoliada | 0,5 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | latifoliada | 0,5 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | latifoliada | 0,5 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | latifoliada | 0,5 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | latifoliada | 0,5 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | latifoliada | 0,5 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | latifoliada | 0,5 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | latifoliada | 0,5 |

**Fuente:** Túqueres, 2016

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la tabla 9-4 se puede observar, en resumen, los valores para la altura, densidad de individuos, densidad de la madera y el valor del factor forma de cada especie arbórea dominante.

**Tabla 9-4:** Características morfológicas de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | N° de ind. | h (m) | Ge (gr/cm$^3$) | Factor forma |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 2 | 6,7 | 0,273 | 0,5 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 12 | 9,7 | 0,66 | 0,5 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 2 | 15,3 | 0,69 | 0,5 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 2 | 25 | 0,69 | 0,5 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 3 | 9,7 | 0,69 | 0,5 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 3 | 12,7 | 0,69 | 0,5 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 6 | 20 | 0,63 | 0,5 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 7 | 9,3 | 0,69 | 0,5 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 7 | 15 | 0,644 | 0,5 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 4 | 18,3 | 0,69 | 0,5 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 4 | 13 | 0,761 | 0,5 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 4 | 15,5 | 0,768 | 0,5 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 3 | 8 | 0,451 | 0,5 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **59** | **178,2** | **8,327** | |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la tabla 9-4 se presenta la caracterización morfológica de las especies arbóreas dominantes en el área de estudio, el total de individuos arbóreos dominantes es de 59 individuos, la altura promedio total es de 178.2 m, la densidad de la madera total es de 8.327 gr/cm$^3$ en la identificación de factor forma se determinó que todas las especies arbóreas dominantes estudiadas son latifoliadas tomando un valor de 0.5 y el total del área basal es de 2.29 m$^2$.

## 4.3. Cálculo de biomasa y contenido de carbono

### *4.3.1. Área basal por especie arbórea dominante*

Los valores calculados para el área basal de cada una de las especies arbóreas dominantes mediante la ecuación propuesta por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) (Russo, 2009): (Ec2) se presentan a continuación:

**Tabla 10-4:** Área basal por especie arbórea dominante

| N° | Familia | Especie | Área basal |
|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 0,094 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 0,385 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,102 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 0,228 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,048 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,094 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,057 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,126 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 0,252 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 0,21 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 0,408 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 0,252 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,034 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **2,29** |

**Fuente:** Equipo Profafor

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

### *4.3.2. Volumen de la madera de las especies arbóreas dominantes*

Se calculó el volumen de la madera para la especie *Wettinia maynensis* y *Graffenrieda emarginata*, mediante la ecuación propuesta en la metodología, procedimiento que se repitió para todas las especies arbóreas dominantes cuyos resultados se muestran en la tabla 11-4.

**Tabla 11-4:** Volumen de la madera de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | h (m) | Factor forma | AB ($m^2$/ha) | Volumen ($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 6,7 | 0,5 | 0,094 | 0,313 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 9,7 | 0,5 | 0,385 | 1,861 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 15,3 | 0,5 | 0,102 | 0,782 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 25 | 0,5 | 0,228 | 2,85 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 9,7 | 0,5 | 0,048 | 0,232 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 12,7 | 0,5 | 0,094 | 0,595 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 20 | 0,5 | 0,057 | 0,57 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 9,3 | 0,5 | 0,126 | 0,588 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 15 | 0,5 | 0,252 | 1,89 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 18,3 | 0,5 | 0,21 | 1,925 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 13 | 0,5 | 0,408 | 2,652 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 15,5 | 0,5 | 0,252 | 1,953 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 8 | 0,5 | 0,034 | 0,136 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **178,2** | | **2,29** | **16,347** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

Como resultado, se obtuvo un volumen total de 16,347 $m^3$, siendo las especies Chrysoclamys *membranaceae* con 2.75 $m^3$ y *Maclura tinctoria* con 2.65 $m^3$ las que representan el mayor volumen de madera. Las especies con menor densidad son: *Myrcianthes myrsinoides* con 0.136 $m^3$ y *Clusia ducoides* con 0.232 $m^3$

### 4.3.3. *Biomasa forestal del tronco de las especies arbóreas dominantes*

Se calculó la biomasa forestal del tronco de las especies *Wettinia maynensis* y *Graffenrieda emarginata* por medio de la siguiente ecuación propuesta por el IPCC, el mismo que se aplicó a todas las especies arbóreas dominantes y los resultados se observan en la tabla 12-4.

**Tabla 12-4:** Biomasa forestal de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Ge | Volumen ($m^3$) | Bf |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 0,273 | 0,313 | 0,085 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 0,660 | 1,861 | 1,228 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,690 | 0,782 | 0,540 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 0,690 | 2,85 | 1,967 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,690 | 0,232 | 0,160 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,690 | 0,595 | 0,411 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,630 | 0,57 | 0,359 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,690 | 0,588 | 0,406 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 0,644 | 1,89 | 1,217 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 0,690 | 1,925 | 1,328 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 0,761 | 2,652 | 2,018 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 0,768 | 1,953 | 1,500 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,451 | 0,136 | 0,061 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **8,327** | **16,347** | **11,280** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

Las especies que mayor biomasa forestal presentan son la *Chrysoclamys membranaceae* con 1.967 y la *Blepharocalyx salicifolium* con 1.5 y las especies con menor biomasa forestal con las *Myrcianthes myrsinoides* y *Annona cf. negleta* con 0,061 y 0.085 respectivamente. El total de biomasa forestal presente en el área de estudio es de 11.280.

### *4.3.4. Biomasa radicular y foliar de las especies arbóreas dominantes*

Se determinó la biomasa radicular y foliar de las especies *Wettinia maynensis* y *Graffenrieda emarginata* mediante las siguientes ecuaciones propuestas por el IPCC, este procedimiento fue aplicado para el cálculo de todas las especies arbóreas dominantes. Los resultados se presentan en la tabla 13-4.

**Tabla 13-4:** Biomasa radicular de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Bf | Biomasa estimada en las raíces (IPCC) | B radicular |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 0,085 | | 0,026 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 1,228 | | 0,368 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,540 | | 0,162 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 1,967 | | 0,590 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,160 | | 0,048 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,411 | | 0,123 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,359 | 0,30 | 0,108 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,406 | | 0,122 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 1,217 | | 0,365 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 1,328 | | 0,398 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 2,018 | | 0,605 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 1,500 | | 0,450 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,061 | | 0,018 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **11,280** | | **3,384** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la tabla 13-4 se presentan los resultados obtenidos de la biomasa radicular el cual se obtuvo mediante la multiplicación de la biomasa del tronco por el estimado el contenido de biomasa en las raíces cuyo valor es de 0.30, dando como resultado un total 3.384 de biomasa radicular en todas las especies arbóreas dominantes. De la misma manera de determinó que las especies con mayor biomasa radicular con las *Maclura tinctoria* y *Chrysoclamys membranaceae* con 0.605 y 0.590 respectivamente.

#### *4.3.4.1. Biomasa Foliar de las especies arbóreas dominantes*

Se determinó la biomasa foliar de las especies *Wettinia maynensis* y *Graffenrieda emarginata* mediante la siguiente ecuación, este procedimiento fue aplicado para el cálculo de todas las especies arbóreas dominantes. Se presentan los resultados en la tabla 14-4.

**Tabla 14-4:** Biomasa foliar de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Bf | Biomasa estimada en las ramas (IPCC) | B foliar |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 0,085 | 0,20 | 0,017 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 1,228 | | 0,246 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,540 | | 0,108 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 1,967 | | 0,393 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,160 | | 0,032 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,411 | | 0,082 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,359 | | 0,072 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,406 | | 0,081 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 1,217 | | 0,243 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 1,328 | | 0,266 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 2,018 | | 0,404 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 1,500 | | 0,300 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,061 | | 0,012 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **11,280** | | **2,256** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la tabla 14- 4 se presentan los resultados obtenidos de la biomasa foliar mismo que fue obtenido mediante la multiplicación de la biomasa del tronco por el estimado el contenido de biomasa en la copa del árbol, cuyo valor es de 0.20, dando como resultado total 2.256 de biomasa foliar en todas las especies arbóreas dominantes. De la misma manera, se determinó que las especies con mayor biomasa foliar son *Maclura tinctoria* y *Blepharocalyx salicifolium* con 0.404 y 0.300 respectivamente, y las especies con menor biomasa foliar son *Myrcianthes myrsinoides* y *Annona cf. Negleta* con 0.012 y 0.017 respectivamente.

### *4.3.5. Biomasa forestal total de las especies arbóreas dominantes*

Se sumaron los valores correspondientes a biomasa forestal del tronco, biomasa radicular y biomasa foliar para obtener el valor de biomasa forestal total para las especies *Wettinia maynensis* y *Graffenrieda emarginata*, este mismo procedimiento se aplicó en todas las especies arbóreas dominantes y los resultados se muestran en la tabla 15-4.

**Tabla 15-4:** Biomasa forestal total de las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | Bf | B radicular | B foliar | B forestal total |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 0,085 | 0,026 | 0,017 | 0,128 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 1,228 | 0,368 | 0,246 | 1,842 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,540 | 0,162 | 0,108 | 0,809 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 1,967 | 0,590 | 0,393 | 2,950 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,160 | 0,048 | 0,032 | 0,240 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,411 | 0,123 | 0,082 | 0,616 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,359 | 0,108 | 0,072 | 0,539 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,406 | 0,122 | 0,081 | 0,609 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 1,217 | 0,365 | 0,243 | 1,826 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 1,328 | 0,398 | 0,266 | 1,992 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 2,018 | 0,605 | 0,404 | 3,027 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 1,500 | 0,450 | 0,300 | 2,250 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,061 | 0,018 | 0,012 | 0,092 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **11,280** | **3,384** | **2,256** | **16,920** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

La tabla 15-4 muestra los resultados de los cálculos de biomasa forestal total, radicular y foliar, obteniendo como resultados 11.28, 3.384 y 2.256 respectivamente, adicional a se sumó también estos tres valores para obtener el valor correspondiente a biomasa forestal total de 16.920.

### *4.3.6. Contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes*

Se calculó el contenido de en toneladas por especie, para las especies *Wettinia maynensis* y *Graffenrieda emarginata* mediante la fórmula propuesta por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), este procedimiento se repitió para todas las especies arbóreas dominantes

**Tabla 16-4:** Contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes

| N° | Familia | Especie | B forestal total | Fracción de carbono contenida en las especies (IPCC) | Contenido de C (ton/especie) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. Negleta* | 0,13 | 0,50 | 0,0641 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 1,84 | | 0,9212 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 0,81 | | 0,4047 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 2,95 | | 1,4749 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 0,24 | | 0,1201 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 0,62 | | 0,3079 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 0,54 | | 0,2693 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 0,61 | | 0,3043 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 1,83 | | 0,9129 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 1,99 | | 0,9962 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 3,03 | | 1,5136 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 2,25 | | 1,1249 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 0,09 | | 0,0460 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **16,920** | | **8,4600** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

Las especies arbóreas dominantes capturan en su estructura un total de 8.46 toneladas de carbono, siendo este su aporte a la mitigación del cambio climático.

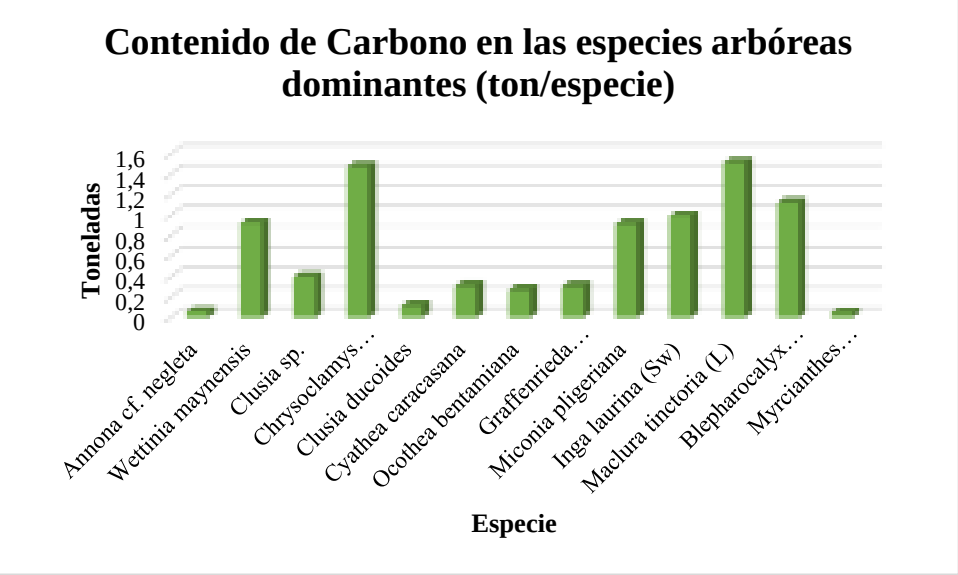


**Figura 3-4:** Contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes

**Fuente:** Equipo Profafor

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la figura 3-4, se puede observar que la especie con mayor cantidad de secuestro de carbono son *Maclura tinctoria* (L) con 4 individuos capturando dentro de su estructura un estimado de 1.513 toneladas de carbono, seguida de la *Chrysoclamys membranacea* de la cual se encontraron 2 individuos los cuales capturan un estimado de 1.47 toneladas de carbono.

Estas serían las especies que mayor aportan a la mitigación de cambio climático, siendo las que almacenan mayor cantidad $CO_2$ con pocos individuos presentes en el AECM Runahurco; probablemente esto es debido a su altura que en promedio son las más altas de las especies arbóreas dominantes.

Dentro de las especies con menor estimación de captura de carbono encontramos a *Myrcianthes myrsinoides* con un estimado de 0.046 toneladas de carbono dentro de sus 3 individuos encontrados. Probablemente esto es debido a su altura que es la de menor altura de las especies arbóreas dominantes.

### *4.3.7. Contenido de carbono por cada individuo de cada especie arbórea dominante*

En la tabla 17-4 se puede observar el estimado de captura de carbono para cada individuo de cada especie arbórea dominante.

**Tabla 17-4:** Contenido de carbono en cada individuo de acuerdo con cada especie arbórea dominante

| N° | Familia | Especie | N° de individuos | Contenido de carbono por individuo (ton/individuo) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Annonaceae | *Annona cf. negleta* | 2 | 0,0320 |
| 2 | Arecaceae | *Wettinia maynensis* | 12 | 0,0768 |
| 3 | Clusiaceae | *Clusia sp.* | 2 | 0,2023 |
| 4 | | *Chrysoclamys membranaceae* | 2 | 0,7374 |
| 5 | | *Clusia ducoides* | 3 | 0,0400 |
| 6 | Cyatheacae | *Cyathea caracasana* | 3 | 0,1026 |
| 7 | Lauraceae | *Ocothea bentamiana* | 6 | 0,0449 |
| 8 | Melastomastaceae | *Graffenrieda emarginata* | 7 | 0,0435 |
| 9 | | *Miconia pligeriana* | 7 | 0,1304 |
| 10 | Fabaceae | *Inga laurina* | 4 | 0,2490 |
| 11 | Moraceae | *Maclura tinctoria* | 4 | 0,3784 |
| 12 | Myrtaceae | *Blepharocalyx salicifolium* | 4 | 0,2812 |
| 13 | | *Myrcianthes myrsinoides* | 3 | 0,0153 |
| | **Total 9** | **Total 13** | **59** | **2,334** |

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

En la figura 4-4 se observa el estimado de contenido de carbono de cada individuo de las especies arbóreas dominantes, valor que se obtuvo al dividir el contenido total de carbono de cada especie por el número de individuos encontrados.

La especie que más carbono captura en su estructura individual es la *Chrysoclamys membranacea* con un aproximado de 0.73 toneladas, mientras que la que menos captura es la especia *Clusia ducoides* con un aproximado de 0.04 toneladas de carbono en su estructura.

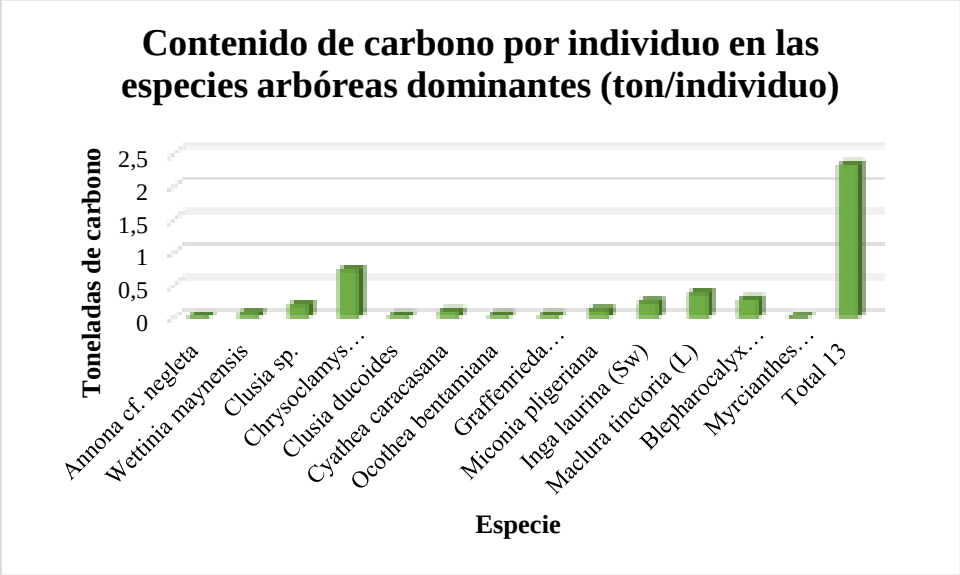


**Figura 4-4:** Contenido de carbono en cada individuo de las especies arbóreas dominantes

**Elaborado por:** Herrera Mariana & Matailo Cinthya

# CONCLUSIONES

- Se identificaron 170 individuos en los ocho transectos, pertenecientes a 22 familias, siendo los transectos con mayor densidad de individuos el cinco, ubicado en una Zona de Cultivos del bosque Paraíso en donde se encontraron las especies *Heliconia rostrata* (22), *Musa acuminata* (19) y *Bambusa angustifolia* (18) sumando 59 individuos, todos ellos de hábito herbáceo, y; el transecto uno, mismo que se encuentra ubicado en el Páramo Moriré en donde se encontraron especies como: *Bomarea glaucescens* (15), *Cortaderia sericantha* (12) y *Loricaria ferruginea* (10) sumando un total de 37 individuos de hábito arbustivo. Los transectos con menos densidad son el ocho, ubicado en el Mirador Paraíso en donde se encontraron tres individuos de las especies *Ocothea bentamiana, Myrcianthes myrsinoides* y *Clusia ducoides* de hábito arbóreo, y; el transecto seis, ubicado en la Zona Baja Paraíso en donde se encontraron dos individuos de las especies *Annona cf. Negleta, Clusia sp.* y *Chrysoclamys membranaceae* de hábito arbóreo.
- Se encontraron un total de 59 individuos de hábito arbóreo, distribuidos en 9 familias y 13 especies, mismos que representan el 34.71 % del total de especies dominantes, de las cuales las que cuentan con mayor número de individuos fueron *Wettinia maynensis* con 12, seguida de la *Graffenrieda emarginata* y *Miconia pligeriana* con siete, *Cyathea caracasana* con seis, *Inga laurina, Maclura tinctoria* y *Blepharocalyx salicifolium* con cuatro *Clusia ducoides*, *Ocotea bentamiana* y *Myrcianthes myrsinoides* con tres y *Chrysoclamys membranacea* con dos.
- Fueron encontrados 91 individuos (53.53%) pertenecientes a seis especies de hábito herbáceo, siendo las más dominantes las especies *Heliconia rostrata* con 22 individuos y *Musa acuminata* con 19.
- En cuanto al hábito arbustivo se encontraron 20 individuos mismos que representan el 11.76% distribuidos en 3 especies, siendo *Loricaria ferruginea* con 10 individuos la de mayor dominancia.
- Dentro de las especies arbóreas dominantes, las que sobresalen por su altura, son *Ocothea bentamiana* con una altura promedio de 25 metros, seguida de *Inga laurina* con 18.3 metros y *Clusia sp.* la cual cuenta con una altura promedio de 15.3 metros.

- El estimado de contenido de carbono en las especies arbóreas dominantes del AECM Runahurco alcanza un total de 8.46 toneladas.
- Las especies con mayor contenido de carbono estimado en su estructura son *Maclura tinctoria* (4 individuos) cuyo contenido de carbono es 1.51 toneladas, seguida de *Chrysoclamys membranacea* (2 individuos) con 1.47 toneladas de carbono, dentro de las especies que menos carbono contienen en su estructura son *Myrcianthes myrsinoides* (3 individuos) 0.046 toneladas de carbono contenidas y *Annona cf. Negleta* (2 individuos) con 0.064 toneladas de carbono.
- Los individuos que mayor contenido de carbono capturan en su estructura pertenecen a las especies *Chrysoclamys membranaceae* la cual contiene un estimado de 0.73 tonC/individuo, seguida de *Maclura tinctoria* con 0.3784 tonC/individuo; dentro de las especies con menor contenido de carbono están *Annona cf. Negleta* con 0.0320 tonC/individuo y *Myrcianthes myrsinoides* con 0.0153 tonC/individuo.

# RECOMENDACIONES

- Se sugiere contar con toda la información para aplicar las ecuaciones, de esta manera, sin dejar de obtener resultados reales, se evitarían procedimientos como medias y promedios para contar con datos completos para los respectivos cálculos.
- Se recomienda realizar seguimientos y monitoreos de la supervivencia de especies para evaluar el contenido de carbono a largo plazo.
- Se recomienda difundir los resultados a los encargados de tomar decisiones.
- Resaltar la importancia del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco por la capacidad de retener carbono en sus bosques.
- Apoyar el proceso de integración del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco al SNAP.
- Que se generen ordenanzas y se cumplan especialmente en el tema de mantener y de ser posible, aumentar la superficie del Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco.

# BIBLIOGRAFÍA


AEIM. (2016). Asociación Española del Comercio e Industria de la Madera. Recuperado de https://www.aeim.org/index.php/clasificacion-de-maderas-comerciales-segun-sus- características/

Barros, V., & Camilloni, I. (2020). La Argentina y el Cambio Climático. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires. Recuperado de http://www.cima.fcen.uba.ar/~lcr/libros/Cambio_Climatico-Texto.pdf

Burbano-Orjuela, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. Rev. Cienc. Agr. 35(1): 82-96. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.85.

Chile, P. U. (2017). cambioglobal.uc.cl. Recuperado de https://cambioglobal.uc.cl/ comunicacion-y-recursos/recursos/glosario/dioxido-de-carbono- co2

Ecuador, M. d. (2014). Programa nacional de restauración forestal con fines de conservación ambiental, protección de cuencas hidrográficas y beneficios alternos. Quito. Ecuador: MAE.

EUROPARC. (2020). *Cambio climático y áreas protegidas, escenarios para el seguimiento*. Recuperado de: http: //www.redeuroparc.org/system/files/shared/ P_Cambio climático /europarc_cambio_climat_final.pdf

FAO. (2000). fao.org. Recuperado el 15 de diciembre de 2020, Recuperado de http://www.fao.org/3/a-x4400s.pdf

FAO. (2007). Situación de los bosques del mundo. FAO, Roma. Recuperado de http://www.fao.org/3/a0773s/a0773s00.htm

FAO. (2006). *Los bosques y el cambio climático*. Oficina de Prensa. Recuperado de: http: //www.fao.org/Newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html

FAO. (2015). Evaluación de los recursos forestales 2015: Ecuador. Roma: FAO. Recuperadode http://www.fao.org/3/a-i4808s.pdf

FAO. (2017). *La Fao, los bosques y el cambio climático*. 1-19. Recuperado de: http: //www.fao.org/3/i2906s/i2906s00.pdf

FAO. (2019). fao.org. Recuperado de http://www.fao.org/sustainable-forest-management/toolbox/modules/protected-áreas/basic-knowledge/es/

Fernández, M. (2017). Revisión de métodos para la estimación de captura de carbono almacenadas en bosques naturales. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. Recuperadode https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16394

Fonseca, W. (2017). Revista de Ciencias Ambientales: Tropical Journal of Environmental Science. Recuperado de https://www.revistas .una.ac.cr/index.php/ambientales/article/view/9481/11248?fbclid=IwAR0ycVpgjwh yF2OEJxOPqXLYfxFkmUvzhaaaS8ayUUehtYAtF6NabZuSeJM

Gallardo, J., & Agustín, M. (s.f.). csic.ec. Recuperado

dehttps://digital.csic.es/bitstream/10261/35792/1/Elpapel200743.pdf

Infobosques. (2016). infobosques.com. Recuperado de http://infobosques.com/ portal/wp-content/uploads/2016/02/deforestacion_reforestacion.pdf

IPCC, (2019), Calentamiento global de 1.5 °C: Informe especial sobre los impactos del calentamiento global de 1.5°C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. Recuperado de: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special- Report-1.5-SPM_ es.pdf

IPCC. (2019). Organización de Naciones Unidas. Recuperado de: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf

Jaramillo, A. (2014). elcomercio.com. Obtenido de https://www.elcomercio.com/tendencias/amazonia-bosques-co2-cambioclimatico-ambiente.htm

MAAE. (2013). Ministerio del Ambiente del Ecuador. Sistema de Clasificación de losEcosistemas del Ecuador Continental. Quito.

MAAE. (2015). Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/Apoyo-al-Sistema- Nacional-de-Areas-Protegidas.pdf

MAAE. (2020). Ministerio del Ambiente y Agua. Recuperado de https://www.ambiente.gob.ec/areas-protegidas-3/

Martín Murillo, L., Rivera Alejo, J., & Castizo Robles, R. (2018). *Cambio climático y desarrollo sostenible en Iberoamérica 2018*. 218. Recuperado de: www. observatoriolarabida.com

Ojea, L. (2018). Imágenes y datos: Así nos afecta el cambio climático. En *Greenpeace*. Recuperado de: https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2018/11/GP- cambio-climatico-LR.pdf

ONU. (2019). Organización de las Naciones Unidas. Recuperado el 15 de diciembre de 2020,de https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html

Painter, J. (2014). BBC Mundo. Obtenido de https://www.bbc.com/mundo/ciencia_tecnologia/2009/12/091125_copenhague_mapa_emisiones_jmp

Papaleo, C. (2019). Bosques de América: deforestación letal. Obtenido de https://www.dw.com/es/bosques-de-am%C3%A9rica-latina-deforestaci%C3%B3n-letal/a-0389934#:~:text=Seg%C3%BAn%20ese%20informe,%20Latinoam%C3%A9rica%20es%20una%20de%20las,regi%C3%B3n%20es%20la%20actividad%20maderera%20y%20la%20agropecuaria.

Paz, A. (2020). Mongabay.com. Recuperado de https://es.mongabay.com/2020/01/desafios- ambientales-ecuador-2020-mineria-petroleo-deforestacion/

Pérez, I. (2018). Universidad Nacional Autónoma de México A. Recuperado de http://ciencia.unam.mx/contenido/infografia/21/cambio-climatico-como-afecta-

Profafor. (2019). Plan de Manejo Área Ecológica de Conservación Municipal Runahurco. Gualaquiza: Profafor.

Rapley, C. (2019). Cambio Climático: cómo era la Tierra cuando había tanto CO2 en la atmósfera como ahora. (B. Mundo, Entrevistador)

REED+. (2016). *Conservar los bosques para combatir el cambio climático*. p: 1-28.

Ruano, J. (2019). red.uao.edu.co. Recuperado de http://red.uao.edu.co/bitstream/10614/11681/5/T08800.pdf?fbclid=IwAR2TyIY2riNKmPIf8NUGPcRkxRXxtEWMp9xx--HembbfV4BRyycSWZwrFm0

Rubio, J. (Mayo de 2017). Conservación Estratégica. Recuperado de Andes Amazon Found: https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field- file/ ES _documento _de_trabajo_Guia_de_ACB_Mayo_2017.pdf

Russo, R. (2009). Guía práctica para la medición de la captura de carbono en la biomasa forestal. Guácimo: Universidad Earth - Unidad de carbono neutro. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/236593400_GUIA_PRACTICA_PARA_LA_MEDE_LA_CAPTURA_DE_CARBONO_EN_LA_BIOMA

Samaniego, J. (2019). Cultura científica UTPL. Obtenido de https://culturacientifica.utpl.edu.ec/2019/06/importancia-de-conservar-los-bosques-para-combatir-el-cambio-climatico/

Túqueres, J. (2016). Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13071/1/UPS%20-%20ST002312.pdf

Uribe, E. (2015). Repositorio Cepal. Recuperado de https://repositorio.cepal org/bitstream/handle/11362/39855/S1501295_en.pdf?sequence=1

Yánez, P. (20 de Marzo de 2016). researchgate.net. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/303444901_Las_Areas_Naturales_Protegidas_del_Ecuador_caracteristicas_y_problematica_general