Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN TARAPOTO - PERU

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú.
Vea una copia de esta licencia en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

Obra publicada con autorización del autor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), Humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena - Rioja 2018

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Ana Heidi Ruiz Carranza

ASESOR:

Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna

Código N° 6054218

Moyobamba – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), Humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena-Rioja 2018.

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Ana Heidi Ruiz Carranza

Sustentado y aprobado el día 10 de julio del 2019, por los siguientes jurados:

.....	.....
Ing. M. Sc. Rubén Ruiz Valles	**Ing. M. Sc. Mirtha Felícita Valverde Vera**
Presidente	Secretario
.....	.....
Ing. M. Sc. Alfonso Rojas Bardález	**Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna**
Miembro	Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Ana Heidi Ruiz Carranza, identificada con DNI N° 71118527, egresada de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), Humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena – Rioja 2018.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 10 de julio del 2019.

.....

Ana Heidi Ruiz Carranza

DNI N° 71118527

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Ruiz Carranza Ana Heidi		
Código de alumno :	71118527	**Teléfono:**	925415551
Correo electrónico :	heidirc_95@hotmail.com	**DNI:**	71118527

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ing. Ambiental

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	( )
Trabajo de suficiencia profesional	( )		

4. Datos del Trabajo de investigación

Titulo:	Cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena - Rioja 2018.
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	( )
Acceso restringido **	( )		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons,* con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **"Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".**

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:
09/09/2019

.....
Firma del Responsable de Repossitorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto**: uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A Dios todo poderoso por haberme permitido llegar hasta este punto, guiándome con su infinita bondad y amor, además de darme salud e inteligencia para lograr mis objetivos.

De igual forma a mi madre Ana M. Carranza Cubas y a mi padre Cerdan Ruiz Vigil por su apoyo incondicional durante todas las etapas de mi vida, por su permanente apoyo emocional y económico para el logro de mis expectativas profesionales.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional de San Martín – Facultad de Ecología por haberme abierto sus puertas para así estudiar mi carrera a la cual amo y así mismo dotarme de una sólida formación académica.

De manera muy especial a mis padres por su esfuerzo y permanente apoyo moral y económico durante el desarrollo del proyecto de investigación.

Al Ing. Santiago Casas Luna por brindarme sus conocimientos académicos en calidad de asesor y por su colaboración en cada una de las etapas del proyecto de investigación.

Al Sr Leiner Paredes Uriarte, presidente de la Asociación de Conservación Aguajales y Renacales Río Romero (ACARR), Reserva Ecológica Santa Elena por el incondicional apoyo durante de la ejecución del proyecto de investigación. Así mismo al Sr Daniel Llatas socio de la misma que estuvo ahí apoyándome en todos los trabajos que comprendía la investigación.

Al Ing. Rubén Ruiz Valles por su amistad, amabilidad, enseñanzas, consejos y apoyo incondicional siempre.

A mis amigos que supieron estar conmigo en los momentos más importantes de mi vida académica.

Índice general

Pág.

Dedicatoria....vi

Agradecimientos....vii

Índice de tablas....x

Índice de figuras....xi

Resumen....xii

Abstract....xiii

Introducción....1

CAPÍTULO I REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA....4

1.1 Antecedentes de la investigación....4

1.2 Bases teóricas....7

1.3 Definición de términos básicos....23

CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS....26

2.1 Materiales....26

2.2 Métodos:....26

CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN....35

3.1 Resultados....35

3.1.1 Características de la zona de estudio....35

3.1.2 Determinación de la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.....36

3.1.3 Determinación de la cantidad de carbono de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.....41

3.1.4 Determinación de la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, Santa Elena.....46

3.1.5 Determinación del pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 por las especies de flora en la ZoCRE.....47

3.1.6 Total de biomasa aérea, carbono, CO_2 y pago por servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 por tipo de ecosistema.....48

3.1.7 Cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE. 49

3.2 Discusiones.....50

CONCLUSIONES.....52

RECOMENDACIONES 54

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 55

ANEXOS.....61

Anexo 01: Ficha de recolección de datos de campo.....62

Anexo 02: Ficha de determinación de la biomasa aérea, carbono, CO_2 y PSA. 66

Anexo 03: Ubicación de la ACARR- Reserva Ecológica Santa Elena. 73

Anexo 04: Ubicación de las parcelas en el área de estudio. 74

Anexo 05: Concesión para conservación "Chullachaqui – Renacal de Santa Elena" 75

Anexo 06: Sectores colindantes y centros poblados de referencia en el ACM AHARAM 76

Anexo 07: Panel fotográfico.....77

Índice de tablas

Pág.

Tabla 1 Densidades de las especies. 32
Tabla 2 Resultados del inventario en la zona de estudio. 35
Tabla 3 Biomasa de las especies registradas en la parcela 01 36
Tabla 4 Biomasa de las especies registradas en la parcela 02 38
Tabla 5 Captura de carbono de las especies registradas en la parcela 01 41
Tabla 6 Captura de carbono de las especies registradas en la parcela 02 43
Tabla 7 Parcela 01: Humedal semidenso 48
Tabla 8 Parcela 02: Humedal denso 48
Tabla 9 Total de biomasa aérea, carbono, CO_2 y PSA 48
Tabla 10 Promedio de los resultados de ambas parcelas 49
Tabla 11 Resumen para el análisis de varianza ANVA 49
Tabla 12 Análisis de varianza (ANVA) 49

Índice de figuras

Figura 1 Distribución y flujo de carbono en un ecosistema terrestre. (Fuente: Federación Española de Municipios y Provincias, 2012.) 7

Figura 2 Efecto invernadero. 9

Figura 3. Medición del diámetro de los árboles. (Fuente: Walker et al. Guía de campo para la medición de biomasa y carbono forestal, Massachuset, USA, 2011 citado por Arévalo, 2015). 14

Figura 4. Procedimiento de recolección de datos. 29

Figura 5. Diseño de establecimiento de parcelas. 30

Figura 6. Biomasa aérea por especie en la parcela 01. 38

Figura 7. Biomasa aérea por especie en la parcela 02. 40

Figura 8. Carbono capturado por las especies en la parcela 01. 43

Figura 9. Carbono capturado por las especies en parcela 02. 45

Figura 10. CO_2 almacenado por las especies en la parcela 01. 46

Figura 11. CO_2 almacenado por las especies en la parcela 02. 46

Figura 12. Pago por el servicio ambiental por especie en la parcela 01. 47

Figura 13. Pago por el servicio ambiental por especie en la parcela 02. 47

Figura 14. Representación del análisis de varianza (ANVA). 50

Resumen

Humedales Santa Elena, es considerado como los humedales más altos del país, estas áreas se caracterizan por ser bosques pantanosos e inundables que contienen remanentes de la biodiversidad local. El estudio comprende la cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 de biomasa aérea de las especies de flora en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, desarrollado en el sector Santa Elena en el distrito de Pósic, provincia de Rioja, región San Martín. Al identificar la problemática que se desato en el mundo por el incremento del CO_2, me motivo para desarrollar el presente proyecto cuyo planteamiento del problema se sintetiza en la siguiente interrogante: ¿Cuál es el potencial de almacenamiento de CO_2 como servicio ambiental en la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE? Como objetivo se planteó cuantificar el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE. En la presente investigación se utilizó el diseño metodológico descriptivo simple; se identificó el área de estudio y se establecieron 2 parcelas de 50 x 100m, luego se levantó la información de las cinco especies de plantas, se calculó la biomasa aérea de las especies por parcela y área de estudio (1 ha), y se estimó el almacenamiento de CO_2. Los instrumentos como: las fichas de identificación de especie, registro forestal e inventario forestal han conllevado a los resultados donde muestran que la biomasa aérea arbórea calculada fue de 325.99 Mg/ ha para los dos tipos de ecosistema, humedal semidenso y denso, la captura de carbono fue de 163.00 Mg/ ha para las dos parcelas de muestreo, el almacenamiento de CO_2 en ambas parcelas se obtuvo 598.193 Mg/ha y el pago por servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 que se obtuvo de todas las especies evaluadas en las dos parcelas estudiadas tuvo un total de $ 3529.34.

Palabras Clave: humedal, ZoCRE, biomasa aérea, servicio ambiental, almacenamiento de CO_2.

Abstract

Santa Elena Wetlands, is considered as the highest wetlands in the country, these areas are characterized by swampy and flooded forests that contain remnants of local biodiversity. The study includes the quantification of the environmental service of CO_2 storage of aerial biomass of the species of flora in the Zone of Conservation and Recovery of Ecosystems (ZoCRE), wetland of the Alto Mayo, developed in the sector Santa Elena in the district of Pósic, province of Rioja, San Martín region. By identifying the problem that was unleashed in the world by the increase of CO_2 has motivated to develop the following project whose approach to the problem is summarized in the following question: What is the storage potential of CO_2 as an environmental service in aerial biomass? of the flora species in the ZoCRE? The objective was to quantify the environmental service of storage of CO_2 in aerial biomass of the flora species in the ZoCRE. In the following investigation, the simple descriptive methodological design was used; the study area was identified and two plots of 50 x 100m were established, then the information of the five plant species was collected, the aerial biomass of the species was calculated by plot and study area (1 ha), and it was estimated the storage of CO_2. The instruments such as: the species identification, forest registration and forest inventory have led to the results showing that the calculated tree aerial biomass was 325.99 Mg / ha for the two types of ecosystem, semi-dense and dense wetland, the capture of carbon was 163.00 Mg / ha for the two sampling plots, the CO_2 storage in both plots was obtained 598.193 Mg / ha and the payment for environmental CO_2 storage service that was obtained from all the species evaluated in the two plots studied He had a total of $ 3529.34.

Keywords: wetland, ZoCRE, aerial biomass, environmental service, CO_2 storage.

Introducción

En los últimos años las actividades humanas han producido un exceso de gases de efecto invernadero principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (NO_2), que están potencialmente calentando el clima de la tierra, un proceso conocido como Cambio Climático (Pedroni, 2007).

Frente a este cambio climático global, el Perú es considerado como el tercer país más vulnerable, para ello se han planteado medidas de mitigación y adaptación a este proceso (Ministerio del Ambiente, 2015). La mitigación implica disminuir las emisiones y conocer los ecosistemas que realizan la captura de CO_2. De esta manera los bosques juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono (C), actuando como un regulador climático (Russo, 2007).

En la amazonia, los humedales son ecosistemas donde predominan los aguajales, renacales, especies arbóreas y forestales; que además de todos los beneficios que provee, sus servicios ambientales son aún más sobresalientes que los convierte en un gran almacén de carbono. Sin embargo, a pesar de estas cualidades, estos bosques no son aprovechados de forma sostenible, debido a las técnicas de extracción, problemas de deforestación y el uso de suelos para actividades agrícolas, en mayor porcentaje al cultivo de arroz por la gran capacidad de almacenamiento de agua, por ser terrenos inundables. Razón por la cual estos ecosistemas se han vuelto vulnerables y en condición de peligro.

La zona de conservación y recuperación de ecosistemas, humedal del Alto Mayo posee un área de 5,015.8 has, de los cuales los aguajales comprenden una extensión de 1236 ha (24% de la ZoCRE), además de árboles comunes y plantas forestales.

La ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena cuenta con 1335 ha, es un gran refugio natural para la flora y fauna, además de ser un ecosistema donde existe una gran potencialidad de las especies de flora para la captura y almacenamiento de CO_2 , es así que se formuló de manera cuantitativa la presente investigación, la cual permitió realizar la siguiente interrogante: ¿Cuál es el potencial de almacenamiento de CO_2 como servicio ambiental en la biomasa aérea de las especies de flora en la Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, Sector Santa Elena – Rioja 2018?

Se formuló el objetivo principal de la investigación: Cuantificar el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena – Rioja 2018. Para alcanzar el objetivo general se plantearon tres objetivos específicos para solucionar el problema identificado y así obtener resultados más concretos: Determinar la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena, determinar la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena y determinar el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 para las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.

El trabajo de investigación realizado en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena permitió conocer la importancia y el estado de conservación del humedal ya que las actividades humanas están produciendo un exceso de gases de efecto invernadero que están potencialmente calentando el clima de la tierra. En tanto que la ZoCRE, es un gran sumidero de carbono y se logró estimar el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 de las especies de aguaje *(Mauritia flexuosa)*, tangarana (*Triplaris americana*), cetico (*Cecropia spp*), cumala (*Virola surinamensis)* y catahua *(Hura crepitans)* en el humedal del Alto Mayo - Santa Elena. Además de posibilitar un manejo adecuado del recurso natural flora y así contribuir a la conservación de los Humedales del Alto Mayo, sector Santa Elena, distrito de Pósic – Rioja.

El trabajo de investigación se realizó en una hectárea de terreno estableciéndose 2 parcelas rectangulares de 50 x 100 m (½ ha para humedal denso y ½ ha para humedal semidenso). Cada parcela se subdividió en cuadrantes de 25 x 25m para facilitar el trabajo, estos cuadrantes se acomodaron de acuerdo a las condiciones del terreno.

Las variables de estudio fueron: Variable independiente (X) biomasa aérea de las especies de flora: aguaje *(Mauritia flexuosa)*, tangarana (*Triplaris americana*), cetico (*Cecropia spp*), cumala (*Virola surinamensis)* y catahua *(Hura crepitans)* y la variable dependiente (Y) almacenamiento de CO_2. La hipótesis alternativa fue: el potencial de almacenamiento de CO_2 es un servicio ambiental significativo determinado por la biomasa aérea de las especies de flora en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena – Rioja 2018, la hipótesis nula fue: el potencial de almacenamiento de CO_2 es un servicio ambiental no significativo determinado por la

biomasa aérea de las especies de flora en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena – Rioja 2018 y finalmente la hipótesis a demostrar fue: El potencial de almacenamiento de CO_2 es un servicio ambiental significativo determinado por la biomasa aérea de las especies de flora en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena – Rioja 2018.

Se determinó la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las 5 especies de flora estudiadas en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena. El total de almacenamiento de CO_2 para la parcela 01, ecosistema humedal semidenso es de 241.475 Mg/ha, en la especie *Triplaris americana* de 52.327 Mg/ha, la especie *Virola surinamensis* de 44.809 Mg/ha, la especie de *Hura crepitans* de 31.997 Mg/ha, la especie de *Maurita flexuosa* de 97.938 Mg/ha y *Cecropia spp* de 14.405 Mg/ha. Así mismo en la parcela 02, ecosistema humedal denso se determinó la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea, el total de CO_2 es de 356.718 Mg/ha, en la especie *Triplaris americana* de 80.430 Mg/ha, la especie *Virola surinamensis* de 65.465 Mg/ha, la especie de *Hura crepitans* de 49.253 Mg/ha, la especie de *Maurita flexuosa* de 127.666 Mg/ha y *Cecropia spp* de 33.903 Mg/ha. El total de almacenamiento de CO_2 que se obtuvo fue 598.193 Mg/ha en ambas parcelas.

El almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena tiene la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático, ya que el humedal es un gran sumidero de carbono donde existe una gran variedad de especies de flora para la captura y almacenamiento de CO_2.

La investigación está estructurada en tres capítulos, cada uno está enfocado en los siguientes aspectos:

Capítulo I: Revisión bibliográfica, contiene los antecedentes, marco teórico y definición de términos.

Capítulo II: Material y métodos, contiene tipo de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnica de recolección y procesamiento de datos.

Capítulo III: Resultados y discusiones, contiene los resultados de los objetivos y las discusiones con respecto a otros trabajos de investigación.

CAPÍTULO I
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Antecedentes de la investigación

A. Internacionales:

Vincent (2018), en su tesis de postgrado "Estimación de biomasa y carbono en plantaciones de Teca (Tectona grandis L. f.) por método indirecto y mapeo mediante SIG" cuyo objetivo buscó desarrollar un modelo biométrico para estimar la biomasa aérea y carbono almacenado en plantaciones de teca de diferentes edades, condiciones de sitio y realizar un mapeo mediante herramientas SIG, en México. Se utilizó la ecuación: = 1.17297 + 0.16185 * h. El resultado de este trabajo se cuantificó que en todas las plantaciones muestreadas el contenido de CO_2 capturado en parte aérea desde el año 2000 a la fecha, es de aproximadamente 750 toneladas.

Canolly y Corea (2007), en su tesis de pregrado "Cuantificación de la captura de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua" el objetivo fue cuantificar la fijación y almacenamiento de carbono en cuatro sistemas productivos (plantación de pino, café ecoforestal, plantación energética y bosque seco con regeneración natural). Se concluyó que el sistema de pino obtuvo el mayor valor de fijación y almacenamiento de carbono (211.82 TC/ha), seguidamente el sistema de café ecoforestal (163.88 TC/ha), luego la plantación energética (153.72 TC/ha) y por último bosque seco (105.74 TC/ha).

Ávila (2000). En su estudio "Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol en Costa Rica". Se concluyó que los sistemas agroforestales Café- Eucalipto almacenan 40% más C que los sistemas silvopastoriles Brizanta-Eucalipto y Brizanta- Mangium. En promedio los sistemas agroforestales almacenan más C que los sistemas correspondientes a los cultivos a pleno sol. En los sistemas de producción con Café-Paró fue el de mayor almacenamiento de carbono (195 tn ha"), mientras que el Café- Eucalipto de 8 años tuvo el más bajo (120.92 tn ha").

B. Nacionales:

Pillaca y Florez (2014), en su tesis de pregrado "Determinación del stock de carbono en la biomasa aérea y necromasa en diferentes tipos de vegetación en la comunidad de Puerto Arturo, distrito Tambopata, Madre De Dios", el método utilizado en el diseño de parcela e inventario de carbono, estuvo basado en la metodología procedimientos operativos estándar para la determinación de carbono terrestre y para estimar la biomasa aérea y necromasa se emplearon ecuaciones alométricas. Llegando a la conclusión que el stock de carbono aéreo presente en los distintos tipos de formaciones vegetales, presenta un valor promedio de 136.98 mgCha-1, lo que equivale a 517,972.11 mgC, presentes en toda el área (3,781.5ha).

Palomino (2007), en su tesis de postgrado "Estimación del servicio ambiental de captura del CO_2 en la flora de los humedales de Puerto Viejo" cuyo objetivo fue estimar la captura del CO_2 como servicio ambiental de las especies de flora predominante y de valor artesanal de los humedales. Llegando a la conclusión que en la estimación del servicio ambiental de captura de CO_2, de mayor a menor la especie que más capta CO_2 es la totora con 73.7 t CO_2/ha, seguido por el junco con 40.6 t CO_2/ha, de allí la importancia de estas especies en la captura de CO_2, y el almacenaje de carbono es directamente proporcional a la captura de CO_2.

Freitas, Otárola, Del Castillo, Linares, Martínez, & Malca (2006), el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana realizó un estudio de "Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la reserva nacional Pacaya Samiria, Loreto Perú". En el cual obtuvieron los siguientes resultados: Se estimó en 484,52 t/ha y 424,72 t/ha el contenido de C almacenado en los aguajales denso y mixto, respectivamente. Por otro lado, el C de la vegetación asciende a 115,40 t/ha en el aguajal denso y 88,50 t/ha en el aguajal mixto. Un balance de C en los aguajales de la reserva nacional dio como resultado que se estaría fijando potencialmente 131 188,76 t/año en los aguajales densos y 81 599,47 t/año en los aguajales mixtos, que son equivalentes en CO_2 a 481025,44 t/año en aguajales densos y 299198,05 t/año en los aguajales mixtos.

C. Locales:

Vilca (2017), en su tesis de pregrado "Almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en Pósic, San Martín-2017", cuyo objetivo fue determinar la cantidad de CO_2 resultando que el total de CO_2 almacenado en la familia Arecaceae es de 156 Mg/ha y para la familia Bombacaceae es de 39.89 Mg/ha, haciendo un total de 196 Mg/ha de CO_2 almacenado en el ecosistema aguajal semidenso. Asimismo, el CO_2 almacenado en el ecosistema aguajal mixto hace un total de 176.39 Mg/ha, correspondiendo 184 Mg/ha para la familia Arecaceae y 28.4 Mg/ha para la familia Bombacaceae. Por lo tanto, se demostró que la familia Arecaceae almacena mayor cantidad de CO_2 que la familia Bombacaceae en ambos tipos de aguajal.

Cabrera y Rivas (2014), en su tesis de pregrado "Cuantificación de los servicios ambientales de secuestro de carbono en *Mauritia flexuosa*, en el predio estatal denominado Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), Humedal del Alto Mayo, sector Tingana -Moyobamba- 2013" cuyo objetivo buscó cuantificar el secuestro de carbono de los aguajales. Se obtuvo los respectivos datos para poder obtener la biomasa aérea, biomasa del estípite, hojas y de las raíces. Se llegó a la conclusión que la ZoCRE, Humedal del Alto Mayo, tiene acumuladas entre estos dos tipos de bosques de aguaje 41644.56 tC en aguajal denso y 25602.46 tC en aguajal mixto teniendo un total de 67247.016 tC.

Quitoran (2010), en su tesis de pregrado "Determinación del potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años de edad, Cedro Nativo, (cederla odorata), Caoba, (Swietenia macrophylla.), Bolaina, (Guazuma crinita) Teca, (Tectona grandis) y Capirona, (Calycophyllum sprucearum) en la localidad de Alianza -San Martín 2009" cuyo objetivo fue determinar el potencial de captura de carbono de dichas especies forestales. Concluyendo que la cantidad de carbono almacenado a los 2 años y 8 meses de las especies en investigación es de: Bolaina (Guazuma crinita.) 2.42tnC/ha., Teca (Tectona grandis) 2.14tnC/ha., Cedro Nativo (Cedrela odorata) 1.03tnC/ha, Capirona (Calycophyllum sprucearum) 0.91tnC/ha, Caoba (Swietenia macrophylla.) 0.68tnC/ha.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Problemática de la emisión de carbono.

a) Dióxido de carbono.

Ciesla (1996), suscribe que el dióxido de carbono gaseoso está formado por la combinación de dos elementos: carbono y oxígeno. Se forma por la combustión de carbón o hidrocarburos, la fermentación de materia orgánica, y por la respiración de hombres y animales. Se encuentra en bajas concentraciones en la atmósfera, y es asimilado por las plantas, que en su lugar producen oxígeno. El CO_2 gas tiene un ligero olor irritante, es incoloro, y más pesado que el aire.

b) El Ciclo del carbono

El ciclo del carbono empieza con la fijación del dióxido de carbono atmosférico a través de los procesos de fotosíntesis realizados por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, el CO_2 y el agua reaccionan para formar carbohidratos, y así constituir parte de la biomasa de las plantas (tallos, hojas y frutos, etc.) y como resultado del proceso se libera oxígeno a la atmosfera. Las plantas y animales mueren y son finalmente descompuestos por microorganismos del suelo lo que da como consecuencia que el carbono de sus tejidos se oxide en CO_2 y vuelva a la atmósfera (Schimel, 1995; Smith et al., 1993 citado por Dávila, 2011). En la siguiente figura 1, se muestra el ciclo de carbono:

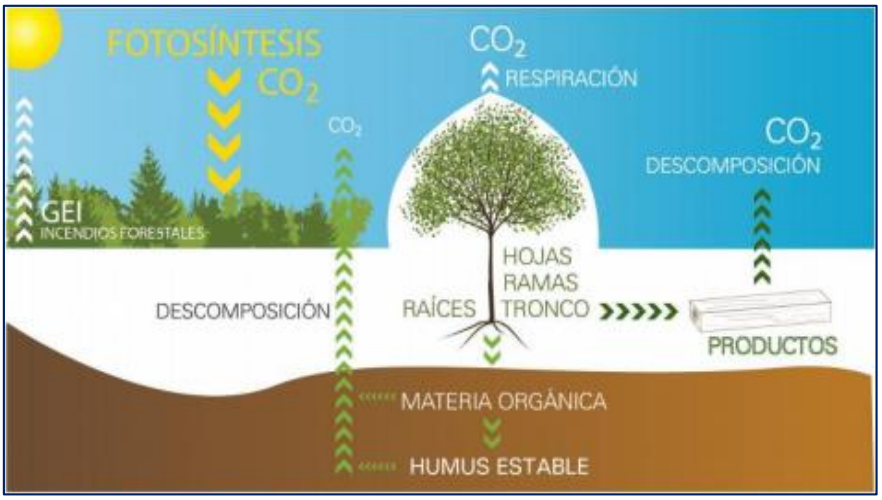


Figura 1 Distribución y flujo de carbono en un ecosistema terrestre. (Fuente: Federación Española de Municipios y Provincias, 2012.)

El ciclo del carbono tiene un gran efecto sobre el funcionamiento y el bienestar del planeta. A nivel mundial, el ciclo del carbono juega un papel clave en la regulación del clima de la Tierra mediante el control de la concentración de CO_2 en la atmósfera. El CO_2 es importante, ya que contribuye en el efecto invernadero. El mismo efecto invernadero es un fenómeno perfectamente natural y, sin él, la Tierra sería un lugar mucho más frío. Pero como suele ser el caso, demasiado de algo bueno puede tener consecuencias negativas, y una acumulación anormal de gases de efecto invernadero (GEI) puede llevar a nuestro planeta a calentarse irregularmente (Prentice et al., 2001).

c) Efecto invernadero

Salati (1990), determina que, nuestro planeta está rodeado por una delgada capa de gases denominada atmósfera. Esta atmósfera, se compone actualmente por nitrógeno (78.3%), oxígeno (21.0%), argón (0.3%), dióxido de carbono (0.03%) y otros gases en cantidades menores como helio, neón, xenón. Además de estos gases, la atmósfera contiene aerosoles (partículas) en cantidades variables dependiendo de su origen y concentración, y vapor de agua en concentraciones fluctuantes. Este último es responsable de gran parte de los fenómenos meteorológicos.

El efecto invernadero se debe a que ciertos gases en la atmósfera permiten que la mayor parte de la radiación solar incidente penetre hasta la superficie del planeta, mientras que absorben y reemiten parte de la radiación infrarroja que el planeta emite de regreso al espacio exterior.

Cuanto mayor es la concentración de los gases de invernadero, menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta emite libremente al espacio exterior. De esta manera, al aumentar la concentración de gases de invernadero, se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura superficial del planeta.

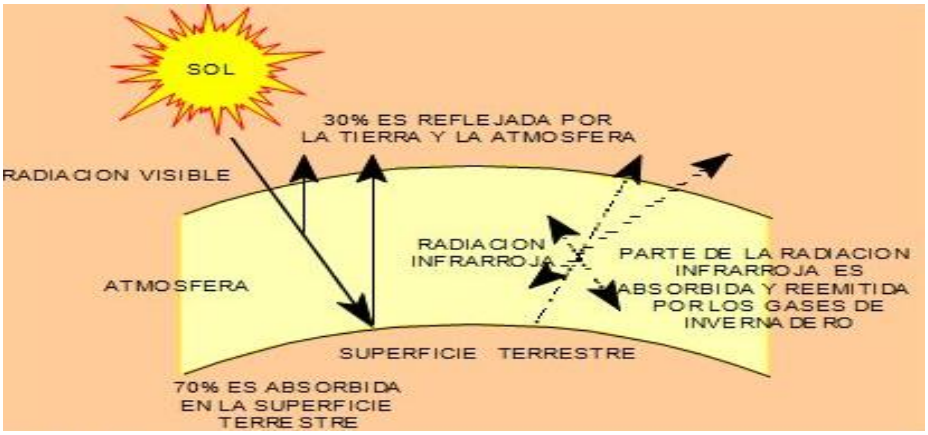


Figura 2 Efecto invernadero.

El efecto invernadero, es un fenómeno natural que ha permitido mantener la temperatura de la tierra a niveles constantes y apropiados. Este fenómeno ocurre, cuando la radiación solar visible penetra hasta la superficie de la tierra y la calienta, y ésta a su vez emite radiación térmica, parte de la cual es retenida por los denominados gases de efecto invernadero (GEI) entre los que se destacan: el dióxido de carbono, el metano, los clorofluocarbonos y el óxido nitroso. Cuando el sistema climático se encuentra equilibrado, la radiación solar absorbida está en armonía con la radiación emitida al espacio por la tierra, pero cuando la concentración de GEI en la atmósfera aumenta, este equilibrio se rompe y se provoca un aumento artificial en la temperatura media global del planeta. Se estima que el GEI que más influye en el calentamiento climático mundial, es el dióxido de carbono (CO_2) y que la mayor parte del incremento en las concentraciones atmosféricas de este gas, provienen del uso de combustibles fósiles, mientras que el 20-25% proviene de la extensión agrícola, la explotación comercial de bosques y el incremento de la oxidación de la materia orgánica en los suelos. (Erickson, 1992).

d) Causas y consecuencias del cambio climático global

El cambio climático global o calentamiento global, es un proceso de origen antrópico, que resulta de la aceleración del efecto invernadero natural de la tierra. La importancia de este proceso radica en las consecuencias catastróficas que está generando en todo el mundo como el derretimiento de los polos, incremento del nivel de mar, sequías, huracanes, tormentas,

desplazamiento de áreas agrícolas, migración de enfermedades, extinción de especies, entre otras. (FAO, 2002).

Entre los países desarrollados que contribuyen en mayor parte con la emisión de los gases de efecto invernadero, se encuentran Estados Unidos (EE.UU.) con un 33% del total mundial y Rusia con un 17.4%. También se encuentran países como Brasil, China, India, Japón, Alemania, Reino Unido, Indonesia y Francia. (Ciesla, 1996).

Ordoñez (1999), menciona que como consecuencia del incremento de los niveles de concentración atmosférica de CO_2 y otros gases de invernadero, se espera que la temperatura media superficial a nivel global aumente entre 1.4 y 5.8° C de 1990 al 2100. Dicho incremento en la temperatura será entre dos y 10 veces superior al observado en los últimos 100 años (0.6° C). Es probable, también, que en el futuro aumente la frecuencia del fenómeno de El Niño, ocasionando una mayor incidencia de inundaciones y sequías en gran cantidad de lugares de los trópicos y subtrópicos. Centeno (1992), Houghton y Woodwell (1989).

Por otra parte, la expansión térmica de los océanos y el decrecimiento de los glaciares podrían hacer que el nivel del mar aumentara entre 8 y 88 cm en el periodo de 1990 al 2100, trayendo consecuencias graves para países como Bangladesh y las pequeñas naciones insulares. Centeno (1992), Houghton y Woodwell (1989).

Al calentarse el clima, la evaporación podría incrementarse, y se podría ver un aumento en la precipitación media global y en la frecuencia de lluvias intensas, mientras que otras áreas tendrían una reducción de las mismas. De la misma forma, es de esperarse una mayor incidencia de algunos fenómenos climáticos extremos como episodios de temperaturas extremadamente altas, eventos de fuerte precipitación, déficits de humedad en los suelos, incrementos en la intensidad máxima de vientos y precipitación de ciclones tropicales, inundaciones, sequías e incendios.

1.2.2 Sumidero de carbono

Sumidero es cualquier proceso o mecanismo que absorbe un gas de efecto invernadero o precursor de un gas de efecto invernadero. Los ecosistemas naturales juegan un papel significativo en el almacenamiento de carbono. Por ejemplo, los bosques absorben CO_2 (la vegetación intercambia CO_2 entre la atmosfera y la biosfera mediante la fotosíntesis y la respiración) por medios naturales y van fijando el carbono en su biomasa. Es por ello, que se le considera como principal sumidero de carbono.

Por otra parte, los sumideros de carbono es el instrumento flexible del mecanismo de desarrollo limpio (MDL), ya que juegan un papel significativo en almacenamiento de carbono al proveer una protección ambiental más efectiva (Arango, 2011). Según el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 2002), los bosques son ecosistemas que ofrecen un importante potencial como sumideros de carbono. Los sumideros naturales de carbono como los bosques, rescatan el CO_2 de la atmosfera y lo integran a su estructura (MINAM, 2009).

Según Arango (2011), Los sumideros pueden ser:

- Naturales: Los árboles, el plancton oceánico y las turberas, son los principales sumideros naturales del planeta, esenciales para el ciclo de carbono. Por otro lado, ocurre que los árboles muertos, "juncos" y plantas de los pantanos se descomponen lentamente y de manera imperfecta, en condiciones anaeróbicas, bajo la superficie de los pantanos, produciendo turba. El mecanismo es lo suficientemente lento para que el pantano crezca rápido para fijar más carbono atmosférico que el que se libera por la descomposición. Así mismo, las plantaciones jóvenes capturan más carbono que los bosques primarios y/o maduros que ya han alcanzado su estado clímax y cuya capacidad de conversión de carbono atmosférico a biomasa está en equilibrio.

- Artificiales: Para la fijación artificial del carbono, primero debe ser capturado y luego almacenado por diferentes medios (Arango, 2011). La

captación y el almacenamiento de CO_2 es otra de las opciones de medidas de mitigación para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero, el cual, es un proceso consistente en la separación del CO_2 emitido por la industria y fuentes relacionadas con la energía, su transporte a un lugar de almacenamiento y su aislamiento de la atmósfera a largo plazo (IPCC, 2005).

1.2.3 Fijación de carbono y almacenamiento de CO_2

Según Dávila (2011), el almacenamiento y fijación de carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas. La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el CO_2 de la atmosfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan carbono que se utiliza para formar biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles. El almacenamiento de carbono varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos, así como también la densidad poblacional de cada estrato y por comunidad vegetal.

Asimismo, Carvajal (s.d) señala que el CO_2 almacenado en la biomasa de las plantas es el resultado de la resta entre el CO_2 atmosférico capturado durante la fotosíntesis y el CO_2 emitido a la atmósfera durante la respiración. Esta diferencia es empleada en la composición de la biomasa de la planta; por lo que, mientras mayor sea la generación de biomasa de esta, mayor cantidad de carbono fijado y CO_2 almacenado.

1.2.4 Servicios ambientales

Según la Ley N° 30215, Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos (2014) menciona que los servicios ambientales están definidos como: los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas. Los ecosistemas cumplen funciones importantes, entre ellos se cuenta la regulación hídrica en cuencas, el mantenimiento de la biodiversidad, el secuestro de carbono, la belleza paisajística y la formación de suelos, entre otros.

1.2.5 Biomasa aérea

Constituye toda la biomasa viva vegetal encontrada sobre el ras del suelo la cual principalmente está compuesta por la estructura de todas las especies vegetales vivas presentes como en: tallos, hojas, ramas, flores, etc. No se incluyen la hojarasca y demás materia en descomposición (Rugnitz, Chacón y Roberto, 2009). En la zona de estudio esta biomasa aérea está conformada por las palmeras de aguaje (*Mauritia flexuosa*), y árboles de tangarana (*Triplaris americana*), cetico (*Cecropia spp*), cumala (*Virola surinamensis*) y catahua (*Hura crepitans*).

Métodos para determinar la biomasa aérea

Según las metodologías propuestas por el Ministerio del Ambiente para la estimación de la biomasa (MINAM, 2009), existen dos métodos para la determinación de la biomasa en plantas, estos se indican a continuación:

- Método Directo: Consiste en el apeo de los árboles para realizar el pesado en fresco tanto de ramas, troncos, frutos y a la ves estimar su volumen; luego se toma muestras las cuales serán llevadas a laboratorio para determinar el carbono en peso seco. Además, este método es más costoso y requiere más tiempo para realizar el trabajo.
- Método Indirecto: Consiste en realizar observaciones en campo y medir las alturas y diámetros de los árboles, para luego insertarlas en formulas y a través de ellas, estimar la biomasa de una especie forestal de manera no destructiva. Este método requiere poca inversión y poco tiempo.

1.2.6 Formulas alométricas

Según Rugnitz et al. (2009) señala que una ecuación alométrica de biomasa es una herramienta matemática que permite conocer de forma simple, la cantidad de biomasa de un árbol por medio de la medición de la altura, diámetro y tamaño de la copa del árbol.

El uso de ecuaciones alométricas permite el estimar la biomasa de una especie forestal de una manera no destructiva y extrapolable.

Existe formulas alométricas por especie, por grupos de especies y por estrato de bosque (Honorio y Baker, 2010).

- **Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

  Los árboles son medidos con la corteza, a la altura del pecho (1.30m) determinándolo a este diámetro como DAP. El valor de la altura para la medición de 1,30 m sobre el suelo es una medida estándar más común y elemental, requerida en mediciones forestales en todo el mundo. Las mediciones de DAP es utilizado para calcular el área basal, volumen de la madera y la biomasa aérea de cada árbol (Arévalo, 2015).

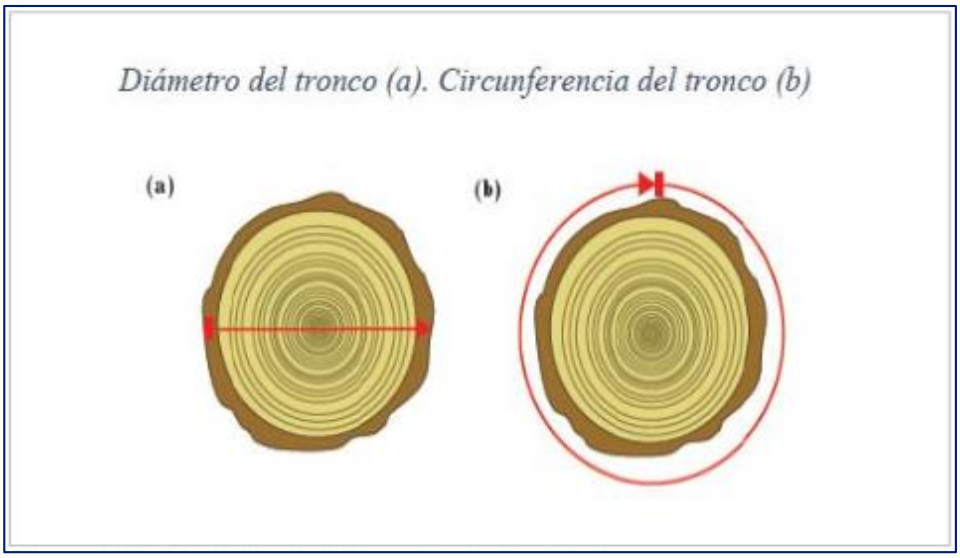


Figura 3. Medición del diámetro de los árboles. (Fuente: Walker et al. Guía de campo para la medición de biomasa y carbono forestal, Massachuset, USA, 2011 citado por Arévalo, 2015).

- **Altura total del fuste**

  Según Arévalo (2015), la altura total de un árbol es la longitud de línea recta desde la base del fuste hasta el extremo superior del árbol.

- **Área Basal**

  El área basal está definida por la suma de la sección transversal del fuste a la altura del DAP de los árboles por unidad de superficie (Cancino, 2006 citado por Arévalo, 2015).

- **Volumen de la madera**

  Álvarez (2005) citado por Arévalo (2015) mencionan que el volumen de la madera se obtiene por medio de la medición del DAP y la altura total del fuste de los árboles. Posteriormente, se expande a la unidad de superficie utilizando el factor de forma definido por el tamaño de la muestra.

1.2.7 Los humedales y la Convención RAMSAR

Según la convención de RAMSAR, convención sobre los humedales (RAMSAR, Irán, 1971), se entiende por humedales: "las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros".

La convención sobre los humedales de importancia internacional es un tratado intergubernamental cuya misión es la conservación y el uso racional de todos los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo.

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio, la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre, cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas. Es una zona de tierras planas, en la que la superficie se inunda de manera permanente o intermitentemente. Al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y terrestres.

1.2.8 Los humedales en la Amazonía

Los sistemas de humedales fluviales se caracterizan por tener las tierras inundadas periódicamente como resultado del desborde de los ríos. Por ejemplo, llanuras de inundación, bosques anegados y lagos de meandro. (Scott,

1989). La presencia de aguaje se evidencia en áreas de pantanos y áreas mal drenadas con inundaciones periódicas que, para vivir en un sustrato con poco oxígeno debido a la inundación, desarrollan raíces especiales que crecen hacia arriba para poder airear las raíces.

La zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena es un bosque húmedo tropical premontano (Holdridge, 1967), se caracterizan por ser bosques inundables representado por dos tipos de humedales, un humedal semidenso y el otro humedal denso, que se identifican de acuerdo a la cobertura vegetal, la densidad y la abundancia de los árboles.

Aguajales

(Freitas, Pinedo, Linares, Del Castillo, 2006). Ecosistemas pantanosos, constituido principalmente por aguaje (*Mauritia flexuosa*), también está formado por otras palmeras y especies forestales que cumplen un rol importante en la vida de las poblaciones rurales.

Esta palmera está presente a lo largo de planicies ligeramente depresionadas anegadas por aguas de escorrentía de las lluvias y ríos de agua negra y crece en formaciones monoespecíficas (aguajales) o puede formar comunidades multiespecíficas como los bosques de quebrada. (Kahn & Mejía, 1990). Según la densidad de los aguajes y la abundancia de los árboles, este ecosistema se clasifica en: denso, semidenso y de baja densidad (Malleux, 1974).

Los aguajales son ecosistemas que revisten una importancia notable de índole:

a) Económico, pues constituyen fuente de ingresos para los pobladores locales.
b) Social, ya que la población depende de este recurso para madera, alimentación, salud, construcción de viviendas y utensilios, entre otros (Gilmore et al. 2013).
c) Ambiental, pues proveen hábitat para diversos animales silvestres, incluyen muchas especies de plantas y especies arbóreas de valor para el

hombre y proporcionan servicios ecosistémicos de captación y almacenamiento de carbono (Freitas et al., 2006).

- **Funciones de los aguajales.**
  - ✓ Depuración y almacenamiento de agua.
  - ✓ Recarga de acuíferos.
  - ✓ Descarga de acuíferos; retención de nutrientes y sedimentos.
  - ✓ Retención de contaminantes.
  - ✓ Protección contra tormentas y mitigación de crecidas de los cursos de agua.
  - ✓ Estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura.

1.2.9 Descripción del área de estudio

a) Ubicación.

Según el plan maestro de la asociación hídrica aguajal renacal del Alto Mayo (AHARAM): el predio estatal denominado humedal del Alto Mayo se encuentra ubicado en la región San Martín, provincias de Moyobamba y Rioja; distritos de Moyobamba, Pósic y Yuracyacu. Posee una extensión total de 5,015.8 has, de las cuales 3,479.8 ha están a la margen izquierda, jurisdicción de la provincia de Rioja.

Aguajal renacal del Alto Mayo - Santa Elena, es un refugio natural para la diversidad de flora y fauna: mamíferos, aves, reptiles, peces e insectos. Tiene una extensa área de bosques, de 1335 hectáreas y está ubicada en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE) humedal del Alto Mayo sector Santa Elena, a una altura de 830 m.s.n.m. Es administrada actualmente por la asociación para conservación de aguajales y renacales río Romero (ACARR), organización sin fines de lucro y conformada por los habitantes del centro poblado Santa Elena en el distrito de Pósic, provincia de Rioja.

b) Descripción general de las especies a estudiar.

l. <u>Mauritia flexuosa.</u>

Reino	:	Plantae
Familia	:	Arecaceae
Género	:	Mauritia
Especie	:	Mauritia flexuosa
Nombre científico	:	Mauritia flexuosa
Nombre común	:	Aguaje, Buriti, Moriché,
Distribución	:	Amazonas, Loreto, Madre de Dios, San Martín, Ucayali.

El aguaje (*Mauritia flexuosa*), fue la primera palmera amazónica descrita por la ciencia, en 1781. Actualmente es considerada como una planta promisoria, que puede mejorar la calidad de vida de las personas.

- **Morfología del aguaje.**

  El aguaje presenta en forma separada plantas femeninas y masculinas. La "hembra" es la que produce el fruto, pero necesita de un "macho" para ser polinizada. En su etapa adulta, el aguaje puede alcanzar hasta los 35 metros de altura y 50 centímetros de diámetro; sus hojas son compuestas, conformadas aproximadamente por 200 segmentos foliares. Desarrolla en promedio ocho racimos por planta· y da cientos de frutos de forma ovalada cubiertos por escamas de color rojo vino.

- **Ecología.**

  El hábitat donde se desarrolla el aguaje es muy variado, desde tierras bajas inundadas permanentemente o estacionalmente hasta los terrenos bajos de tierra firme; por lo que se puede afirmar que el aguaje es una palmera con amplia plasticidad fisiológica (Rojas, 2000). Soporta una inundación permanente de su sistema radicular, afirmando que es la más acuática de las palmeras amazónicas y que ha conquistado los pantanos de la Amazonía.

2. <u>Triplaris americana.</u>

Reino	:	Plantae
Familia	:	Polygonaceae
Género	:	Triplaris
Especie	:	Triplaris americana
Nombre científico	:	Triplaris americana
Nombre común	:	Tangarana

Tangarana (*Triplaris americana*) es un árbol mediano, puede alcanzar entre 10 y 20 m de altura. La corteza externa es lisa y moteada. Las flores femeninas son de color rojo o rosado y las masculinas verdosas. Los frutos son aquenios triangulares con tres alas membranosas de color rojizo o rosado.

- **Descripción**

  Árbol dioico de (5- 10- 20) m de altura con la corteza lisa, grisácea. Yemas glabras, color castaño, estriadas. Estípulas de 10 - 12 cm de largo. Hojas alternas de ovadas a oblongas, de 15 - 40 x 7 - 20 cm, con la base redondeada, ligeramente atenuada y el ápice abruptamente acuminado. Inflorescencias con los ejes densamente velutinosos, de color amarillo castaño, formadas por espigas dispuestas en fascículos laxos.

- **Reproducción**

  Se propaga por semillas que son cultivadas en semillero, cuando las plántulas alcanzan los 5 cm de altura se traspasan a bolsas de polietileno y al alcanzar los 20 cm se trasplantan al lugar definitivo.

- **Hábitat**

  Vive en bosques secos tropicales, bosques húmedos tropicales, y bosques húmedos premontanos.

3. Cecropia spp.

Reino	:	Plantae
Clase	:	Magnoliopsida
Familia	:	Cecropia
Especie	:	Cecropia spp
Nombre científico	:	Cecropia spp
Nombre común	:	Cetico

El cético (*Cecropia spp*) es un árbol silvestre perteneciente a la familia Cecropiaceae, del que se han registrado en Perú 23 especies (Diccionario Enciclopédico de Plantas del Perú, Antonio Brack Egg, 1999). Se da en la selva amazónica y en los bosques de montaña, hasta más de 1.000 msnm. Muy frondoso a partir de un tamaño de arbusto hasta el de un árbol maderable, las hojas de cetico son de uso frecuente en la medicina naturista para el tratamiento de la diabetes.

- **Descripción**

  Son árboles, frecuentemente con raíces fulcrantes y poco ramificados, tallos terminales normalmente huecos y septados, habitados por hormigas, con látex oscuro al secarse. Hojas peltadas, ligera a profundamente palmatilobadas; pecíolos teretes y acostillados. Inflorescencias en espigas densas y carnosas; sépalos connados; estambres 2, libres; estigmas fimbriados. Aquenios 1 – 3 mm de largo, mayormente 2 – 3 angulados.

- **Ecología**

  Los tallos son huecos y tabicados en los nudos y de ellos se desprenden raíces zancudas. Contienen un látex tóxico y en sus ambientes nativos forman alianzas con las hormigas (mirmecófilas). Las hojas son alternas, simples y dispuestas en espiral; los indígenas suramericanos las utilizan tradicionalmente para incinerarlas y producir una cal que mezclan con las hojas de coca antes de masticarlas. Son utilizados como ornamentales en Europa.

4. <u>Virola surinamensis</u>

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Familia	:	Myristicaceae
Género	:	Virola
Especie	:	Virola surinamensis
Nombre científico	:	Virola surinamensis
Nombre común	:	Ceboda, cumala, ucuuba

La *Virola surinamensis*, conocida como ucuuba, se encuentra comúnmente en lugares pantanosos. El nombre del árbol significa en lengua indígena regiones UCU (grasa) y YBA (árbol), prefiere zonas inundadas, alcanzando una altura de 25 a 35 m. Un árbol maduro puede producir entre 30 a 50 kg de semillas por año. Las semillas son ricos en grasa (60 - 70%) y el rendimiento de aceite / sebo puede alcanzar hasta 50% por kilogramo de semilla seca. El crecimiento de ucuuba en el campo puede alcanzar hasta 3 m en dos años. La madera de este árbol es de excelente calidad para contrachapado y chapa, que amenaza con intensidad el recurso forestal restante.

- **Descripción:**

  Árbol de 20 a 35 m de altura y de 20 a 80 cm de diámetro. Tronco con ramificación verticilada y raíces tablares bien desarrolladas en la base. Corteza exterior marrón o rojiza. El desprendimiento de cualquier parte de la planta produce el flujo de un exudado acuoso, el cual se torna rojizos momentos después. Hojas simples y alternas, de 8 a 15 cm de largo y de 3 a 5 cm de ancho, oblanceoladas, con ápice acuminado, bordes enteros y base redondeada. Pecíolos de 0.5 a 1 cm de largo y acanalados en la parte superior. La especie es dioica. Flores amarillentas y aromáticas. Frutos en cápsulas ovoides de 2.5 a 3.5 cm de largo, verdes o marrón, tornándose amarillos y dehiscentes en dos valvas al madurar. Semillas envueltas de un arilo rojo.

5. <u>Hura crepitans</u>

Reino	:	Plantae
Filo	:	Magnoliophyta
Orden	:	Magnoliopsida
Clase	:	Euphorbiales
Familia	:	Euphorbiaceae
Nombre científico	:	Hura crepitans
Nombre común	:	Catahua

- **Descripción:**

  Es un árbol que alcanza los 45 metros de altura. Su tronco y ramas generalmente están cubiertos de espinas cortas. Exuda un látex muy irritante y tóxico. Las hojas son de color verde oscuro en el haz y verde más claro en el envés, son simples y ovaladas. Presenta flores masculinas y femeninas, dispuestas en diferentes partes del árbol, ambas de color rojo oscuro. Su fruto es una cápsula redondeada y achatada de color verde, marrón oscuro cuando madura y que cuando se seca, explota violentamente y expulsa la semilla a largas distancias.

- **Usos:**

  Su madera es usada en carpintería, en enchapados y en ebanistería. Con los troncos ahuecados se fabricaban canoas. Su tronco es utilizado como soporte de las casas flotantes. El látex ha sido utilizado para atontar los peces en la pesca, como sustituto de la planta de barbasco. También es utilizada en la preparación del curare. Medicinalmente se utiliza contra la lepra y la sarna, pero su uso es muy peligroso. La semilla asada pierde sus propiedades venenosas y puede ser consumida, cruda es un purgante drástico y venenoso. El fruto es utilizado en artesanía para confeccionar diversos objetos.

1.3 Definición de términos básicos

- **Biomasa.-** La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima o por debajo del suelo. La biomasa de un árbol está distribuida en los siguientes componentes: el fuste, ramas, hojas que corresponden a la biomasa aérea y la biomasa subterránea con los componentes de corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. (Bastienne et al., 2000).

- **Biomasa aérea.-** Es lo que conforma las estructuras leñosas aéreas de especies frutales, maderables y otros árboles del sistema productivo. (Medina, 2006).

- **Cambio climático global.-** Variaciones notorias e importantes en todo el mundo sobre el clima; ya sea en la temperatura, la lluvia y la elevación del nivel del mar, modificaciones y alteraciones en la biodiversidad; generando cambios en la atmosfera, así como en el clima en la tierra, debido a la alta concentración de CO_2 en la atmósfera, lo cual perjudica la eficiencia de la fotosíntesis y el uso de las aguas. Por consiguiente, afecta la fertilidad de las plantas y otros procesos de los ecosistemas (IPCC, 2002).

- **Captura de carbono.-** Extracción y almacenamiento del carbono de la atmósfera en sumideros de carbono como los océanos, los bosques a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis. (Russo, 2007).

- **Captura y almacenamiento de dióxido de carbono.-** La captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) es una de las técnicas que podrían utilizarse para reducir las emisiones de CO_2 provocadas por las actividades humanas. El CO_2 almacenado en la biomasa de las plantas es el resultado de la resta entre el CO_2 atmosférico capturado durante la fotosíntesis y el CO_2 emitido a la atmósfera durante la respiración. (Carvajal, s.d).

- **Carbono.-** Es un sólido inodoro, insípido e insoluble en agua que posee carácter reductor. Arde fácilmente dando CO_2. Se halla en la corteza y la atmósfera terrestre en una proporción de 0.1% en peso, libre o combinado. El carbono cumple un papel fundamental en los procesos fisicoquímicos y biológicos del planeta a través del ciclo de carbono. (Borrell y Cañamares, 1984).

- **Dióxido de carbono ($C0_2$).-** Gas incoloro, inodoro e incombustible que se encuentra en baja concentración en el aire que respiramos (en torno a un 0,03% en volumen). También es un producto de la respiración y de la fermentación. Las plantas absorben dióxido de carbono durante la fotosíntesis. Sin embargo, el quemar carbón, petróleo y gas natural como combustible produce grandes cantidades de CO_2. (Lagos y Venegas, 2003).

- **Ecosistema.-** Conjunto formado por los seres vivos (biocenosis o comunidad), el ámbito territorial en el que viven (biotopo) y las relaciones que se establecen entre ellos, tanto bióticas (influencias que los organismos reciben de otros de su misma especie o de especies diferentes) como abióticas (factores fisicoquímicos, como la luminosidad, la temperatura, la humedad, etc.). Un complejo dinámico de comunidades de plantas, animales y microorganismos con su ambiente no vivo, interactuando como una unidad funcional. (Ñique, 2008).

- **Ecuación alométrica.-** La ecuación alométrica es una fórmula aproximada, simplificada. Su principio es una expresión de interdependencia, organización y armonización de procesos fisiológicos. (Honorio, 2015)

- **Especie.-** Grupo de Individuos que se cruzan entre ellos y producen descendencia pero no con los de otros grupos y constituyen una comunidad taxonómica que comprende razas y variedades geográficas (Mostacedo, 2006).

- **Fotosíntesis.-** Es un proceso por el cual las plantas, algas y bacterias fotosintéticas, emplean la energía de la luz para convertirlo en energía química; esto permite que los cloroplastos y las moléculas de clorofila absorban y usen el CO_2 como fuente de carbono, para formar carbohidratos [(CH_2O)] y liberar oxígeno. Los individuos fotosintéticos absorben el CO_2 presente en la atmósfera y asimilan el carbono para finalmente depositarlos en las hojas, flores, tallos y raíces de estos. La reacción del proceso será: $CO_2 + H_2O \longrightarrow (CH_2O)n + O_2$ (Palomino 2007).

- **Gases de efecto invernadero.-** Se entiende a aquellos componentes gaseosos de la atmosfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y remiten radiación infrarroja. Estos gases son: Dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4),

oxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6). (UNFCCC, 1998).

- **Hábitat.-** Es el lugar donde vive un organismo o el lugar donde podemos encontrar una población (Mostacedo, 2006).

- **Población.-** Suma de todos los individuos de un taxón que viven en un área definida (Camacho & Ariosa 2000).

- **Inventario forestal.-** El inventario forestal es determinado como la tabulación confiable y satisfactoria de información de los árboles, relativa a una determinada área de bosque de acuerdo a un fin previsto. Es decir es el conjunto de procedimientos destinado a proveer información cualitativa y cuantitativa de un bosque, incluyendo algunas características del terreno en donde el mismo crece, y así determinar el estado actual de un bosque. (Manual práctico de inventarios forestales, s.d)

- **Secuestro o captura de carbono.-** El secuestro de carbono es un servicio ambiental basado en la capacidad de los ecosistemas forestales para absorber y almacenar el carbono atmosférico, así como en el manejo adecuado de estos ecosistemas, evitando su conversión en fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEl). (FONAM, 2004).

- **Servicio ambiental.-** Los servicios ambientales son el resultado de procesos ecológicos de los ecosistemas que generan beneficios económicos, sociales y ambientales a la sociedad, como; captura del dióxido de carbono, conservación de la biodiversidad, servicios hidrológicos, belleza escénica, protección contra desastres naturales. Sólo se convierten en servicios cuando el hombre toma conciencia de ellos y los incluye en sus sistemas de generación de valor. (Martínez, M., et al., 2004).

- **Sumidero.-** Se entiende cualquier proceso, actividad o mecanismo que absorbe un Gas de Efecto Invernadero (GEl) de la atmósfera. Un bosque natural o una plantación forestal son sumideros de Carbono. (Pedroni, 2007).

- **Sumidero de carbono.-** Un sumidero de carbono es aquel que elimina el carbono de la atmosfera, tal como sucede con las plantas verdes que consumen CO_2 durante el proceso de fotosíntesis (Martino, 2006).

CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Materiales

Se utilizó la ficha de inventario (**ver anexo 1**) para la recolección de datos de campo como el diámetro y la altura de los árboles muestreados.

Para el etiquetado y rotulado de los árboles se usó cintas de color, fueron 5 colores diferentes para cada especie y plumones indelebles.

La forcípula se utilizó para medir el diámetro de los árboles.

Para el muestreo de la altura de los árboles en pie se utilizó el clinómetro.

El GPS se utilizó para geo referenciar el área de estudio para poder trabajar en el campo de manera adecuada.

2.2 Métodos:

2.2.1 Tipo y nivel de investigación

- **Tipo de investigación**

  Investigación aplicada

  La investigación fue orientada a aportar soluciones frente el calentamiento global y contribuir a la mitigación de los GEI.

  Se registraron datos en campo; estos fueron cuantificados para luego ser procesados estadísticamente y posterior a ello contrastar las hipótesis planteadas, y finalmente se obtuvieron las conclusiones de la investigación.

- **Nivel de investigación**

  Descriptiva

  Los datos obtenidos se realizaron in situ, directamente de la realidad, en donde se tomó datos y estos a la vez fueron procesados para alcanzar los objetivos plasmados y así garantizar la investigación realizada**.**

2.2.2 Diseño de investigación

La metodología usada es de tipo descriptivo, la finalidad de dicho estudio fue realizar un análisis del estado del objeto de estudio, donde se determinó la cantidad de CO_2 acumulado en la biomasa aérea de palmeras y árboles del ecosistema humedal, mediante la recolección y registro de datos en campo tal como se encontró; posteriormente se realizó el cálculo del CO_2 almacenado en las especies de flora para toda el área de estudio.

El área de estudio constituyó por 2 sectores (1 denso y 1 semidenso), con parcelas distribuidas en cada sector del estudio, donde se registró el diámetro a la altura del pecho (DAP) de cada especie de flora a estudiar para determinar en gabinete los resultados de Área basal (AB) y Altura total (Ht). Y se procedió también a realizar el apeo de las palmeras y árboles más representativas de cada parcela, donde se obtuvo los datos para poder obtener la biomasa aérea de las especies: aguaje *(Mauritia flexuosa)*, tangarana (*Triplaris americana*), cetico (*Cecropia spp*), cumala (*Virola surinamensis)* y catahua *(Hura crepitans)*, y se utilizó el método de correlación siguiente:

$X \rightarrow Y$ Dónde: X: biomasa aérea de las especies de flora
Y: almacenamiento de CO_2

2.2.3 Población y muestra

Población:

La población de estudio fue todas las especies de flora presentes en el área de estudio (1335 hectáreas) de la ZoCRE, humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena, distrito de Pósic, provincia de Rioja, departamento de San Martín.

Muestra:

De acuerdo a la bibliografía para bosques inundables la unidad de muestreo es de 0.50 a 0.80 hectáreas según la guía de evaluación de flora silvestre (MINAM, 2010).

Para dicha investigación se estudió 2 parcelas, una parcela para humedal semidenso y otra parcela para humedal denso, cada parcela de 50 x 100 (5000 m^2).

2.2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En la presente investigación se utilizó la técnica de observación, debido a que se recogió los datos de diámetro y altura de las plantas de la ZoCRE, humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena; esta información se registró en las fichas de observación. Además, se utilizó los protocolos de Rainfor (Philips *et al*., 2016) y Honorio y Beker (2010) y demás protocolos que describen las metodologías para determinar la biomasa y el almacenamiento de carbono en árboles.

Los instrumentos que se utilizaron fueron los siguientes:

- Ficha de inventario **(ver anexo 1)**
- Ficha de medición de la biomasa área, carbono, CO_2 y el pago por servicio ambiental **(ver anexo 2)**

2.2.4.1 Técnicas de recolección de datos secundarios

Recolección de información

Se recurrió a diversas investigaciones realizadas por diversas instituciones a escala local, regional, nacional e internacional para el análisis metodológico y científico del presente estudio. Dentro de las técnicas utilizadas tenemos: fuentes internas, generadas por instituciones estatales; publicaciones de gobierno; libros, revistas, tesis, información del internet y datos de las organizaciones mundiales vinculadas al tema.

2.2.4.2 Técnicas de recolección de datos primarios

Ubicación del área de estudio

El área de estudio se ubica en la ZoCRE, humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena, distrito de Pósic, provincia de Rioja, departamento de San Martín.

Los humedales del río Romero y del río Negro, forman la reserva ecológica de Santa Elena. Se trata de un bosque inundable poblado por aguajales y renacales, ubicado en la ZoCRE humedal del Alto Mayo (junto con Lloros y Tingana) a unos 830 msnm. Se accede

desde la carretera Fernando Belaunde Terry en el distrito de Pósic, a 20 minutos de la ciudad de Rioja, cuenta con embarcadero, canoas, e implementos de seguridad que permite el acceso a la quebrada Romero y al río Negro e incluso al río Mayo.

Procedimiento

El procedimiento que se utilizó en la presente investigación para la obtención de los resultados es el que se muestra en la figura:

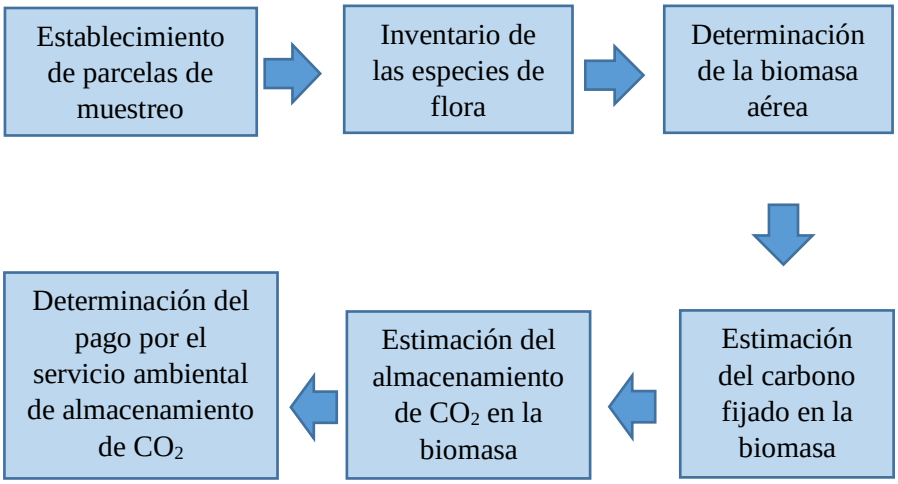


Figura 4. Procedimiento de recolección de datos.

Para el presente estudio se utilizó las siguientes metodologías, la cual consiste en 6 etapas a las cuales se incluyen una serie de fórmulas y se mencionan a continuación:

- **Etapa 1: Establecimiento de las parcelas de muestreo**

  Se establecieron 2 parcelas rectangulares de 50 x 100m haciendo un total de una hectárea (½ ha para humedal semidenso y ½ ha para humedal denso). Cada parcela se subdividió en cuadrantes de 25 x 25 m para facilitar el trabajo, estos cuadrantes se acomodaron de acuerdo a las condiciones del terreno. Las parcelas se establecieron de manera dirigida siguiendo la metodología propuesta de RAINFOR (Philips et al., 2016). Los vértices de cada parcela se establecieron usando el GPS y delimitados para facilitar el terreno. En la figura 5 se muestra el diseño de las parcelas que se utilizó en el estudio.

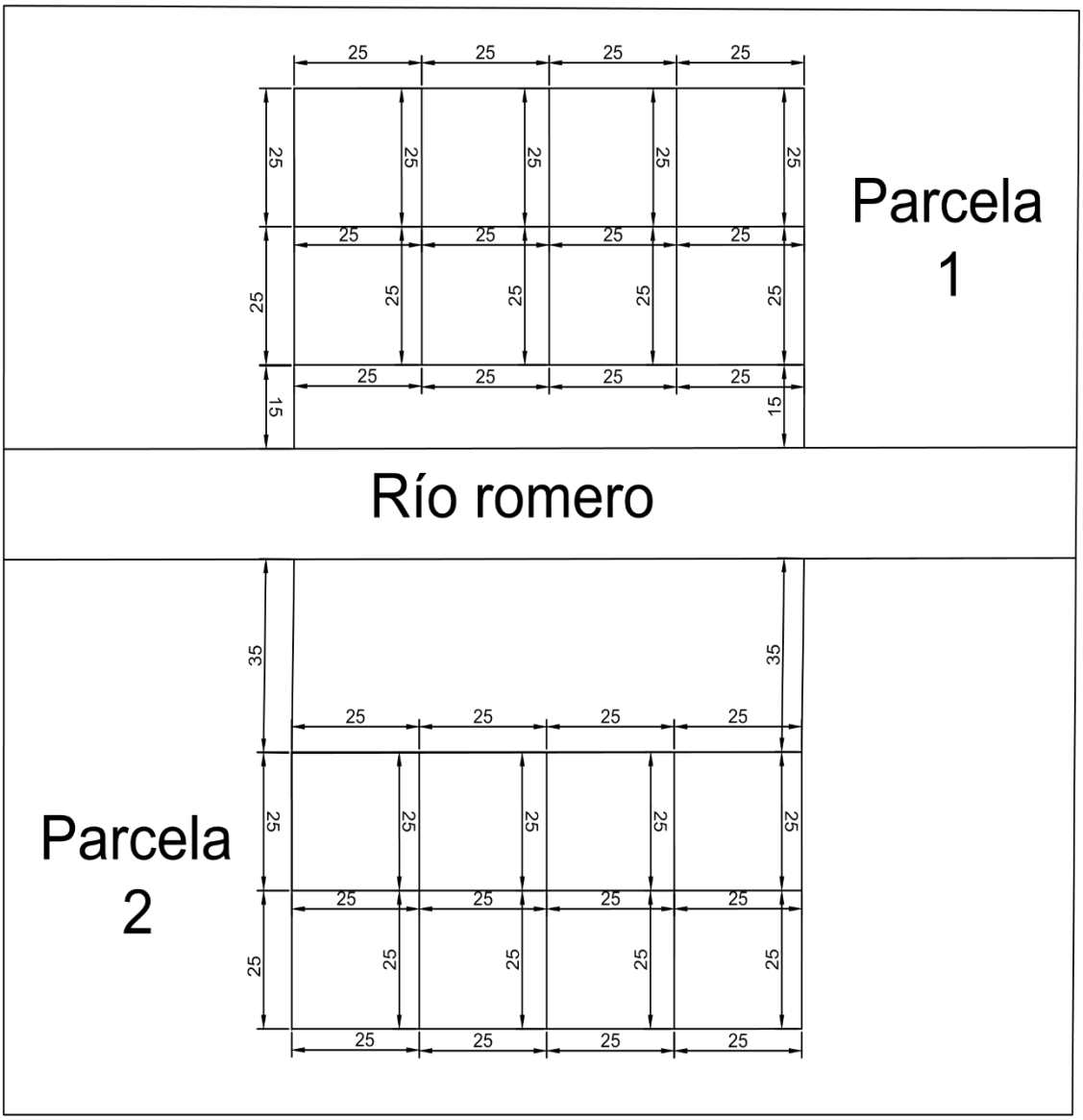


Figura 5. Diseño de establecimiento de parcelas.

- **Etapa 2: Inventario de los individuos de las especies de flora**

  Después de haber establecido las parcelas se realizó el inventario de especies de flora: aguaje (*Mauritia flexuosa*), tangarana (*Triplaris americana*), cetico (*Cecropia spp*), cumala (*Virola surinamensis*) y catahua (*Hura crepitans*).

  El inventario consistió en tomar los datos de la altura, y el diámetro de cada individuo con DAP = 7.5 cm; el diámetro se midió a la altura del pecho a 1.3 m sobre el suelo (MINAM, 2010; Honorio y Baker, 2010). Con respecto a la estimación de la altura se utilizó el clinómetro según el protocolo de RAINFOR (Phillips et al., 2016).

Para medir el diámetro de cada árbol se utilizó una cinta métrica y se midió la circunferencia del árbol y a través de la siguiente formula se convertió la circunferencia en diámetro (Arévalo, 2015).

La conversión se realizó con la siguiente formula:

$$\mathbf{DAP} = \mathbf{CAP}/\boldsymbol{\pi}$$

Donde:

- DAP: Diámetro a la altura del pecho
- CAP: Circunferencia a la altura del pecho.
  π (Pi)= 3.1416

- **Etapa 3: Determinación de biomasa aérea**

Para la determinación de la biomasa aérea se utilizó el método indirecto, el cual consiste en usar fórmulas alométricas para estimar la biomasa de las especies. Las fórmulas que se utilizó son las propuestas por Russo (2009) citado por Arévalo (2015).

a) Determinación del área basal

Primeramente, se determinó el área basal, para ello se usó la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{Area\ Basal}\ (\boldsymbol{AB}) = \frac{\pi}{4} * \mathrm{DAP}^2$$

Donde:

- AB: área basal m
- $\frac{\pi}{4}$: Constante $\pi = \frac{3.1416}{4} =$ 0.7854
- DAP^2 = Diámetro a la altura el pecho(m)

b) Determinación del volumen de la madera

Con la siguiente fórmula se determinó el volumen de la madera:

$$\textbf{Volumen de la madera } (\mathbf{m^3}) = \mathbf{AB*H*}\boldsymbol{ff}$$

Donde:

- AB: área basal (m^2)
- H: altura total del árbol (m)
- ff : Factor de forma (0.5)

c) Determinación de la biomasa aérea

Para la determinación de la biomasa aérea se utilizó el volumen de la madera y las densidades correspondiente a cada especie, para ello se utilizó la siguiente fórmula:

BA= Volumen de la madera* DM*FC

Donde:

- BA: Biomasa aérea (Mg/ha)
- DM: Densidad de la madera (Mg/m^3)
- FC: Factor de corrección (1.18)

Las densidades que se utilizó para el presente estudio son las propuestas por IIAP (s.d), Varón y Morales (2013) y Wordl Woods (s.d).

Tabla 1
Densidades de las especies.

ESPECIES	DENSIDADES	AUTORES
Triplaris americana	0.49	Varón y Morales (2013)
Hura crepitans	0.41	Varón y Morales (2013)
Cecropia ssp	0.33	Varón y Morales (2013)
Mauritia flexuosa	0.46	Wordl Woods (s.d)
Virola surinamensis	0.45	IIAP (s.d)

Fuente: IIAP, s.d; Varón y Morales, 2013 y Wordl Woods, s.d.

- **Etapa 4: Determinación del carbono fijado**

Para realizar la conversión de biomasa a carbono se multiplicó la biomasa aérea total en Mg/hectárea por el factor de conversión que es de 0.5 (IPCC, 2002).

Carbono (Mg/ha) = BA x FC

Donde:

- BA: Biomasa aérea total en Mg/ha
- FC: Factor de conversión 0.5 (IPCC, 2002).

- **Etapa 5: Estimación del CO_2 de las especies de flora**

  Según Forest Trends (2007), el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 se estima tomando como base los pesos moleculares (44/12), un Mg de carbono equivale a 3.67 Mg de CO_2e. De esta manera para poder saber la cantidad de CO_2e capturado (servicio ambiental), se multiplicó los Mg de carbono almacenado por el valor de 3.67.

  A continuación, se presenta la siguiente fórmula:

  $CO_2e = \Delta C$ total (MgC/ha) x 3.67

  Donde:

  - CO_2e: Dióxido de carbono equivalente.
  - ΔC: Cantidad de carbono total en la biomasa.
  - 3.67: Factor de conversión.

- **Etapa 6: Determinación del pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2**

  Para esta última etapa se valoró económicamente el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 del ecosistema humedal semidenso y denso en la ZoCRE, sector Santa Elena.

  Para ello se multiplicó los Mg de CO_2 encontradas por 5.9 dólares americanos (Forest Trend, 2007). Se utilizó la fórmula propuesta por López (2015).

  A continuación, se presenta la siguiente fórmula:

  PSA = $MgCO_2$ x PM

  Donde:

  - $MgCO_{2e}$= Megagramos fijados por hectárea.
  - PM: Precio utilizado para cada megagramo de CO_2; para este caso se utilizará el valor de US$5.9 (Forest Trend, 2007).

2.2.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para la presente investigación el análisis estadístico se realizó con el Programa Excel el cual permitió ordenar la información para poder procesarlo y determinar la biomasa, carbono, CO_2 y el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en las especies de flora a través de las fórmulas, también se realizó el Análisis de Varianza (ANVA) para realizar la prueba de hipótesis y se poder obtener las conclusiones.

En cuanto a la ubicación del área de estudio y para el diseño del establecimiento de parcelas se utilizó el programa Auto CAD y ArcGIS.

CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados

Los resultados se refieren a la identificación, registro de altura total, cálculo de biomasa total, captura de carbono y el CO_2 almacenado, en cual se realizó un análisis detallado de las especies de flora en la ZoCRE, humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.

3.1.1 Características de la zona de estudio

El estudio se desarrolló en dos ecosistemas de humedal:

1.- Humedal semidenso

2.- Humedal denso

Tabla 2
Resultados del inventario en la zona de estudio.

Nº	TIPO DE ECOSISTEMA			
	ESPECIES NOMBRE CIENTÍFICO	**ESPECIES NOMBRE COMÚN**	**HUMEDAL SEMIDENSO Nº DE INDIVIDUOS**	**HUMEDAL DENSO Nº DE INDIVIDUOS**
1	*Triplaris americana*	tangarana	14	17
2	*Virola surinamensis*	cumala	13	15
3	*Hura crepitans*	catahua	8	12
4	*Mauritia flexuosa*	aguaje	23	28
5	*Cecropia ssp*	cetico	4	8
	TOTAL		**62**	**80**

Fuente: Inventario forestal

En la tabla 2, se muestra que el total de individuos para el humedal semidenso, correspondiente a la parcela 01 es de 62, siendo la especie con mayor número de individuos la *Mauritia flexuosa* con 23 individuos. Por otro lado, el total de individuos para el humedal denso, correspondiente a la parcela 02 es de 80, siendo la especie con mayor número de individuos la *Mauritia flexuosa* con 28 individuos.

3.1.2 Determinación de la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.

Tabla 3
Biomasa de las especies registradas en la parcela 01

N°	ESPECIES	DAP m	AC m	AT m	AB m^2	VC m^3	VT m^3	VF m^3	D [Mg/m^3]	BA [Mg/ha]
1	Triplaris americana	0.34	35	38	0.091	2.224	1.725	3.949	0.490	2.284
2	Triplaris americana	0.39	30	33	0.119	2.509	1.971	4.480	0.490	2.590
3	Triplaris americana	0.43	25	28	0.145	2.541	2.033	4.574	0.490	2.645
4	Triplaris americana	0.38	23	28	0.113	1.826	1.588	3.414	0.490	1.974
5	Triplaris americana	0.35	25	27	0.096	1.684	1.299	2.983	0.490	1.725
6	Triplaris americana	0.34	23	27	0.091	1.462	1.226	2.687	0.490	1.554
7	Triplaris americana	0.36	27	30	0.102	1.924	1.527	3.451	0.490	1.995
8	Triplaris americana	0.35	28	31	0.096	1.886	1.491	3.377	0.490	1.953
9	Triplaris americana	0.33	25	28	0.086	1.497	1.197	2.694	0.490	1.558
10	Triplaris americana	0.35	29	33	0.096	1.953	1.587	3.541	0.490	2.047
11	Triplaris americana	0.38	22	26	0.113	1.747	1.474	3.221	0.490	1.862
12	Triplaris americana	0.32	27	30	0.080	1.520	1.206	2.726	0.490	1.576
13	Triplaris americana	0.35	30	32	0.096	2.020	1.539	3.560	0.490	2.058
14	Triplaris americana	0.38	33	36	0.113	2.620	2.041	4.661	0.490	2.695
15	Virola surinamensis	0.35	27	29	0.096	1.818	1.395	3.213	0.450	1.706
16	Virola surinamensis	0.42	32	35	0.139	3.103	2.425	5.528	0.450	2.935
17	Virola surinamensis	0.33	27	29	0.086	1.617	1.240	2.857	0.450	1.517
18	Virola surinamensis	0.36	26	29	0.102	1.323	1.476	2.799	0.450	1.486
19	Virola surinamensis	0.36	30	32	0.102	1.527	1.629	3.155	0.450	1.676
20	Virola surinamensis	0.35	26	30	0.096	1.251	1.443	2.694	0.450	1.430
21	Virola surinamensis	0.35	27	29	0.096	1.299	1.395	2.694	0.450	1.430
22	Virola surinamensis	0.42	24	27	0.139	1.663	1.870	3.533	0.450	1.876
23	Virola surinamensis	0.38	25	28	0.113	1.418	1.588	3.005	0.450	1.596
24	Virola surinamensis	0.39	30	35	0.119	1.792	2.091	3.882	0.450	2.062
25	Virola surinamensis	0.35	27	30	0.096	1.299	1.443	2.742	0.450	1.456
26	Virola surinamensis	0.37	29	32	0.108	1.559	1.720	3.279	0.450	1.741
27	Virola surinamensis	0.48	35	38	0.181	3.167	3.438	6.605	0.450	3.507
28	Hura crepitans	0.44	34	36	0.152	2.585	2.737	5.322	0.410	2.575
29	Hura crepitans	0.45	24	28	0.159	1.909	2.227	4.135	0.410	2.001
30	Hura crepitans	0.4	33	35	0.126	2.073	2.199	4.273	0.410	2.067
31	Hura crepitans	0.42	30	35	0.139	2.078	2.425	4.503	0.410	2.178
32	Hura crepitans	0.4	32	35	0.126	2.011	2.199	4.210	0.410	2.037

33	Hura crepitans	0.43	35	38	0.145	2.541	2.759	5.301	0.410	2.564
34	Hura crepitans	0.41	30	33	0.132	1.980	2.178	4.159	0.410	2.012
35	Hura crepitans	0.38	35	38	0.113	1.985	2.155	4.140	0.410	2.003
36	Mauritia flexuosa	0.41	30	35	0.132	1.980	2.310	4.291	0.460	2.329
37	Mauritia flexuosa	0.39	33	36	0.119	1.971	2.150	4.121	0.460	2.237
38	Mauritia flexuosa	0.4	33	36	0.126	2.073	2.262	4.335	0.460	2.353
39	Mauritia flexuosa	0.41	34	37	0.132	2.244	2.442	4.687	0.460	2.544
40	Mauritia flexuosa	0.38	34	37	0.113	1.928	2.098	4.026	0.460	2.185
41	Mauritia flexuosa	0.43	36	40	0.145	2.614	2.904	5.518	0.460	2.995
42	Mauritia flexuosa	0.39	33	37	0.119	1.971	2.210	4.181	0.460	2.269
43	Mauritia flexuosa	0.4	31	34	0.126	1.948	2.136	4.084	0.460	2.217
44	Mauritia flexuosa	0.39	32	36	0.119	1.911	2.150	4.062	0.460	2.205
45	Mauritia flexuosa	0.38	33	39	0.113	1.871	2.212	4.083	0.460	2.216
46	Mauritia flexuosa	0.4	30	35	0.126	1.885	2.199	4.084	0.460	2.217
47	Mauritia flexuosa	0.38	32	34	0.113	1.815	1.928	3.743	0.460	2.031
48	Mauritia flexuosa	0.42	35	37	0.139	2.425	2.563	4.988	0.460	2.707
49	Mauritia flexuosa	0.4	37	39	0.126	2.325	2.450	4.775	0.460	2.592
50	Mauritia flexuosa	0.39	36	38	0.119	2.150	2.270	4.420	0.460	2.399
51	Mauritia flexuosa	0.39	34	37	0.119	2.031	2.210	4.241	0.460	2.302
52	Mauritia flexuosa	0.41	29	32	0.132	1.914	2.112	4.027	0.460	2.186
53	Mauritia flexuosa	0.43	35	37	0.145	2.541	2.687	5.228	0.460	2.838
54	Mauritia flexuosa	0.39	34	36	0.119	2.031	2.150	4.181	0.460	2.269
55	Mauritia flexuosa	0.4	34	36	0.126	2.136	2.262	4.398	0.460	2.387
56	Mauritia flexuosa	0.32	28	34	0.080	1.126	1.367	2.493	0.460	1.353
57	Mauritia flexuosa	0.39	33	35	0.119	1.971	2.091	4.062	0.460	2.205
58	Mauritia flexuosa	0.39	35	37	0.119	2.091	2.210	4.301	0.460	2.334
59	Cecropia spp	0.41	38	39	0.132	2.508	2.574	5.083	0.330	1.979
60	Cecropia spp	0.44	37	39	0.152	2.813	2.965	5.778	0.330	2.250
61	Cecropia spp	0.4	36	39	0.126	2.262	2.450	4.712	0.330	1.835
62	Cecropia spp	0.4	35	38	0.126	2.199	2.388	4.587	0.330	1.786

Muestra las especies estudiadas en la parcela 01 con los diferentes valores de acuerdo al inventario realizado y la cantidad de biomasa de las especies de flora en la ZoCRE para el ecosistema humedal semidenso.

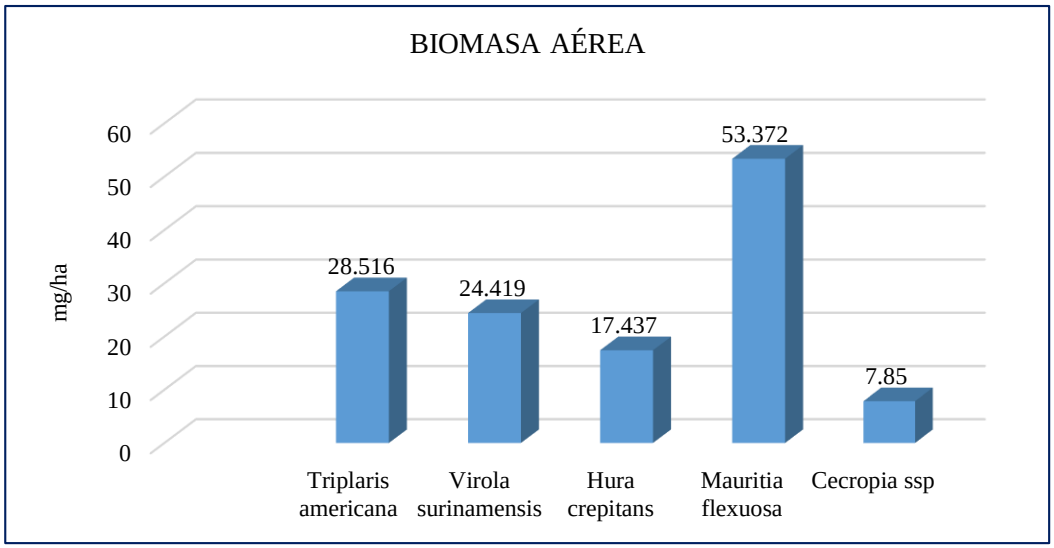


Figura 6. Biomasa aérea por especie en la parcela 01.

En la figura 6, se muestra la biomasa aérea total para el humedal semidenso igual a 131.594 Mg/ ha de las especies arbóreas. Así mismo la especie *Mauritia flexuosa* es la que tiene mayor cantidad de biomasa con 53.372 Mg/ha en la parcela 01.

Tabla 4

Biomasa de las especies registradas en la parcela 02

N°	ESPECIES	DAP m	AC m	AT m	AB m^2	VC m^3	VT m^3	VF m^3	D [Mg/m^3]	BA [Mg/ha]
1	Triplaris americana	0.38	22	25	0.113	1.747	1.985	3.731	0.490	2.157
2	Triplaris americana	0.44	25	28	0.152	2.661	2.980	5.641	0.490	3.262
3	Triplaris americana	0.38	20	25	0.113	1.588	1.985	3.572	0.490	2.066
4	Triplaris americana	0.45	34	36	0.159	3.785	4.008	7.793	0.490	4.506
5	Triplaris americana	0.42	26	30	0.139	2.522	2.909	5.431	0.490	3.140
6	Triplaris americana	0.31	25	28	0.075	1.321	1.479	2.800	0.490	1.619
7	Triplaris americana	0.42	25	28	0.139	2.425	2.715	5.140	0.490	2.972
8	Triplaris americana	0.39	19	21	0.119	1.589	1.756	3.345	0.490	1.934
9	Triplaris americana	0.48	19	21	0.181	2.407	2.660	5.067	0.490	2.930
10	Triplaris americana	0.32	22	28	0.080	1.239	1.576	2.815	0.490	1.628
11	Triplaris americana	0.38	20	22	0.113	1.588	1.747	3.334	0.490	1.928
12	Triplaris americana	0.47	30	32	0.173	3.643	3.886	7.530	0.490	4.354
13	Triplaris americana	0.35	23	25	0.096	1.549	1.684	3.233	0.490	1.869
14	Triplaris americana	0.35	25	28	0.096	1.684	1.886	3.569	0.490	2.064
15	Triplaris americana	0.34	27	29	0.091	1.716	1.843	3.559	0.490	2.058
16	Triplaris americana	0.33	25	29	0.086	1.497	1.736	3.233	0.490	1.869

17	Triplaris americana	0.45	26	28	0.159	2.895	3.117	6.012	0.490	3.476
18	Virola surinamensis	0.35	26	29	0.096	1.751	1.953	3.704	0.450	1.967
19	Virola surinamensis	0.32	25	28	0.080	1.407	1.576	2.984	0.450	1.584
20	Virola surinamensis	0.36	22	25	0.102	1.568	1.781	3.349	0.450	1.778
21	Virola surinamensis	0.44	26	29	0.152	2.767	3.087	5.854	0.450	3.108
22	Virola surinamensis	0.4	25	28	0.126	2.199	2.463	4.662	0.450	2.476
23	Virola surinamensis	0.35	18	20	0.096	1.212	1.347	2.559	0.450	1.359
24	Virola surinamensis	0.36	26	29	0.102	1.853	2.066	3.919	0.450	2.081
25	Virola surinamensis	0.45	30	32	0.159	3.340	3.563	6.902	0.450	3.665
26	Virola surinamensis	0.42	23	25	0.139	2.231	2.425	4.655	0.450	2.472
27	Virola surinamensis	0.45	20	22	0.159	2.227	2.449	4.676	0.450	2.483
28	Virola surinamensis	0.32	25	27	0.080	1.407	1.520	2.927	0.450	1.554
29	Virola surinamensis	0.38	25	28	0.113	1.985	2.223	4.208	0.450	2.234
30	Virola surinamensis	0.45	29	31	0.159	3.229	3.451	6.680	0.450	3.547
31	Virola surinamensis	0.39	30	32	0.119	2.509	2.676	5.185	0.450	2.753
32	Virola surinamensis	0.38	29	33	0.113	2.302	2.620	4.922	0.450	2.614
33	Hura crepitans	0.39	25	27	0.119	2.091	2.258	4.348	0.410	2.104
34	Hura crepitans	0.34	25	28	0.091	1.589	1.780	3.368	0.410	1.630
35	Hura crepitans	0.42	31	34	0.139	3.006	3.297	6.304	0.410	3.050
36	Hura crepitans	0.39	32	34	0.119	2.676	2.843	5.519	0.410	2.670
37	Hura crepitans	0.41	28	31	0.132	2.588	2.865	5.453	0.410	2.638
38	Hura crepitans	0.43	19	22	0.145	1.931	2.236	4.168	0.410	2.016
39	Hura crepitans	0.32	28	32	0.080	1.576	1.802	3.378	0.410	1.634
40	Hura crepitans	0.32	29	33	0.080	1.633	1.858	3.490	0.410	1.689
41	Hura crepitans	0.36	28	31	0.102	1.995	2.209	4.204	0.410	2.034
42	Hura crepitans	0.42	32	34	0.139	3.103	3.297	6.401	0.410	3.097
43	Hura crepitans	0.42	26	29	0.139	2.522	2.812	5.334	0.410	2.581
44	Hura crepitans	0.39	20	22	0.119	1.672	1.840	3.512	0.410	1.699
45	Mauritia flexuosa	0.43	25	28	0.145	2.541	2.846	5.388	0.460	2.924
46	Mauritia flexuosa	0.4	23	25	0.126	2.023	2.199	4.222	0.460	2.292
47	Mauritia flexuosa	0.44	27	30	0.152	2.874	3.193	6.067	0.460	3.293
48	Mauritia flexuosa	0.39	25	27	0.119	2.091	2.258	4.348	0.460	2.360
49	Mauritia flexuosa	0.42	28	32	0.139	2.715	3.103	5.819	0.460	3.158
50	Mauritia flexuosa	0.36	22	24	0.102	1.568	1.710	3.278	0.460	1.779
51	Mauritia flexuosa	0.43	30	32	0.145	3.050	3.253	6.303	0.460	3.421
52	Mauritia flexuosa	0.34	27	29	0.091	1.716	1.843	3.559	0.460	1.932
53	Mauritia flexuosa	0.36	24	27	0.102	1.710	1.924	3.634	0.460	1.972
54	Mauritia flexuosa	0.42	22	25	0.139	2.134	2.425	4.558	0.460	2.474
55	Mauritia flexuosa	0.39	24	26	0.119	2.007	2.174	4.181	0.460	2.269
56	Mauritia flexuosa	0.36	22	25	0.102	1.568	1.781	3.349	0.460	1.818

57	Mauritia flexuosa	0.45	28	30	0.159	3.117	3.340	6.457	0.460	3.505
58	Mauritia flexuosa	0.39	24	26	0.119	2.007	2.174	4.181	0.460	2.269
59	Mauritia flexuosa	0.44	25	28	0.152	2.661	2.980	5.641	0.460	3.062
60	Mauritia flexuosa	0.44	30	32	0.152	3.193	3.406	6.599	0.460	3.582
61	Mauritia flexuosa	0.38	23	26	0.113	1.826	2.064	3.890	0.460	2.111
62	Mauritia flexuosa	0.39	20	22	0.119	1.672	1.840	3.512	0.460	1.906
63	Mauritia flexuosa	0.41	22	24	0.132	2.033	2.218	4.251	0.460	2.308
64	Mauritia flexuosa	0.41	15	18	0.132	1.386	1.664	3.050	0.460	1.655
65	Mauritia flexuosa	0.42	23	26	0.139	2.231	2.522	4.752	0.460	2.579
66	Mauritia flexuosa	0.41	26	29	0.132	2.403	2.680	5.083	0.460	2.759
67	Mauritia flexuosa	0.36	20	28	0.102	1.425	1.995	3.420	0.460	1.856
68	Mauritia flexuosa	0.39	28	32	0.119	2.341	2.676	5.017	0.460	2.723
69	Mauritia flexuosa	0.4	20	22	0.126	1.759	1.935	3.695	0.460	2.005
70	Mauritia flexuosa	0.42	23	25	0.139	2.231	2.425	4.655	0.460	2.527
71	Mauritia flexuosa	0.45	23	26	0.159	2.561	2.895	5.455	0.460	2.961
72	Mauritia flexuosa	0.38	23	25	0.113	1.826	1.985	3.811	0.460	2.068
73	Cecropia spp	0.44	32	35	0.152	3.406	3.725	7.131	0.330	2.777
74	Cecropia spp	0.41	31	33	0.132	2.865	3.050	5.915	0.330	2.303
75	Cecropia spp	0.39	29	33	0.119	2.425	2.760	5.185	0.330	2.019
76	Cecropia spp	0.37	33	36	0.108	2.484	2.710	5.193	0.330	2.022
77	Cecropia spp	0.44	36	39	0.152	3.832	4.151	7.983	0.330	3.108
78	Cecropia spp	0.37	32	35	0.108	2.408	2.634	5.043	0.330	1.964
79	Cecropia spp	0.43	24	26	0.145	2.440	2.643	5.083	0.330	1.979
80	Cecropia spp	0.42	29	32	0.139	2.812	3.103	5.916	0.330	2.304

Muestra las especies estudiadas en la parcela 02, con los diferentes valores de acuerdo al inventario realizado y la cantidad de biomasa para las especies de flora en la ZoCRE para el ecosistema humedal denso.

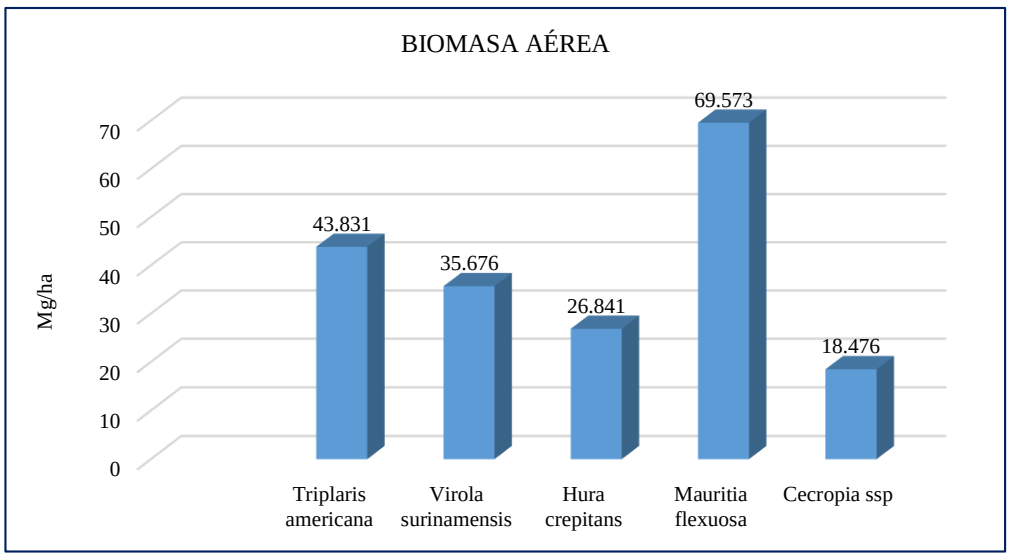


Figura 7. Biomasa aérea por especie en la parcela 02.

En la figura 7, se muestra la biomasa aérea total para el humedal denso igual a 194.397 Mg/ha de las especies arbóreas. Así mismo la especie *Mauritia flexuosa* es la que tiene mayor cantidad de biomasa con 69.573 Mg/ha en la parcela 02.

3.1.3 Determinación de la cantidad de carbono de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.

Tabla 5
Captura de carbono de las especies registradas en la parcela 01

N°	ESPECIES	DAP m	AT m	AB m^2	V m^3	D [Mg/m^3]	BA [Mg/ha]	CARBONO [Mg/ha]
1	*Triplaris americana*	0.34	38	0.091	3.949	0.490	2.284	1.142
2	*Triplaris americana*	0.39	33	0.119	4.480	0.490	2.590	1.295
3	*Triplaris americana*	0.43	28	0.145	4.574	0.490	2.645	1.322
4	*Triplaris americana*	0.38	28	0.113	3.414	0.490	1.974	0.987
5	*Triplaris americana*	0.35	27	0.096	2.983	0.490	1.725	0.862
6	*Triplaris americana*	0.34	27	0.091	2.687	0.490	1.554	0.777
7	*Triplaris americana*	0.36	30	0.102	3.451	0.490	1.995	0.998
8	*Triplaris americana*	0.35	31	0.096	3.377	0.490	1.953	0.976
9	*Triplaris americana*	0.33	28	0.086	2.694	0.490	1.558	0.779
10	*Triplaris americana*	0.35	33	0.096	3.541	0.490	2.047	1.024
11	*Triplaris americana*	0.38	26	0.113	3.221	0.490	1.862	0.931
12	*Triplaris americana*	0.32	30	0.080	2.726	0.490	1.576	0.788
13	*Triplaris americana*	0.35	32	0.096	3.560	0.490	2.058	1.029
14	*Triplaris americana*	0.38	36	0.113	4.661	0.490	2.695	1.348
15	*Virola surinamensis*	0.35	29	0.096	3.213	0.450	1.706	0.853
16	*Virola surinamensis*	0.42	35	0.139	5.528	0.450	2.935	1.468
17	*Virola surinamensis*	0.33	29	0.086	2.857	0.450	1.517	0.758
18	*Virola surinamensis*	0.36	29	0.102	2.799	0.450	1.486	0.743
19	*Virola surinamensis*	0.36	32	0.102	3.155	0.450	1.676	0.838
20	*Virola surinamensis*	0.35	30	0.096	2.694	0.450	1.430	0.715
21	*Virola surinamensis*	0.35	29	0.096	2.694	0.450	1.430	0.715
22	*Virola surinamensis*	0.42	27	0.139	3.533	0.450	1.876	0.938
23	*Virola surinamensis*	0.38	28	0.113	3.005	0.450	1.596	0.798
24	*Virola surinamensis*	0.39	35	0.119	3.882	0.450	2.062	1.031
25	*Virola surinamensis*	0.35	30	0.096	2.742	0.450	1.456	0.728
26	*Virola surinamensis*	0.37	32	0.108	3.279	0.450	1.741	0.871

27	*Virola surinamensis*	0.48	38	0.181	6.605	0.450	3.507	1.754
28	*Hura crepitans*	0.44	36	0.152	5.322	0.410	2.575	1.287
29	*Hura crepitans*	0.45	28	0.159	4.135	0.410	2.001	1.000
30	*Hura crepitans*	0.4	35	0.126	4.273	0.410	2.067	1.034
31	*Hura crepitans*	0.42	35	0.139	4.503	0.410	2.178	1.089
32	*Hura crepitans*	0.4	35	0.126	4.210	0.410	2.037	1.018
33	*Hura crepitans*	0.43	38	0.145	5.301	0.410	2.564	1.282
34	*Hura crepitans*	0.41	33	0.132	4.159	0.410	2.012	1.006
35	*Hura crepitans*	0.38	38	0.113	4.140	0.410	2.003	1.001
36	*Mauritia flexuosa*	0.41	35	0.132	4.291	0.460	2.329	1.165
37	*Mauritia flexuosa*	0.39	36	0.119	4.121	0.460	2.237	1.119
38	*Mauritia flexuosa*	0.4	36	0.126	4.335	0.460	2.353	1.177
39	*Mauritia flexuosa*	0.41	37	0.132	4.687	0.460	2.544	1.272
40	*Mauritia flexuosa*	0.38	37	0.113	4.026	0.460	2.185	1.093
41	*Mauritia flexuosa*	0.43	40	0.145	5.518	0.460	2.995	1.498
42	*Mauritia flexuosa*	0.39	37	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135
43	*Mauritia flexuosa*	0.4	34	0.126	4.084	0.460	2.217	1.108
44	*Mauritia flexuosa*	0.39	36	0.119	4.062	0.460	2.205	1.102
45	*Mauritia flexuosa*	0.38	39	0.113	4.083	0.460	2.216	1.108
46	*Mauritia flexuosa*	0.4	35	0.126	4.084	0.460	2.217	1.108
47	*Mauritia flexuosa*	0.38	34	0.113	3.743	0.460	2.031	1.016
48	*Mauritia flexuosa*	0.42	37	0.139	4.988	0.460	2.707	1.354
49	*Mauritia flexuosa*	0.4	39	0.126	4.775	0.460	2.592	1.296
50	*Mauritia flexuosa*	0.39	38	0.119	4.420	0.460	2.399	1.200
51	*Mauritia flexuosa*	0.39	37	0.119	4.241	0.460	2.302	1.151
52	*Mauritia flexuosa*	0.41	32	0.132	4.027	0.460	2.186	1.093
53	*Mauritia flexuosa*	0.43	37	0.145	5.228	0.460	2.838	1.419
54	*Mauritia flexuosa*	0.39	36	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135
55	*Mauritia flexuosa*	0.4	36	0.126	4.398	0.460	2.387	1.194
56	*Mauritia flexuosa*	0.32	34	0.080	2.493	0.460	1.353	0.677
57	*Mauritia flexuosa*	0.39	35	0.119	4.062	0.460	2.205	1.102
58	*Mauritia flexuosa*	0.39	37	0.119	4.301	0.460	2.334	1.167
59	*Cecropia spp*	0.41	39	0.132	5.083	0.330	1.979	0.990
60	*Cecropia spp*	0.44	39	0.152	5.778	0.330	2.250	1.125
61	*Cecropia spp*	0.4	39	0.126	4.712	0.330	1.835	0.918
62	*Cecropia spp*	0.4	38	0.126	4.587	0.330	1.786	0.893

Muestra la cantidad de carbono capturado por las especies, para el humedal semidenso correspondiente a la parcela 01.

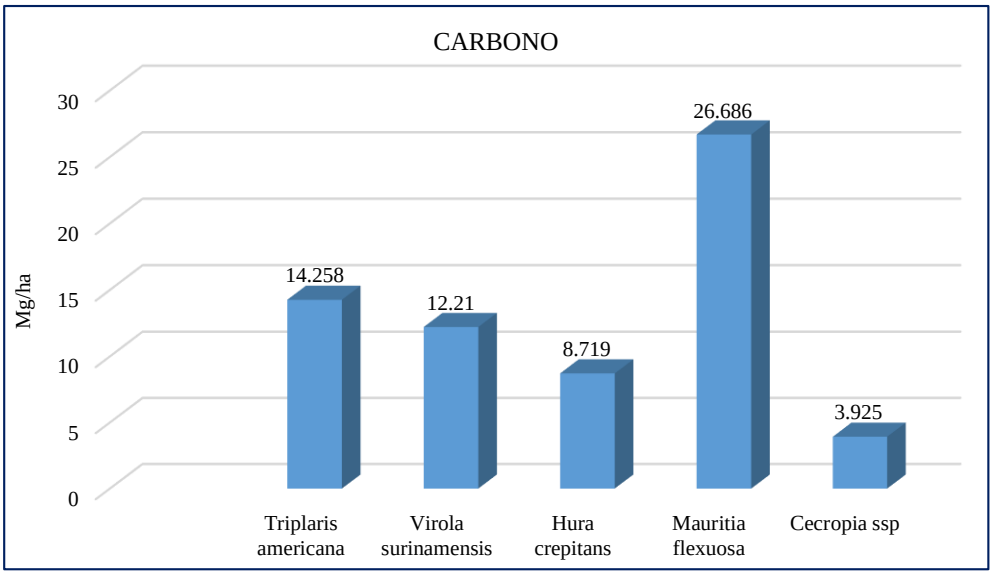


Figura 8. Carbono capturado por las especies en la parcela 01.

En la figura 8, se muestra el total de captura de carbono para el humedal semidenso en cada especie, mientras que el carbono capturado por las 5 especies es de 65.797 Mg/ha, siendo la especie *Mauritia flexuosa* la cual captura mayor cantidad de carbono con 26.686 Mg/ha en la parcela 01.

Tabla 6

Captura de carbono de las especies registradas en la parcela 02

N°	ESPECIES	DAP m	AT m	AB m^2	VF m^3	D [Mg/m^3]	BA [Mg/ha]	CARBONO [Mg/ha]
1	*Triplaris americana*	0.38	25	0.113	3.731	0.490	2.157	1.079
2	*Triplaris americana*	0.44	28	0.152	5.641	0.490	3.262	1.631
3	*Triplaris americana*	0.38	25	0.113	3.572	0.490	2.066	1.033
4	*Triplaris americana*	0.45	36	0.159	7.793	0.490	4.506	2.253
5	*Triplaris americana*	0.42	30	0.139	5.431	0.490	3.140	1.570
6	*Triplaris americana*	0.31	28	0.075	2.800	0.490	1.619	0.810
7	*Triplaris americana*	0.42	28	0.139	5.140	0.490	2.972	1.486
8	*Triplaris americana*	0.39	21	0.119	3.345	0.490	1.934	0.967
9	*Triplaris americana*	0.48	21	0.181	5.067	0.490	2.930	1.465
10	*Triplaris americana*	0.32	28	0.080	2.815	0.490	1.628	0.814
11	*Triplaris americana*	0.38	22	0.113	3.334	0.490	1.928	0.964
12	*Triplaris americana*	0.47	32	0.173	7.530	0.490	4.354	2.177
13	*Triplaris americana*	0.35	25	0.096	3.233	0.490	1.869	0.935
14	*Triplaris americana*	0.35	28	0.096	3.569	0.490	2.064	1.032
15	*Triplaris americana*	0.34	29	0.091	3.559	0.490	2.058	1.029
16	*Triplaris americana*	0.33	29	0.086	3.233	0.490	1.869	0.935

17	*Triplaris americana*	0.45	28	0.159	6.012	0.490	3.476	1.738
18	*Virola surinamensis*	0.35	29	0.096	3.704	0.450	1.967	0.983
19	*Virola surinamensis*	0.32	28	0.080	2.984	0.450	1.584	0.792
20	*Virola surinamensis*	0.36	25	0.102	3.349	0.450	1.778	0.889
21	*Virola surinamensis*	0.44	29	0.152	5.854	0.450	3.108	1.554
22	*Virola surinamensis*	0.4	28	0.126	4.662	0.450	2.476	1.238
23	*Virola surinamensis*	0.35	20	0.096	2.559	0.450	1.359	0.679
24	*Virola surinamensis*	0.36	29	0.102	3.919	0.450	2.081	1.040
25	*Virola surinamensis*	0.45	32	0.159	6.902	0.450	3.665	1.833
26	*Virola surinamensis*	0.42	25	0.139	4.655	0.450	2.472	1.236
27	*Virola surinamensis*	0.45	22	0.159	4.676	0.450	2.483	1.241
28	*Virola surinamensis*	0.32	27	0.080	2.927	0.450	1.554	0.777
29	*Virola surinamensis*	0.38	28	0.113	4.208	0.450	2.234	1.117
30	*Virola surinamensis*	0.45	31	0.159	6.680	0.450	3.547	1.773
31	*Virola surinamensis*	0.39	32	0.119	5.185	0.450	2.753	1.376
32	*Virola surinamensis*	0.38	33	0.113	4.922	0.450	2.614	1.307
33	*Hura crepitans*	0.39	27	0.119	4.348	0.410	2.104	1.052
34	*Hura crepitans*	0.34	28	0.091	3.368	0.410	1.630	0.815
35	*Hura crepitans*	0.42	34	0.139	6.304	0.410	3.050	1.525
36	*Hura crepitans*	0.39	34	0.119	5.519	0.410	2.670	1.335
37	*Hura crepitans*	0.41	31	0.132	5.453	0.410	2.638	1.319
38	*Hura crepitans*	0.43	22	0.145	4.168	0.410	2.016	1.008
39	*Hura crepitans*	0.32	32	0.080	3.378	0.410	1.634	0.817
40	*Hura crepitans*	0.32	33	0.080	3.490	0.410	1.689	0.844
41	*Hura crepitans*	0.36	31	0.102	4.204	0.410	2.034	1.017
42	*Hura crepitans*	0.42	34	0.139	6.401	0.410	3.097	1.548
43	*Hura crepitans*	0.42	29	0.139	5.334	0.410	2.581	1.290
44	*Hura crepitans*	0.39	22	0.119	3.512	0.410	1.699	0.850
45	*Mauritia flexuosa*	0.43	28	0.145	5.388	0.460	2.924	1.462
46	*Mauritia flexuosa*	0.4	25	0.126	4.222	0.460	2.292	1.146
47	*Mauritia flexuosa*	0.44	30	0.152	6.067	0.460	3.293	1.647
48	*Mauritia flexuosa*	0.39	27	0.119	4.348	0.460	2.360	1.180
49	*Mauritia flexuosa*	0.42	32	0.139	5.819	0.460	3.158	1.579
50	*Mauritia flexuosa*	0.36	24	0.102	3.278	0.460	1.779	0.890
51	*Mauritia flexuosa*	0.43	32	0.145	6.303	0.460	3.421	1.711
52	*Mauritia flexuosa*	0.34	29	0.091	3.559	0.460	1.932	0.966
53	*Mauritia flexuosa*	0.36	27	0.102	3.634	0.460	1.972	0.986
54	*Mauritia flexuosa*	0.42	25	0.139	4.558	0.460	2.474	1.237
55	*Mauritia flexuosa*	0.39	26	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135
56	*Mauritia flexuosa*	0.36	25	0.102	3.349	0.460	1.818	0.909

57	*Mauritia flexuosa*	0.45	30	0.159	6.457	0.460	3.505	1.752
58	*Mauritia flexuosa*	0.39	26	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135
59	*Mauritia flexuosa*	0.44	28	0.152	5.641	0.460	3.062	1.531
60	*Mauritia flexuosa*	0.44	32	0.152	6.599	0.460	3.582	1.791
61	*Mauritia flexuosa*	0.38	26	0.113	3.890	0.460	2.111	1.056
62	*Mauritia flexuosa*	0.39	22	0.119	3.512	0.460	1.906	0.953
63	*Mauritia flexuosa*	0.41	24	0.132	4.251	0.460	2.308	1.154
64	*Mauritia flexuosa*	0.41	18	0.132	3.050	0.460	1.655	0.828
65	*Mauritia flexuosa*	0.42	26	0.139	4.752	0.460	2.579	1.290
66	*Mauritia flexuosa*	0.41	29	0.132	5.083	0.460	2.759	1.380
67	*Mauritia flexuosa*	0.36	28	0.102	3.420	0.460	1.856	0.928
68	*Mauritia flexuosa*	0.39	32	0.119	5.017	0.460	2.723	1.362
69	*Mauritia flexuosa*	0.4	22	0.126	3.695	0.460	2.005	1.003
70	*Mauritia flexuosa*	0.42	25	0.139	4.655	0.460	2.527	1.263
71	*Mauritia flexuosa*	0.45	26	0.159	5.455	0.460	2.961	1.481
72	*Mauritia flexuosa*	0.38	25	0.113	3.811	0.460	2.068	1.034
73	*Cecropia spp*	0.44	35	0.152	7.131	0.330	2.777	1.388
74	*Cecropia spp*	0.41	33	0.132	5.915	0.330	2.303	1.152
75	*Cecropia spp*	0.39	33	0.119	5.185	0.330	2.019	1.009
76	*Cecropia spp*	0.37	36	0.108	5.193	0.330	2.022	1.011
77	*Cecropia spp*	0.44	39	0.152	7.983	0.330	3.108	1.554
78	*Cecropia spp*	0.37	35	0.108	5.043	0.330	1.964	0.982
79	*Cecropia spp*	0.43	26	0.145	5.083	0.330	1.979	0.990
80	*Cecropia spp*	0.42	32	0.139	5.916	0.330	2.304	1.152

Muestra la cantidad de carbono capturado por las especies, para el humedal denso correspondiente a la parcela 02.

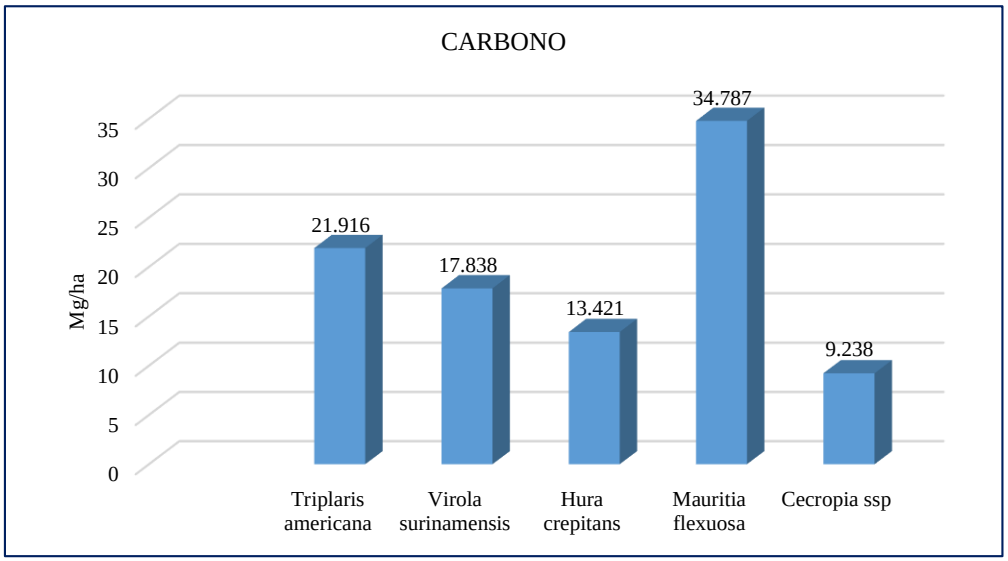


Figura 9. Carbono capturado por las especies en parcela 02.

En la figura 9, se muestra que la especie *Mauritia flexuosa* captura mayor cantidad de carbono con 34.787 Mg/ha en el humedal denso, y el total de captura de carbono por las 5 especies es de 97.199 Mg/ha en la parcela 02.

3.1.4 Determinación de la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, Santa Elena.

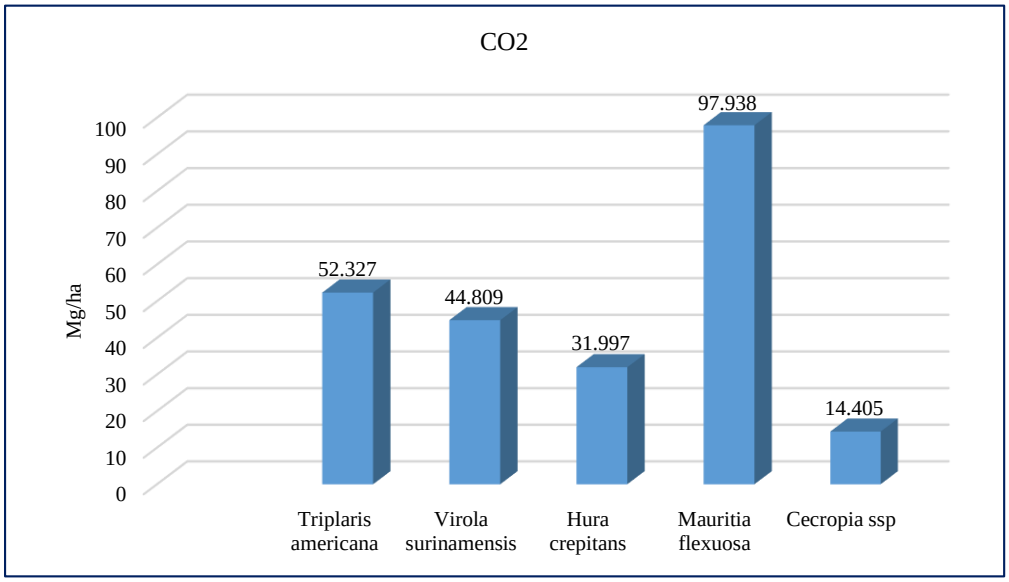


Figura 10. CO_2 almacenado por las especies en la parcela 01.

De la figura 10, se observa que la especie *Mauritia flexuosa* es la que almacena mayor cantidad de CO_2 con 97.938 Mg/ha. Así mismo el total de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las 5 especies es de 241.475 Mg/ha en la parcela 01 correspondiente al humedal semidenso.

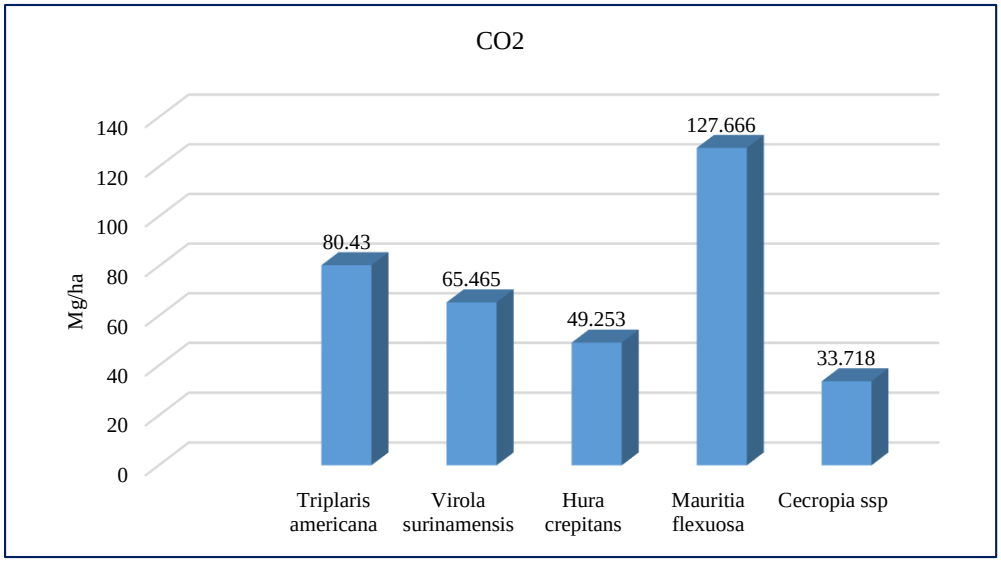


Figura 11. CO_2 almacenado por las especies en la parcela 02.

De la figura 11, se observa que la especie *Mauritia flexuosa* es la que almacena mayor cantidad de CO_2 con 127.666 Mg/ha. Así mismo el total de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las 5 especies es de 356.718 Mg/ha en la parcela 02 correspondiente al humedal denso

3.1.5 Determinación del pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 por las especies de flora en la ZoCRE.

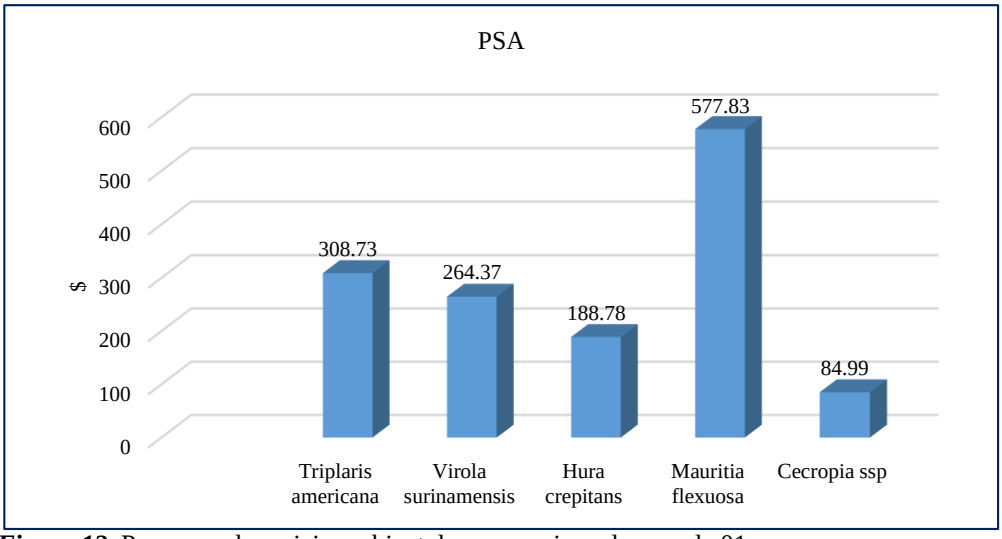


Figura 12. Pago por el servicio ambiental por especie en la parcela 01.

De la figura 12, se observa que el mayor pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 es para la especie *Mauritia flexuosa* con 577.83 dólares/ha. Así mismo para las 5 especies el pago total por el servicio ambiental en el humedal semidenso, fue de 1424.70 dólares/ha en la parcela 01.

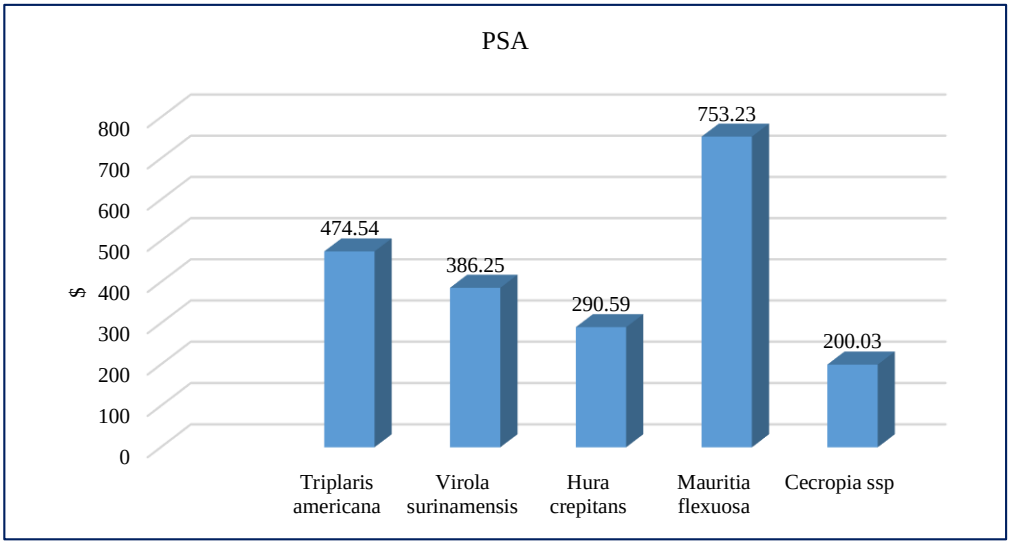


Figura 13. Pago por el servicio ambiental por especie en la parcela 02.

De la figura 13, se observa que el mayor pago por el servicio ambiental de de almacenamiento de CO_2 es para la especie *Mauritia flexuosa* con 753.23 dólares/ha. Así mismo el pago por el servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 para las 5 especies en el humedal denso, hace un total de 2104.64 dólares/ha en la parcela 02.

3.1.6 Total de biomasa aérea, carbono, CO_2 y pago por servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 por tipo de ecosistema.

Tabla 7
Parcela 01: Humedal semidenso

ESPECIES	BIOMASA AÉREA [Mg/ha]	CARBONO [Mg/ha]	CO_2 [Mg/ha]	PSA ALMACENAMIENTO DE CO_2 [$]
Triplaris americana	28.516	14.258	52.327	308.73
Virola surinamensis	24.419	12.210	44.809	264.37
Hura crepitans	17.437	8.719	31.997	188.78
Mauritia flexuosa	53.372	26.686	97.938	577.83
Cecropia ssp	7.850	3.925	14.405	84.99
TOTAL	131.594	65.797	241.475	1424.70

Tabla 8
Parcela 02: Humedal denso

ESPECIES	BIOMASA AÉREA [Mg/ha]	CARBONO [Mg/ha]	CO_2 [Mg/ha]	PSA ALMACENAMIENTO DE CO_2 [$]
Triplaris americana	43.831	21.916	80.430	474.54
Virola surinamensis	35.676	17.838	65.465	386.25
Hura crepitans	26.841	13.421	49.253	290.59
Mauritia flexuosa	69.573	34.787	127.666	753.23
Cecropia ssp	18.476	9.238	33.903	200.03
TOTAL	194.397	97.199	356.718	2104.64

Tabla 9
Total de biomasa aérea, carbono, CO_2 y PSA

		HUMEDAL SEMIDENSO	HUMEDAL DENSO	TOTAL
BIOMASA AÉREA	[Mg/ha]	131.594	194.397	325.99
CARBONO	[Mg/ha]	65.797	97.199	163.00
CO_2	[Mg/ha]	241.475	356.718	598.19
PSA ALMACENAMIENTO DE CO_2	[$]	1424.70	2104.64	3529.34

3.1.7 Cuantificación del servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE.

Tabla 10
Promedio de los resultados de ambas parcelas

ESPECIES	BIOMASA AÉREA [Mg/ha]	CARBONO [Mg/ha]	CO_2 [Mg/ha]
Triplaris americana	36.174	18.087	66.379
Virola surinamensis	30.048	15.024	55.137
Hura crepitans	22.139	11.070	40.625
Mauritia flexuosa	61.473	30.737	112.802
Cecropia ssp	13.163	6.582	24.154
TOTAL	162.996	81.499	299.097

Tabla 11
Resumen para el análisis de varianza ANVA

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Biomasa aérea [Mg/ha]	5	163.00	32.60	335.03
Carbono [Mg/ha]	5	81.50	16.30	83.76
CO_2 [Mg/ha]	5	299.10	59.82	1128.14

Tabla 12
Análisis de varianza (ANVA)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4834.26	2	2417.13	4.69	0.03	3.89
Dentro de los grupos	6187.72	12	515.64			
Total	11021.98	14				

De los resultados obtenidos se establece que el potencial de almacenamiento de CO_2 es un servicio ambiental significativo determinado por la biomasa aérea de las especies de flora en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa planteada y se rechaza la hipótesis nula.

También se observa que los resultados del almacenamiento de CO_2 en el humedal denso es de 356.718 Mg/ha, siendo mayor al resultado encontrado en el humedal semidenso que es de 241.475 Mg/ha.

Para terminar podemos concluir que, al ser el valor crítico menor al resultado de F, se rechaza H0, aceptando H1 asegurándose que el nivel de alfa sea menor a la probabilidad, por lo que tenemos en la siguiente figura al haber aceptado H1, con un nivel de confianza de 95%.

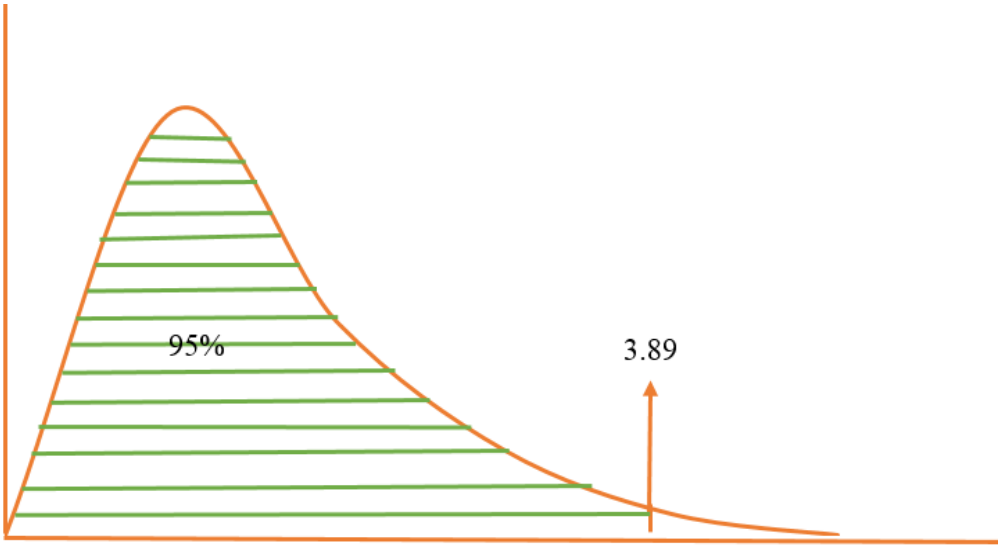


Figura 14. Representación del análisis de varianza (ANVA).

3.2 Discusiones

A partir de los resultados encontrados se acepta la hipótesis alternativa la cual indica que el potencial de almacenamiento de CO_2 es un servicio ambiental significativo determinado por la biomasa aérea de las especies de flora en la zona de conservación y recuperación de ecosistemas (ZoCRE), humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena.

Los resultados guardan relación con lo que menciona Palomino (2007), en su tesis de postgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos "Estimación del servicio ambiental de captura del CO_2 en la flora de los humedales de Puerto Viejo" concluye que en la estimación del servicio ambiental de captura de CO_2, de mayor a menor la especie que más capta CO_2 es la totora con 73.7 t CO_2/ha, seguido por el junco con 40.6 t CO_2/ha, que son especies de valor artesanal de allí la importancia de estas especies en la captura de CO_2 y el almacenaje de carbono es directamente proporcional a la captura de CO_2. Ello es acorde con lo que este estudio se detalla que las especies evaluadas, como el *Triplaris americana*, la *Virola surinamensis*, la *Hura crepitans*, *Mauritia flexuosa* y *Cecropia spp* son de mucha importancia para la captura de CO_2,

la especie que más capta CO_2 es la *Mauritia flexuosa* con 112.802 Mg CO_2/ha, seguido por la *Triplaris americana* con 66.379 Mg CO_2/ha.

Según la Convención Ramsar (1972), los humedales sirven de importantes sumideros de carbono y la degradación de los humedales liberará grandes cantidades de CO_2 contribuyendo al aumento de la temperatura atmosférica. Determinándose la importancia de las especies de flora estudiadas en el humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena, ya que contribuyen con la reducción de las concentraciones de CO_2 a la atmósfera por intermedio de la flora que almacena carbono en su estructura mediante la fotosíntesis brindando un servicio ambiental en la captura del CO_2. Si no se mantiene y maneja adecuadamente la flora en el humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena por la falta de educación y concientización, la destrucción de este ecosistema liberará concentraciones de dióxido de carbono a la atmósfera que se tiene como reservorio en su estructura vegetal. Además, estas especies proporcionan productos como el aguaje, la madera y las plantas medicinales; así mismo poseen valor cultural por la importancia educativa, belleza natural y paisajística de las especies que se albergan en este ecosistema.

De las especies de flora estudiadas en el humedal del Alto Mayo sector Santa Elena, el mayor almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea se dio en *Mauritia flexuosa* "aguaje" con 112.802 Mg/ha, mientras que en menor proporción con un 24.154 Mg/ha en *Cecropia ssp* "cetico". Determinándose la importancia de las especies de flora estudiada, ya que contribuyen con la reducción de las concentraciones de CO_2 a la atmósfera por intermedio de la flora que almacena carbono en su estructura mediante la fotosíntesis, brindando un servicio ambiental en el almacenamiento del CO_2. Entonces dicho humedal brinda una gran contribución como sumideros de carbono, ayudando significativamente a amortiguar los efectos del cambio climático.

CONCLUSIONES

- La biomasa de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena, se muestra por cantidad en Mg/ ha; teniendo la parcela 01 en el ecosistema humedal semidenso una biomasa aérea total de 131.594 Mg/ ha, la especie *Triplaris americana* con 28.516 Mg/ ha de, la especie *Virola surinamensis* con 24.419 Mg/ ha, la especie *Hura crepitans* con 17.437 Mg/ ha, la especie *Mauritia flexuosa* con 53.372 Mg/ ha y la especie *Cecropia spp* con 7.850 Mg/ ha. Así mismo en la segunda parcela en el ecosistema humedal denso se muestra la cantidad de biomasa aérea total de 194.397 Mg/ ha, la especie *Triplaris americana* con 43.831 Mg/ ha de, la especie *Virola surinamensis* con 35.676 Mg/ ha, la especie *Hura crepitans* con 26.841 Mg/ ha, la especie *Mauritia flexuosa* con 69.573 Mg/ ha y la especie *Cecropia spp* con 18.476 Mg/ ha. El total de biomasa aérea para el área que comprendió la investigación fue de 325.99 Mg/ ha que incluye las dos parcelas estudiadas.

- Se determinó la captura de carbono de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena, se muestra la cantidad de carbono en Mg/ ha; teniendo la parcela 01 en el ecosistema humedal semidenso carbono total de 65.797 Mg/ ha, la especie *Triplaris americana* con 14.258 Mg/ ha de, la especie *Virola surinamensis* con 12.210 Mg/ ha, la especie *Hura crepitans* con 8.719 Mg/ ha, la especie *Mauritia flexuosa* con 26.686 Mg/ ha y la especie *Cecropia spp* con 3.925 Mg/ ha. Así mismo en la segunda parcela en el ecosistema humedal denso se muestra la cantidad de carbono total de 97.199 Mg/ ha, la especie *Triplaris americana* con 21.916 Mg/ ha de, la especie Virola surinamensis con 17.838 Mg/ ha, la especie *Hura crepitans* con 13.421 Mg/ ha, la especie *Mauritia flexuosa* con 34.787 Mg/ ha y la especie *Cecropia spp* con 9.238 Mg/ ha. El total de captura de carbono para el área que comprendió la investigación fue de 163.00 Mg/ ha que incluye ambas parcelas.

- Se determinó la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea de las especies de flora en la ZoCRE humedal del Alto Mayo, sector Santa Elena. Total de almacenamiento de CO_2 para la parcela 01, ecosistema humedal semidenso es de 241.475 Mg/ ha, en la especie *Triplaris americana* de 52.327 Mg/ ha, la especie *Virola surinamensis* de 44.809 Mg/ ha, la especie de *Hura crepitans* de 31.997 Mg/ ha, la

especie de Maurita flexuosa de 97.938 Mg/ ha y *Cecropia spp* de 14.405 Mg/ ha. Así mismo en la parcela 02, ecosistema humedal denso se determinó la cantidad de CO_2 almacenado en la biomasa aérea, el total de CO_2 es de 356.718 Mg/ ha, en la especie *Triplaris americana* de 80.430 Mg/ ha, la especie *Virola surinamensis* de 65.465 Mg/ ha, la especie de *Hura crepitans* de 49.253 Mg/ ha, la especie de *Maurita flexuosa* de 127.666 Mg/ ha y *Cecropia spp* de 33.903 Mg/ ha. Por lo tanto, se demostró que las especies almacenan mayor cantidad de CO_2 en el humedal denso que en el semidenso. El total de almacenamiento de CO_2 para el área que comprendió la investigación fue de 598.19 Mg/ ha que incluye ambas parcelas.

- En la parcela 01, ecosistema humedal semidenso el pago por servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 por las 5 especies es de $ 1424.70 que corresponde a la especie *Triplaris americana* $ 308.73, así mismo a la especie *Virola surinamensis* $ 264.37, a la especie *Hura crepitans* $ 188.78, a la especie *Mauritia flexuosa* $ 577.83 y a la especie *Cecropia ssp* $ 84.99. Así mismo en la parcela 02, ecosistema humedal denso el pago por servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 total es de $ 2104.64, que corresponde a la especie *Triplaris americana* $ 474.54, así mismo a la especie *Virola surinamensis* $ 386.25, a la especie *Hura crepitans* $ 290.59, a la especie Mauritia flexuosa $ 753.23 y a la especie Cecropia ssp $ 200.03. El pago total por servicio ambiental de almacenamiento de CO_2 para el área que comprendió la investigación fue de $ 3529.34 que incluye las dos parcelas estudiadas.

- El almacenamiento de CO_2 ofrece muchos beneficios entre ellos mejora la fertilidad de los suelos mediante la incorporación del carbono como materia orgánica que ayuda al desarrollo de otras especies de plantas en su desarrollo y con ello a mejorar la calidad del ambiente, habitad de fauna silvestre y la capacidad de mitigar los efectos del cambio climático siendo un gran sumidero de carbono, fortaleciendo la biodiversidad.

RECOMENDACIONES

- A la asociación de conservación aguajales y renacales río Romero (ACARR) e instituciones estatales y privadas de formación profesional y comunidad investigadora, se recomienda seguir realizando posteriores investigaciones teniendo como base esta con él fin de enriquecer el conocimiento científico, así como también su aporte al medio ambiente para comparar resultados en el tiempo y validar de manera irrefutable la metodología empleada.

- Desarrollar la difusión sobre la estimación de la captura de carbono y almacenamiento de CO_2 para dar mayor importancia a los servicios ambientales que prestan los humedales, de esta manera, generar proyectos de compensación por servicios ambientales que beneficie a la población adyacente al humedal como la población del Alto Mayo como un gran beneficiario de aire más limpio y más oxigenado.

- A las entidades estatales fomentar y desarrollar proyectos que promuevan la conservación de la biodiversidad como fuente de ingreso económico y beneficio social para un desarrollo armonioso de la población presente y futura.

- A las autoridades competentes como la Autoridad Regional Ambiental, comprometerse a realizar la inmatriculación del humedal para su conservación y así evitar invasiones al sector para prevenir conflictos sociales.

- A los responsables de la reserva ecológica Santa Elena, realizar un manejo sostenido con las especies de flora con fines de conservación de las especies arbóreas para un mayor almacenamiento de CO_2 y así contribuir con la mitigación del cambio climático. Así mismo es necesario fomentar de manera consecutiva, campañas de educación ambiental, para sensibilizar e involucrar a la población en la conservación de los recursos de flora y fauna en este sector, los cuales se van recuperando de manera óptima.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, José L. *Hipótesis, Métodos y diseños de investigación*. Daena: International Journal of Good Conscience. México, Daena. 2012, pp. 11.

ARANGO Castaño, B.E. *Sumideros de carbono en el marco del Protocolo de Kioto*. Memorando de derecho. 2011, pp. 13-21.

ARMAS, Carlos E. *Tecnología ambiental en nuestro hogar la nave sideral Tierra.* Primera edición. Trujillo Perú: APLI GRAF S.R.L, 2001. I.S.B.M. 9972-94-37-4.

ARÉVALO, Carla D. *Medición de carbono del estrato arbóreo en un área del bosque natural Tinajillas-Limón Indanza.* Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador. 2015.

ÁVILA, G. *Fijación y almacenamiento de carbono en sistema de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol.* Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 2000.

AZEVEDO, H.P. *Cambios en el paisaje y el secuestro de carbono en la parroquia deilão, noreste de Portugal.* (u. E. Eduem, ed.) Árbol, 38(1), 5. 2014.

BASTIENNE Schlegel, GAYOSO Jorge y GUERRA Javier. *Manual de Procedimientos. Muestreos de biomasa forestal.* Universidad Austral de Chile – INFOR. 2000.

BRACK, A. *Diccionario Enciclopédico de Plantas del Perú*, CBC. 1999.

CABRERA, D., & RIVAS, J.A. *Cuantificación de los servicios ambientales de secuestro de carbono en Mauritia flexuosa, en el predio estatal denominado Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas (ZoCRE), Humedal del Alto Mayo, sector Tingana -Moyobamba- 2013.* Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto. Moyobamba, 2014.

CAMACHO, & ARIOSA. Dictionary of environmental terms. Cuba: Felix Varela Center. 2000.

CANOLLY y COREA. *Cuantificación de la captura de carbono en sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua.* Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 2007.

CARVAJAL, M.; MOTA, C.; ALCARAZ, C.; IGLESIAS, M. Y MARTÍNEZ, M. *Investigación sobre la absorción de CO_2 por los cultivos más representativos.* Sin año.

CENTENO, J. *El efecto Invernadero.* Planiuc 18 (19). Valencia Venezuela. 1992 pp 75-96.

CIESLA, W.M. *Cambio climático, bosque y ordenación forestal.* Una visión de conjunto. Roma. Italia FAO. 1996.

Comité de Manejo de Palmeras "Veinte de Enero". *Plan de Manejo Forestal de Mauritia flexuosa "aguaje" Reserva Nacional Pacaya Samiria.* Iquitos. 2005.

Convención de RAMSAR. *Fondo para la Conservación de los Humedales.* Suiza. 1991.

DÁVILA, H.A. *Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (Theobroma cacao L.), en los departamentos de Suchitepquez y Retalhuleu del Sur – Occidente de Guatemala.* Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 2011.

ERICKSON, J. *El efecto invernadero: el desastre del mañana, hoy.* Madrid: Mc Graw-Hill I/ Interamericana, 1992. 217 p.

FAO. *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra.* 2002.

FOREST TRENDS. *Getting Started: Un Manual Introductorio para Evaluar y Desarrollar Pagos por Servicios Ambientales.* Grupo Katoomba, Australia. 2007 pp.71.

FREITAS Álvaro, L., OTÁROLA Acevedo, E., DEL CASTILLO Torres, D., LINARES Bensimón, C., MARTÍNEZ Dávila, P., & MALCA Salas, G. *Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto-Perú.* Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 2006.

FREITAS, L.; PINEDO, M.; LINARES, C.; DEL CASTILLO, D. *Descriptores para el aguaje (Mauritia flexuosa L. f.).* Documento técnico Nº 30. IIAP. Iquitos. 2006.

GORESAM. *Análisis económico del impacto del desarrollo alternativo, en relación a la deforestación y la actividad cocalera.* San Martín. 2014.

HIRAOKA, M. *Miriti (Mauritia flexuosa) Palmas, sus usos y manejo entre las riberas del estuario amazónico.* 1999 pp 169- 193.

HONORIO, E.N., & BAKER, T.R. *Manual para el monitoreo del ciclo de carbono en bosques amazónicos. Instituto de la Amazonia Peruana.* Universidad de Leeds. Lima. 2010.

HONORIO, E.N., VEGA, J.E., & CORRALES, M.N. *Diversidad, estructura y carbono de los bosques aluviales del noreste peruano.* Folia Amazónica. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. 2015.

HOUGHTON, R., WOODWELL, G. *Cambio Climático Global.* Investigación y Ciencia. 1989.

INEI. *Anuario de estadísticas ambientales*. Biodiversidad, 2012. INEI. Perfil sociodemográfico del departamento de San Martín. Lima. 2009.

IPARRAGUIRRE, L. *Ecología*. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima. 2000.

IPCC. *Segunda evaluación, Cambio climático. Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.* Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Organización Mundial de Meteorología. 1995.

IPCC. *Cambio climático y biodiversidad*. Documento técnico V del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2002.

IPCC (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático). *"Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero"*, editado por Simon Eggelston, Leandro Buendía, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe. Publicado por el Instituto de Estrategias Ambientales Globales (IGES) para el IPCC. 2006.

JOSSE, C.; NAVARRO, G.; ENCARNACIÓN, F.; TOVAR A.; COMER, P.; FERREIRA, W.; RODRÍGUEZ, F.; SAITO, J.; SANJURJO, J.; DYSON, J.; DE CELIS E.; ZÁRATE, R.; CHANG, J.; AHUITE, M.; VARGAS, C.; PAREDES, F.; CASTRO, W.; MACO J.; REÁTEGUI, F. *Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia. Clasificación y mapeo.* Virginia, USA. 2007 pp 94.

KAHN, F.; MEJÍA, K. *Comunidades de palmeras en el ecosistema de bosque húmedo de la Amazonía peruana.* Ecología y gestión forestal. 1990.

KAHN, F., MEJIA, K., MOUSSA, F., GÓMEZ, D. *Mauritia flexuosa (Palmae), la más acuática de las palmeras amazónicas.* IFEA. Lima. 1993.

LEY N° 28611. Ley General del Ambiente. 2005.

LEY N° 30215. Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos. 2014.

LÓPEZ, G.C. *Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el fundo violeta (Distrito de Tahuamanu-Madre de Dios).* Tesis para optar el título de Licenciado en Geografía y Medio Ambiente. Madre de Dios. 2015.

MALLEUX, J. *Estudio de la relación tipo de bosque-especie, en los bosques de la colonización de Jenaro Herrera.* Revista Forestal del Perú. 1974.

MARTINO, D. *Los Sumideros de Carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto*. 2006.

MASS, W., & COMITÉ DE PROTECCIÓN "MAYNANI". *Plan de manejo forestal de Mauritia flexuosa "Aguaje" en la zona de Nauta Caño, Cuenca Yanayacu Pucate, Reserva Nacional Pacaya Samira 2011-2015.* Loreto, Perú. (M. M. Brañas, Ed.). 2011.

MEDINA, C. *Indicadores de impactos de los sistemas forestales y agroforestales.* POSAF II. 2006; p 1, p 28.

MINAM. *Segunda comunicación del Perú a CMNUCC: Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales.* Perú. 2009; pp.99.

MINAM. *Guía de Evaluación de la Flora Silvestre.* Perú. 2010; pp.49.

MINAM. *Cuantificación y análisis de la deforestación en la Amazonia Peruana en el periodo 2010-2014.* Perú. 2015; pp.108.

MOSTACEDO. *Daños al bosque bajo diferentes sistemas silviculturales e intensidades de aprovechamiento forestal en dos bosques tropicales de Bolivia.* Documento Técnico #1. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia. 2006.

ÑIQUE. *Ecología agrícola y ecosistemas agroforestales, centro agronómico tropical de investigación y enseñanza.* Bogotá, Colombia. 2008.

ORDOÑEZ, A. *Captura de carbono en un bosque templado, el caso de San Juan Nuevo, Michigan.* Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP. México D.F. 1999.

PALOMINO Contreras, Diana. *Estimación del servicio ambiental de captura del CO2 en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG. Lima, 2007.

PANEL DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO - PNUMA. *¿La solución natural? El papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático.* Evaluación, 2009.

PEDRONI, L. *Estimación de las remociones antropogénicas por los sumideros.* Material de enseñanza CATIE. Turrialba. Costa rica. 2007.

PHILIPS, O., BAKER, T., FELDPAUSCH, T., & BRIENEN, R. *Manual de Campo para la remedición y establecimiento de parcelas - RAINFOR.* The Royal society. 2016.

PILLACA, J. M. Y FLOREZ, B. L. *Determinación del stock de carbono en la biomasa aérea y necromasa en diferentes tipos de vegetación en la comunidad de Puerto Arturo, distrito Tambopata, Madre De Dios.* Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Puerto Maldonado –Madre de Dios -Perú. 2014

PRENTICE, I.C. *El ciclo del carbono y el dióxido de carbono atmosférico.* En: Cambio climático: la base científica (editor del IPCC). Prensa de la Universidad de Cambridge. 2001; pp. 183-237.

PROYECTO ESPECIAL ALTO MAYO. *Plan Maestro ACM AHARAM 2007- 2011.* Ed. Moyobamba: Grafica Andina. Lima. 2007.

QUITORAN, G.F. *Determinación del potencial de captura de carbono en cinco especies forestales de dos años de edad, Cedro nativo, (Cederla odorata) Caoba, (Swietenia macrophylla.) Bolaina, (Guazuma crinita) Teca, (Tectona grandis) y Capirona, (Calycophyllum sprucearum) en la localidad de Alianza San Martín 2009.* Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. Moyobamba. 2010.

RAINFOREST ALLIENCE. *Evaluación participativa de la fenología de las palmeras aguaje (Mauritia flexuosa) y ungurahui (Oenocarpus bataua) en la comunidad nativa Tres Isla, Madre de Dios.* Lima -Perú. 2015.

ROJAS, R.R. Estado del conocimiento sobre el "aguaje" Mauritia flexuosa L.f. Iquitos – Perú. 62 p. (en prensa). 2000.

RUGNITZ, M; CHACÓN, M y PORRO, R. *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales.* Centro Mundial Agroforestal (ICRAF); Consorcio Iniciativa Amazónica (IA). Perú: 2009.

RUSSO, R. *Cambio climático y pobreza: no hay tiempo que perder.* Periódico El Financiero, San José, Costa Rica. 2007.

SALATI. *Los Posible Cambios Climáticos en América Latina y el Caribe y sus Consecuencias.* 1990.

SAURA, J. *El cumplimiento del protocolo de Kioto sobre el cambio climático.* Universidad de Barcelona. Barcelona: Gráficas Rey, S.L. 2003.

TORRES G. A.M.; BAUTISTA, A.J.; CARDENAS, M.; VARGAS, J.A.; LONDOÑO, V.; RIVERA, K.; HOME, J.; DUQUE, O.L. y GONZÁLEZ, A. *Dinámica sucesional de un fragmento de bosque seco tropical del valle del Cauca, Colombia.* Biota Colombiana 13(2). 2012.

UNFCCC. *El protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.* Publicado por la secretaría del cambio climático con el apoyo de la oficina de Información sobre las convenciones del PNUMA. 1998.

VARÓN y MORALES (2013), MORALES y VARÓN (2006), IDÁRRAGA et al. (2013), AMVA y UNAL (2014). *Catálogo virtual de flora del valle de Aburrá.*

VINCENT, V. *Estimación de biomasa y carbono en plantaciones de Teca (Tectona grandis L. f.) por método indirecto y mapeo mediante Sistemas de Información Geográfica.* Universidad de Guadalajara. México. 2018.

VILCA, N.C. *Almacenamiento de CO_2 en biomasa aérea de las familias Arecaceae y Bombacaceae de un ecosistema aguajal en Pósic, San Martín -2017.* Universidad Cesar Vallejo. Lima: 2017.

YEPES, A; NAVARRETE, D; DUQUE, A; PHILLIPS J., CABRERA K.R., ÁLVAREZ, E., GARCÍA, M.C., ORDOÑEZ, M.F. *Protocolo para la estimación nacional y subnacional de biomasa - carbono en Colombia.* Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales - IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 2011.

ANEXOS

Anexo 01: Ficha de recolección de datos de campo

Inventario de individuos principales con DAP ≥ 7.5 cm presentes en el humedal		
Parcela: 1	GPS A: 260705.8E/ 9333121 N-UTM	Medida parcela: 5000m^2 50 x 100m
Fecha: 16/02/19	GPS B: 260725.1E/ 9333127 N-UTM	
Hora inicio: 8.00 am	GPS C: 260717.9E/ 9333099N-UTM	Ecosistema tipo: humedal semidenso
Hora fin: 2.00 pm	GPS D: 260699.9E/ 9333105N-UTM	

N°	Nombre científico	Nombre común	DAP(cm)	Altura(m)
1	Triplaris americana	tangarana	34	38
2	Triplaris americana	tangarana	39	33
3	Triplaris americana	tangarana	43	28
4	Triplaris americana	tangarana	38	28
5	Triplaris americana	tangarana	35	27
6	Triplaris americana	tangarana	34	27
7	Triplaris americana	tangarana	36	30
8	Triplaris americana	tangarana	35	31
9	Triplaris americana	tangarana	33	28
10	Triplaris americana	tangarana	35	33
11	Triplaris americana	tangarana	38	26
12	Triplaris americana	tangarana	32	30
13	Triplaris americana	tangarana	35	32
14	Triplaris americana	tangarana	38	36
15	Virola surinamensis	cumala	35	29
16	Virola surinamensis	cumala	42	35
17	Virola surinamensis	cumala	33	29
18	Virola surinamensis	cumala	36	29
19	Virola surinamensis	cumala	36	32
20	Virola surinamensis	cumala	35	30
21	Virola surinamensis	cumala	35	29
22	Virola surinamensis	cumala	42	27
23	Virola surinamensis	cumala	38	28
24	Virola surinamensis	cumala	39	35
25	Virola surinamensis	cumala	35	30
26	Virola surinamensis	cumala	37	32
27	Virola surinamensis	cumala	48	38
28	Hura crepitans	catahua	44	36
29	Hura crepitans	catahua	45	28

30	Hura crepitans	catahua	40	35
31	Hura crepitans	catahua	42	35
32	Hura crepitans	catahua	40	35
33	Hura crepitans	catahua	43	38
34	Hura crepitans	catahua	41	33
35	Hura crepitans	catahua	38	38
36	Mauritia flexuosa	aguaje	41	35
37	Mauritia flexuosa	aguaje	39	36
38	Mauritia flexuosa	aguaje	40	36
39	Mauritia flexuosa	aguaje	41	37
40	Mauritia flexuosa	aguaje	38	37
41	Mauritia flexuosa	aguaje	43	40
42	Mauritia flexuosa	aguaje	39	37
43	Mauritia flexuosa	aguaje	40	34
44	Mauritia flexuosa	aguaje	39	36
45	Mauritia flexuosa	aguaje	38	39
46	Mauritia flexuosa	aguaje	40	35
47	Mauritia flexuosa	aguaje	38	34
48	Mauritia flexuosa	aguaje	42	37
49	Mauritia flexuosa	aguaje	40	39
50	Mauritia flexuosa	aguaje	39	38
51	Mauritia flexuosa	aguaje	39	37
52	Mauritia flexuosa	aguaje	41	32
53	Mauritia flexuosa	aguaje	43	37
54	Mauritia flexuosa	aguaje	39	36
55	Mauritia flexuosa	aguaje	40	36
56	Mauritia flexuosa	aguaje	32	34
57	Mauritia flexuosa	aguaje	39	35
58	Mauritia flexuosa	aguaje	39	37
59	Cecropia spp	cetico	41	39
60	Cecropia spp	cetico	44	39
61	Cecropia spp	cetico	40	39
62	Cecropia spp	cetico	40	38

Elaboración Propia: Modificado a partir del instrumento propuesto por Yepes et al, 2010.

Inventario de individuos principales con DAP ≥ 7.5 cm presentes en el humedal

Parcela: 2 GPS A: 260708.8E/ 9333123 N- UTM

Medida parcela: 5000m^2
50 x 100m

Fecha: 23/03/19 GPS B: 260729.1E/ 9333130N- UTM

Hora inicio: 8.00 am GPS C: 2607209E/ 9333105N- UTM

Ecosistema tipo:
humedal denso

Hora fin: 3.00 pm GPS D: 260699.9E/ 9333105N- UTM

N°	Especie	Nombre común	DAP(cm)	Altura(m)
1	Triplaris americana	tangarana	38	25
2	Triplaris americana	tangarana	44	28
3	Triplaris americana	tangarana	38	25
4	Triplaris americana	tangarana	45	36
5	Triplaris americana	tangarana	42	30
6	Triplaris americana	tangarana	31	28
7	Triplaris americana	tangarana	42	28
8	Triplaris americana	tangarana	39	21
9	Triplaris americana	tangarana	48	21
10	Triplaris americana	tangarana	32	28
11	Triplaris americana	tangarana	38	22
12	Triplaris americana	tangarana	47	32
13	Triplaris americana	tangarana	35	25
14	Triplaris americana	tangarana	35	28
15	Triplaris americana	tangarana	34	29
16	Triplaris americana	tangarana	33	29
17	Triplaris americana	tangarana	45	28
18	Virola surinamensis	cumala	35	29
19	Virola surinamensis	cumala	32	28
20	Virola surinamensis	cumala	36	25
21	Virola surinamensis	cumala	44	29
22	Virola surinamensis	cumala	40	28
23	Virola surinamensis	cumala	35	20
24	Virola surinamensis	cumala	36	29
25	Virola surinamensis	cumala	45	32
26	Virola surinamensis	cumala	42	25
27	Virola surinamensis	cumala	45	22
28	Virola surinamensis	cumala	32	27
29	Virola surinamensis	cumala	38	28
30	Virola surinamensis	cumala	45	31
31	Virola surinamensis	cumala	39	32
32	Virola surinamensis	cumala	38	33
33	Hura crepitans	catahua	39	27

34	Hura crepitans	catahua	34	28
35	Hura crepitans	catahua	42	34
36	Hura crepitans	catahua	39	34
37	Hura crepitans	catahua	41	31
38	Hura crepitans	catahua	43	22
39	Hura crepitans	catahua	32	32
40	Hura crepitans	catahua	32	33
41	Hura crepitans	catahua	36	31
42	Hura crepitans	catahua	42	34
43	Hura crepitans	catahua	42	29
44	Hura crepitans	catahua	39	22
45	Mauritia flexuosa	aguaje	43	28
46	Mauritia flexuosa	aguaje	40	25
47	Mauritia flexuosa	aguaje	44	30
48	Mauritia flexuosa	aguaje	39	27
49	Mauritia flexuosa	aguaje	42	32
50	Mauritia flexuosa	aguaje	36	24
51	Mauritia flexuosa	aguaje	43	32
52	Mauritia flexuosa	aguaje	34	29
53	Mauritia flexuosa	aguaje	36	27
54	Mauritia flexuosa	aguaje	42	25
55	Mauritia flexuosa	aguaje	39	26
56	Mauritia flexuosa	aguaje	36	25
57	Mauritia flexuosa	aguaje	45	30
58	Mauritia flexuosa	aguaje	39	26
59	Mauritia flexuosa	aguaje	44	28
60	Mauritia flexuosa	aguaje	44	32
61	Mauritia flexuosa	aguaje	38	26
62	Mauritia flexuosa	aguaje	39	22
63	Mauritia flexuosa	aguaje	41	24
64	Mauritia flexuosa	aguaje	41	18
65	Mauritia flexuosa	aguaje	42	26
66	Mauritia flexuosa	aguaje	41	29
67	Mauritia flexuosa	aguaje	36	28
68	Mauritia flexuosa	aguaje	39	32
69	Mauritia flexuosa	aguaje	40	22
70	Mauritia flexuosa	aguaje	42	25
71	Mauritia flexuosa	aguaje	45	26
72	Mauritia flexuosa	aguaje	38	25
73	Cecropia spp	cetico	44	35
74	Cecropia spp	cetico	41	33
75	Cecropia spp	cetico	39	33
76	Cecropia spp	cetico	37	36
77	Cecropia spp	cetico	44	39
78	Cecropia spp	cetico	37	35
79	Cecropia spp	cetico	43	26
80	Cecropia spp	cetico	42	32

Elaboración Propia: Modificado a partir del instrumento propuesto por Yepes et al, 2010.

Anexo 02: Ficha de determinación de la biomasa aérea, carbono, CO_2 y PSA.

FICHA DE MEDICIÓN DE LA BIOMASA AÉREA, CARBONO, CO_2 Y PSA

Tipo de ecosistema: Humedal semidenso

N°	ESPECIES	DAP m	ALTURA TOTAL m	AREA BASAL m^2	VOLUMEN m^3	DENSIDAD [mg/m^3]	BA Vol*1.18*Dmad [mg/ha]	CARBONO C=BA*0.5	C02 CO_2=mgC*3.67	PSA $mgCO_2$/ha*5.9Dolares
1	Triplaris americana	0.34	38	0.091	3.949	0.490	2.284	1.142	4.190	24.723
2	Triplaris americana	0.39	33	0.119	4.480	0.490	2.590	1.295	4.753	28.042
3	Triplaris americana	0.43	28	0.145	4.574	0.490	2.645	1.322	4.853	28.635
4	Triplaris americana	0.38	28	0.113	3.414	0.490	1.974	0.987	3.622	21.369
5	Triplaris americana	0.35	27	0.096	2.983	0.490	1.725	0.862	3.164	18.670
6	Triplaris americana	0.34	27	0.091	2.687	0.490	1.554	0.777	2.851	16.823
7	Triplaris americana	0.36	30	0.102	3.451	0.490	1.995	0.998	3.661	21.600
8	Triplaris americana	0.35	31	0.096	3.377	0.490	1.953	0.976	3.583	21.140
9	Triplaris americana	0.33	28	0.086	2.694	0.490	1.558	0.779	2.859	16.865
10	Triplaris americana	0.35	33	0.096	3.541	0.490	2.047	1.024	3.757	22.164
11	Triplaris americana	0.38	26	0.113	3.221	0.490	1.862	0.931	3.417	20.162
12	Triplaris americana	0.32	30	0.080	2.726	0.490	1.576	0.788	2.893	17.067
13	Triplaris americana	0.35	32	0.096	3.560	0.490	2.058	1.029	3.777	22.284
14	Triplaris americana	0.38	36	0.113	4.661	0.490	2.695	1.348	4.946	29.179
15	Virola surinamensis	0.35	29	0.096	3.213	0.450	1.706	0.853	3.131	18.474
16	Virola surinamensis	0.42	35	0.139	5.528	0.450	2.935	1.468	5.386	31.779
17	Virola surinamensis	0.33	29	0.086	2.857	0.450	1.517	0.758	2.784	16.423
18	Virola surinamensis	0.36	29	0.102	2.799	0.450	1.486	0.743	2.727	16.092

19	Virola surinamensis	0.36	32	0.102	3.155	0.450	1.676	0.838	3.075	18.140
20	Virola surinamensis	0.35	30	0.096	2.694	0.450	1.430	0.715	2.625	15.487
21	Virola surinamensis	0.35	29	0.096	2.694	0.450	1.430	0.715	2.625	15.487
22	Virola surinamensis	0.42	27	0.139	3.533	0.450	1.876	0.938	3.442	20.310
23	Virola surinamensis	0.38	28	0.113	3.005	0.450	1.596	0.798	2.928	17.278
24	Virola surinamensis	0.39	35	0.119	3.882	0.450	2.062	1.031	3.783	22.320
25	Virola surinamensis	0.35	30	0.096	2.742	0.450	1.456	0.728	2.672	15.764
26	Virola surinamensis	0.37	32	0.108	3.279	0.450	1.741	0.871	3.195	18.853
27	Virola surinamensis	0.48	38	0.181	6.605	0.450	3.507	1.754	6.436	37.971
28	Hura crepitans	0.44	36	0.152	5.322	0.410	2.575	1.287	4.725	27.875
29	Hura crepitans	0.45	28	0.159	4.135	0.410	2.001	1.000	3.671	21.659
30	Hura crepitans	0.4	35	0.126	4.273	0.410	2.067	1.034	3.793	22.379
31	Hura crepitans	0.42	35	0.139	4.503	0.410	2.178	1.089	3.997	23.584
32	Hura crepitans	0.4	35	0.126	4.210	0.410	2.037	1.018	3.737	22.050
33	Hura crepitans	0.43	38	0.145	5.301	0.410	2.564	1.282	4.706	27.763
34	Hura crepitans	0.41	33	0.132	4.159	0.410	2.012	1.006	3.692	21.783
35	Hura crepitans	0.38	38	0.113	4.140	0.410	2.003	1.001	3.675	21.682
36	Mauritia flexuosa	0.41	35	0.132	4.291	0.460	2.329	1.165	4.274	25.216
37	Mauritia flexuosa	0.39	36	0.119	4.121	0.460	2.237	1.119	4.105	24.220
38	Mauritia flexuosa	0.4	36	0.126	4.335	0.460	2.353	1.177	4.318	25.478
39	Mauritia flexuosa	0.41	37	0.132	4.687	0.460	2.544	1.272	4.668	27.543
40	Mauritia flexuosa	0.38	37	0.113	4.026	0.460	2.185	1.093	4.010	23.660
41	Mauritia flexuosa	0.43	40	0.145	5.518	0.460	2.995	1.498	5.497	32.429
42	Mauritia flexuosa	0.39	37	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135	4.165	24.571
43	Mauritia flexuosa	0.4	34	0.126	4.084	0.460	2.217	1.108	4.068	24.001

44	Mauritia flexuosa	0.39	36	0.119	4.062	0.460	2.205	1.102	4.046	23.869
45	Mauritia flexuosa	0.38	39	0.113	4.083	0.460	2.216	1.108	4.067	23.993
46	Mauritia flexuosa	0.4	35	0.126	4.084	0.460	2.217	1.108	4.068	24.001
47	Mauritia flexuosa	0.38	34	0.113	3.743	0.460	2.031	1.016	3.728	21.994
48	Mauritia flexuosa	0.42	37	0.139	4.988	0.460	2.707	1.354	4.968	29.310
49	Mauritia flexuosa	0.4	39	0.126	4.775	0.460	2.592	1.296	4.756	28.062
50	Mauritia flexuosa	0.39	38	0.119	4.420	0.460	2.399	1.200	4.402	25.975
51	Mauritia flexuosa	0.39	37	0.119	4.241	0.460	2.302	1.151	4.224	24.922
52	Mauritia flexuosa	0.41	32	0.132	4.027	0.460	2.186	1.093	4.011	23.664
53	Mauritia flexuosa	0.43	37	0.145	5.228	0.460	2.838	1.419	5.207	30.723
54	Mauritia flexuosa	0.39	36	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135	4.165	24.571
55	Mauritia flexuosa	0.4	36	0.126	4.398	0.460	2.387	1.194	4.381	25.847
56	Mauritia flexuosa	0.32	34	0.080	2.493	0.460	1.353	0.677	2.483	14.651
57	Mauritia flexuosa	0.39	35	0.119	4.062	0.460	2.205	1.102	4.046	23.869
58	Mauritia flexuosa	0.39	37	0.119	4.301	0.460	2.334	1.167	4.283	25.273
59	Cecropia spp	0.41	39	0.132	5.083	0.330	1.979	0.990	3.632	21.429
60	Cecropia spp	0.44	39	0.152	5.778	0.330	2.250	1.125	4.129	24.359
61	Cecropia spp	0.4	39	0.126	4.712	0.330	1.835	0.918	3.367	19.867
62	Cecropia spp	0.4	38	0.126	4.587	0.330	1.786	0.893	3.277	19.337

Elaboración Propia: Modificado a partir del instrumento propuesto por Yepes et al, 2010.

FICHA DE MEDICIÓN DE LA BIOMASA AÉREA, CARBONO, CO_2 Y PSA

Tipo de ecosistema: Humedal denso

N°	ESPECIES	DAP m	ALTURA TOTAL m	AREA BASAL m^2	VOLUMEN m^3	DENSIDAD [mg/m^3]	BA Vol*1.18*D [mg/ha]	CARBONO C=BA*0.5	CO_2 CO_2=mgC*3.67	PSA $mgCO_2$/ha*5.9Dólares
1	Triplaris americana	0.38	25	0.113	3.731	0.490	2.157	1.079	3.959	23.357
2	Triplaris americana	0.44	28	0.152	5.641	0.490	3.262	1.631	5.985	35.313
3	Triplaris americana	0.38	25	0.113	3.572	0.490	2.066	1.033	3.790	22.363
4	Triplaris americana	0.45	36	0.159	7.793	0.490	4.506	2.253	8.268	48.784
5	Triplaris americana	0.42	30	0.139	5.431	0.490	3.140	1.570	5.762	33.997
6	Triplaris americana	0.31	28	0.075	2.800	0.490	1.619	0.810	2.971	17.529
7	Triplaris americana	0.42	28	0.139	5.140	0.490	2.972	1.486	5.454	32.176
8	Triplaris americana	0.39	21	0.119	3.345	0.490	1.934	0.967	3.549	20.938
9	Triplaris americana	0.48	21	0.181	5.067	0.490	2.930	1.465	5.376	31.717
10	Triplaris americana	0.32	28	0.080	2.815	0.490	1.628	0.814	2.987	17.621
11	Triplaris americana	0.38	22	0.113	3.334	0.490	1.928	0.964	3.538	20.872
12	Triplaris americana	0.47	32	0.173	7.530	0.490	4.354	2.177	7.989	47.135
13	Triplaris americana	0.35	25	0.096	3.233	0.490	1.869	0.935	3.430	20.236
14	Triplaris americana	0.35	28	0.096	3.569	0.490	2.064	1.032	3.787	22.344
15	Triplaris americana	0.34	29	0.091	3.559	0.490	2.058	1.029	3.776	22.279
16	Triplaris americana	0.33	29	0.086	3.233	0.490	1.869	0.935	3.430	20.238
17	Triplaris americana	0.45	28	0.159	6.012	0.490	3.476	1.738	6.379	37.633
18	Virola surinamensis	0.35	29	0.096	3.704	0.450	1.967	0.983	3.609	21.295

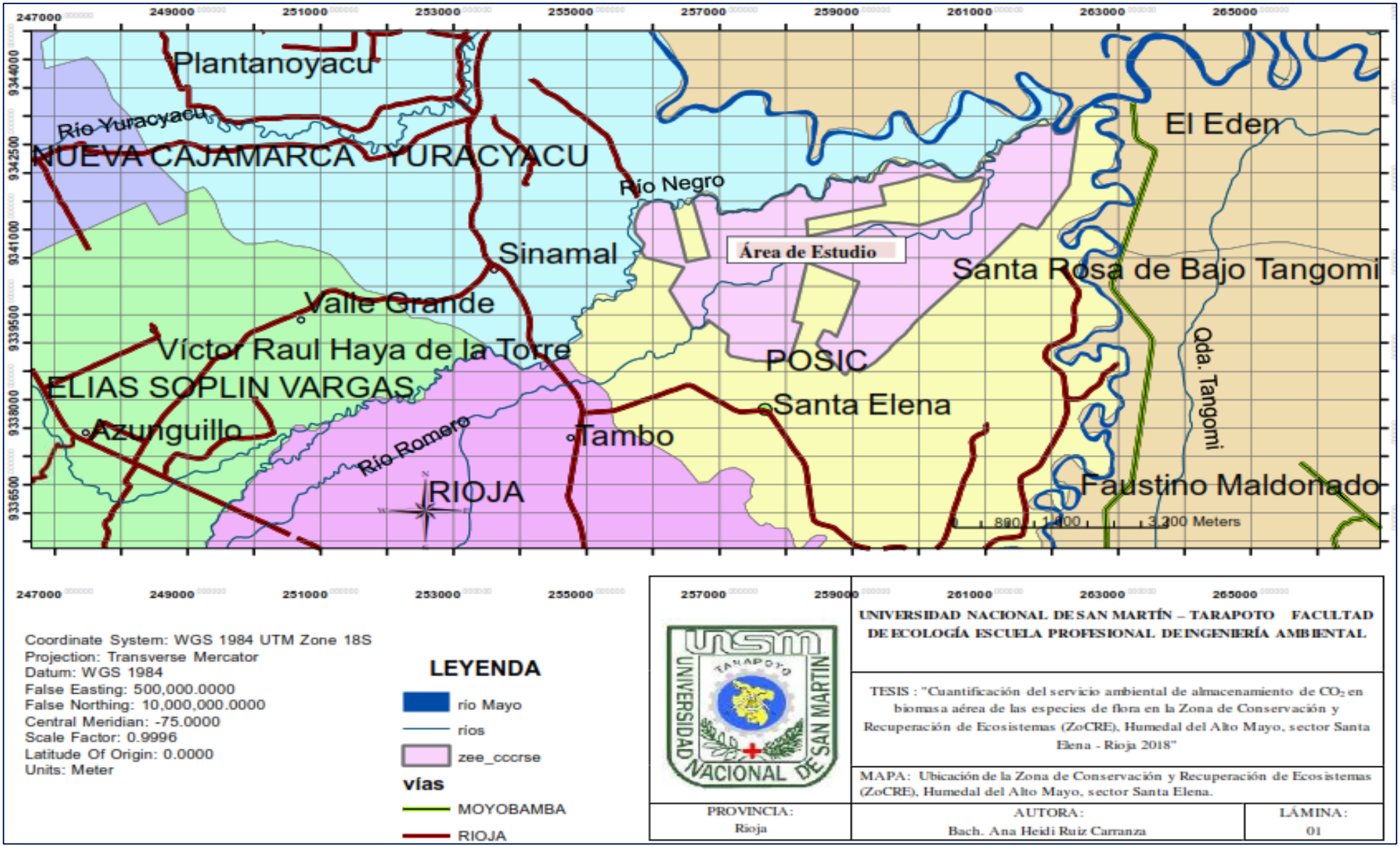
19	Virola surinamensis	0.32	28	0.080	2.984	0.450	1.584	0.792	2.907	17.153
20	Virola surinamensis	0.36	25	0.102	3.349	0.450	1.778	0.889	3.263	19.252
21	Virola surinamensis	0.44	29	0.152	5.854	0.450	3.108	1.554	5.704	33.654
22	Virola surinamensis	0.4	28	0.126	4.662	0.450	2.476	1.238	4.543	26.802
23	Virola surinamensis	0.35	20	0.096	2.559	0.450	1.359	0.679	2.494	14.713
24	Virola surinamensis	0.36	29	0.102	3.919	0.450	2.081	1.040	3.818	22.529
25	Virola surinamensis	0.45	32	0.159	6.902	0.450	3.665	1.833	6.726	39.681
26	Virola surinamensis	0.42	25	0.139	4.655	0.450	2.472	1.236	4.536	26.761
27	Virola surinamensis	0.45	22	0.159	4.676	0.450	2.483	1.241	4.556	26.881
28	Virola surinamensis	0.32	27	0.080	2.927	0.450	1.554	0.777	2.852	16.830
29	Virola surinamensis	0.38	28	0.113	4.208	0.450	2.234	1.117	4.100	24.189
30	Virola surinamensis	0.45	31	0.159	6.680	0.450	3.547	1.773	6.509	38.401
31	Virola surinamensis	0.39	32	0.119	5.185	0.450	2.753	1.376	5.052	29.805
32	Virola surinamensis	0.38	33	0.113	4.922	0.450	2.614	1.307	4.796	28.296
33	Hura crepitans	0.39	27	0.119	4.348	0.410	2.104	1.052	3.860	22.776
34	Hura crepitans	0.34	28	0.091	3.368	0.410	1.630	0.815	2.990	17.643
35	Hura crepitans	0.42	34	0.139	6.304	0.410	3.050	1.525	5.596	33.018
36	Hura crepitans	0.39	34	0.119	5.519	0.410	2.670	1.335	4.900	28.908
37	Hura crepitans	0.41	31	0.132	5.453	0.410	2.638	1.319	4.841	28.560
38	Hura crepitans	0.43	22	0.145	4.168	0.410	2.016	1.008	3.700	21.830
39	Hura crepitans	0.32	32	0.080	3.378	0.410	1.634	0.817	2.999	17.693
40	Hura crepitans	0.32	33	0.080	3.490	0.410	1.689	0.844	3.099	18.282
41	Hura crepitans	0.36	31	0.102	4.204	0.410	2.034	1.017	3.732	22.019
42	Hura crepitans	0.42	34	0.139	6.401	0.410	3.097	1.548	5.682	33.526
43	Hura crepitans	0.42	29	0.139	5.334	0.410	2.581	1.290	4.735	27.939

44	Hura crepitans	0.39	22	0.119	3.512	0.410	1.699	0.850	3.118	18.396
45	Mauritia flexuosa	0.43	28	0.145	5.388	0.460	2.924	1.462	5.366	31.661
46	Mauritia flexuosa	0.4	25	0.126	4.222	0.460	2.292	1.146	4.206	24.813
47	Mauritia flexuosa	0.44	30	0.152	6.067	0.460	3.293	1.647	6.043	35.653
48	Mauritia flexuosa	0.39	27	0.119	4.348	0.460	2.360	1.180	4.331	25.553
49	Mauritia flexuosa	0.42	32	0.139	5.819	0.460	3.158	1.579	5.796	34.195
50	Mauritia flexuosa	0.36	24	0.102	3.278	0.460	1.779	0.890	3.265	19.261
51	Mauritia flexuosa	0.43	32	0.145	6.303	0.460	3.421	1.711	6.278	37.038
52	Mauritia flexuosa	0.34	29	0.091	3.559	0.460	1.932	0.966	3.545	20.915
53	Mauritia flexuosa	0.36	27	0.102	3.634	0.460	1.972	0.986	3.619	21.355
54	Mauritia flexuosa	0.42	25	0.139	4.558	0.460	2.474	1.237	4.540	26.786
55	Mauritia flexuosa	0.39	26	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135	4.165	24.571
56	Mauritia flexuosa	0.36	25	0.102	3.349	0.460	1.818	0.909	3.336	19.680
57	Mauritia flexuosa	0.45	30	0.159	6.457	0.460	3.505	1.752	6.432	37.946
58	Mauritia flexuosa	0.39	26	0.119	4.181	0.460	2.269	1.135	4.165	24.571
59	Mauritia flexuosa	0.44	28	0.152	5.641	0.460	3.062	1.531	5.619	33.151
60	Mauritia flexuosa	0.44	32	0.152	6.599	0.460	3.582	1.791	6.573	38.780
61	Mauritia flexuosa	0.38	26	0.113	3.890	0.460	2.111	1.056	3.875	22.860
62	Mauritia flexuosa	0.39	22	0.119	3.512	0.460	1.906	0.953	3.498	20.639
63	Mauritia flexuosa	0.41	24	0.132	4.251	0.460	2.308	1.154	4.234	24.983
64	Mauritia flexuosa	0.41	18	0.132	3.050	0.460	1.655	0.828	3.038	17.922
65	Mauritia flexuosa	0.42	26	0.139	4.752	0.460	2.579	1.290	4.733	27.926
66	Mauritia flexuosa	0.41	29	0.132	5.083	0.460	2.759	1.380	5.063	29.871
67	Mauritia flexuosa	0.36	28	0.102	3.420	0.460	1.856	0.928	3.407	20.098
68	Mauritia flexuosa	0.39	32	0.119	5.017	0.460	2.723	1.362	4.997	29.485

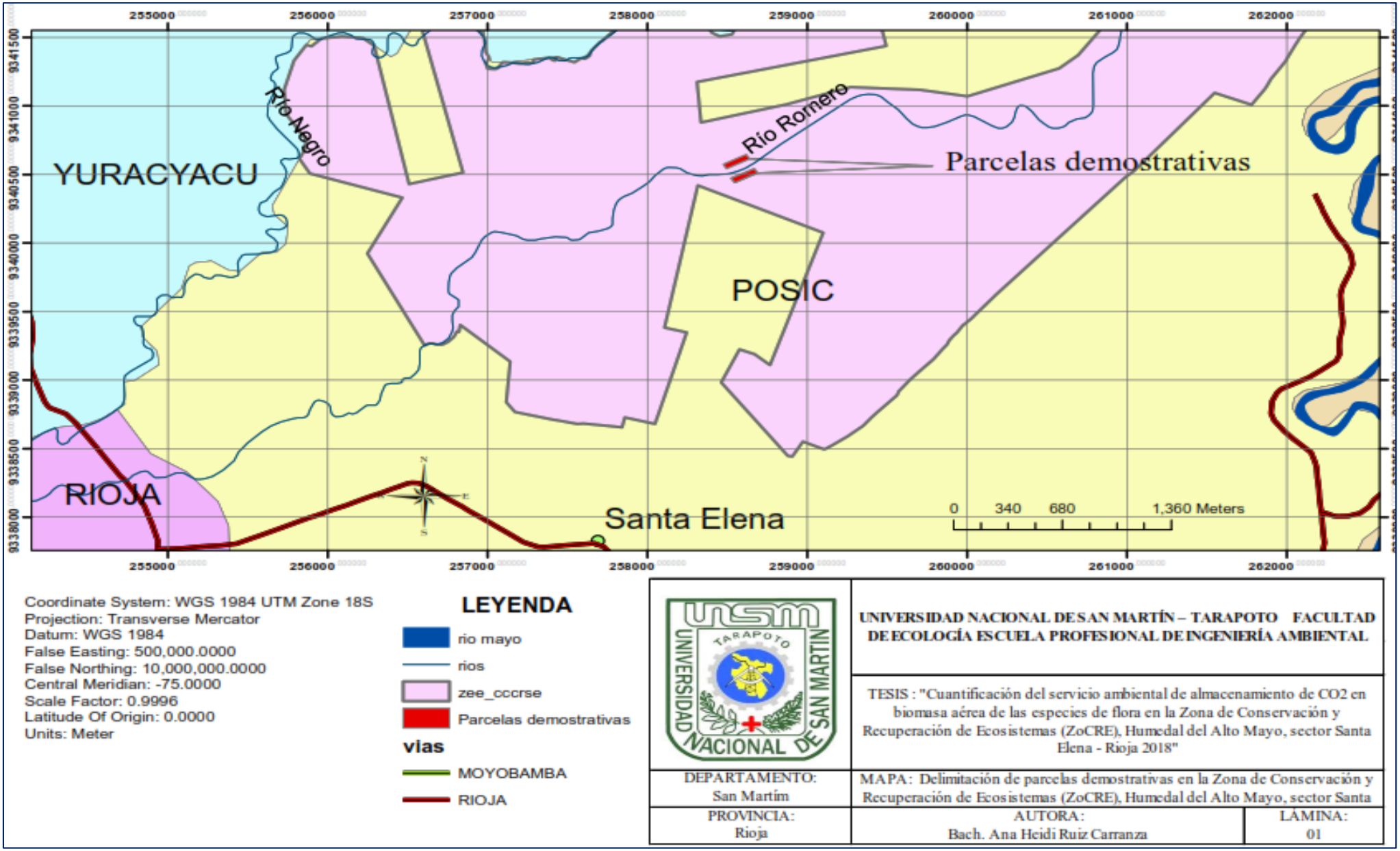
69	Mauritia flexuosa	0.4	22	0.126	3.695	0.460	2.005	1.003	3.680	21.711
70	Mauritia flexuosa	0.42	25	0.139	4.655	0.460	2.527	1.263	4.637	27.356
71	Mauritia flexuosa	0.45	26	0.159	5.455	0.460	2.961	1.481	5.434	32.058
72	Mauritia flexuosa	0.38	25	0.113	3.811	0.460	2.068	1.034	3.796	22.394
73	Cecropia spp	0.44	35	0.152	7.131	0.330	2.777	1.388	5.096	30.064
74	Cecropia spp	0.41	33	0.132	5.915	0.330	2.303	1.152	4.226	24.936
75	Cecropia spp	0.39	33	0.119	5.185	0.330	2.019	1.009	3.705	21.857
76	Cecropia spp	0.37	36	0.108	5.193	0.330	2.022	1.011	3.711	21.894
77	Cecropia spp	0.44	39	0.152	7.983	0.330	3.108	1.554	5.704	33.654
78	Cecropia spp	0.37	35	0.108	5.043	0.330	1.964	0.982	3.603	21.259
79	Cecropia spp	0.43	26	0.145	5.083	0.330	1.979	0.990	3.632	21.428
80	Cecropia spp	0.42	32	0.139	5.916	0.330	2.304	1.152	4.227	24.940

Elaboración Propia: Modificado a partir del instrumento propuesto por Yepes et al, 2010.

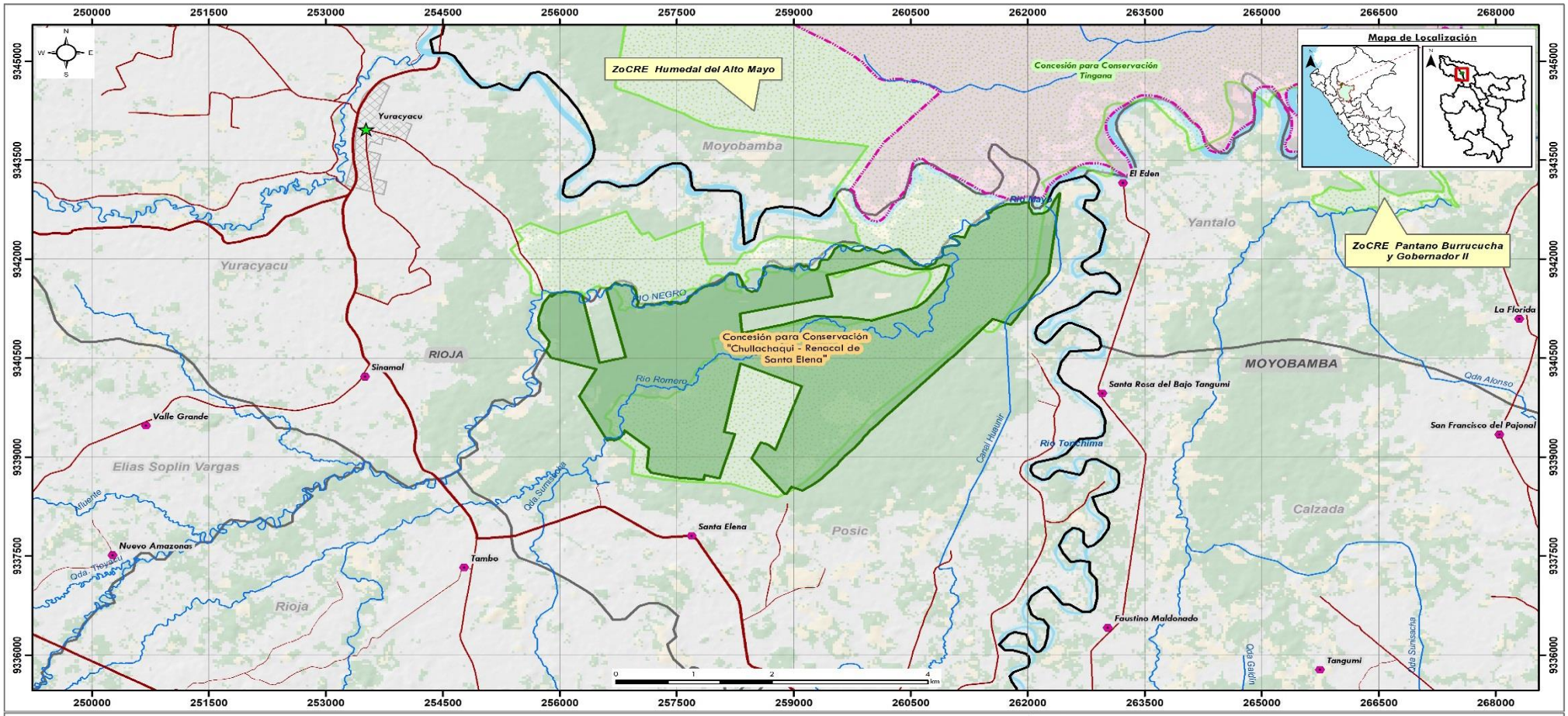
Anexo 03: Ubicación de la ACARR- Reserva Ecológica Santa Elena.



Anexo 04: Ubicación de las parcelas en el área de estudio.



Anexo 05: Concesión para conservación "Chullachaqui – Renacal de Santa Elena"



SIGNOS CONVENCIONALES

- Distrito de Yuracyacu
- Centro Poblado
- Ríos y Quebradas
- Asfaltada
- Afirmada
- Trocha Carrozable
- Camino de Herradura
- CC. Tingana
- CC. Chullachaqui - Renacal de Santa Elena
- Zona de Conservación y Recuperación de Ecosistemas
- Centros Urbanos
- Límite Distrital
- Límite Provincial

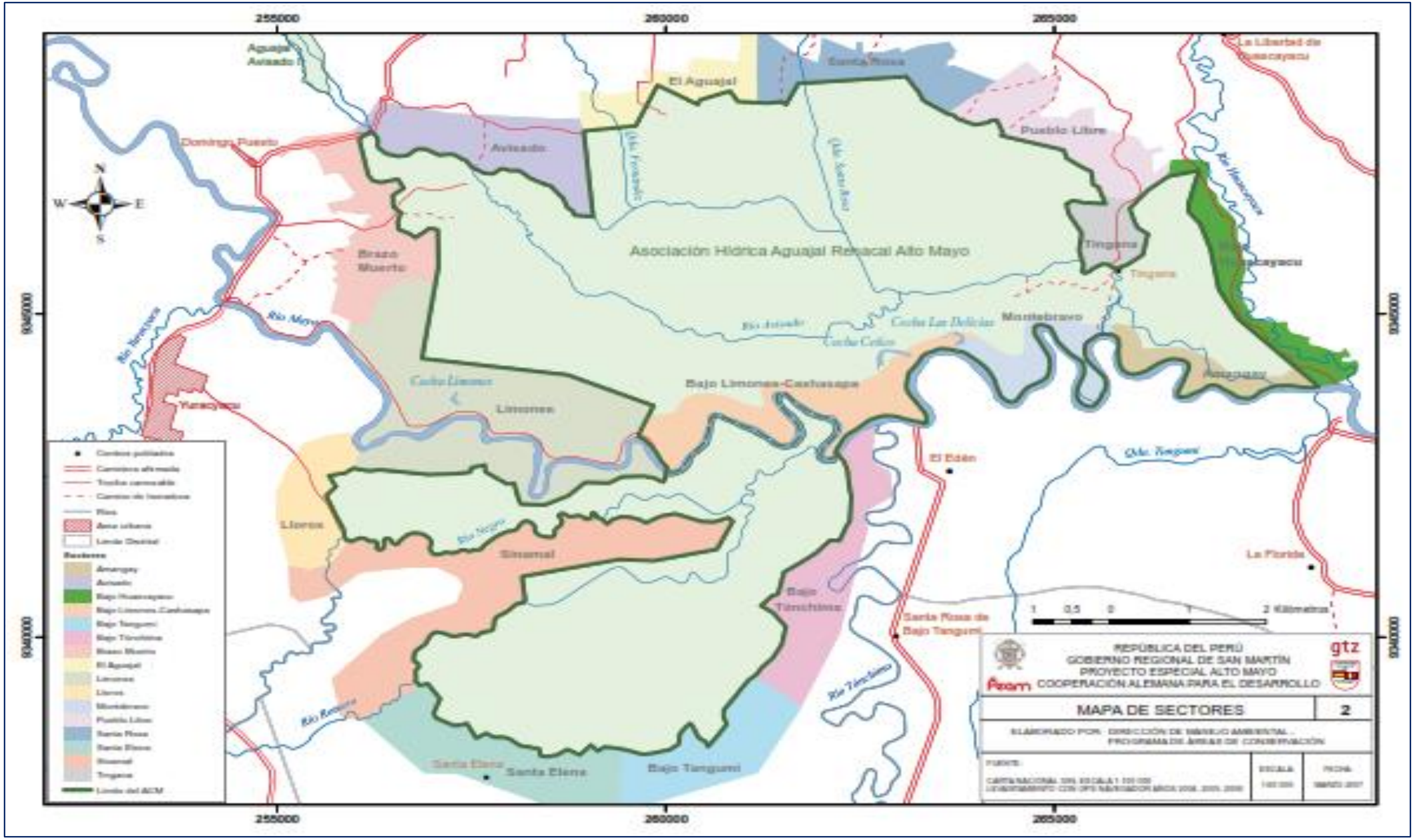
CONCESIÓN PARA CONSERVACIÓN "CHULLACHAQUI - RENACAL DE SANTA ELENA"

MAPA Nº 01 : UBICACIÓN	Región: SAN MARTÍN	Provincia: RIOJA	Distrito: POSIC

FUENTE:	ÁREA:	PERÍMETRO:
- Base de datos cartográficos, GORESAM 2018 - Amazónicos por la Amazonía (AMPA), 2018	1235.32 ha.	34056.97 m.l

ESCALA: 1:50,000	PROYECCIÓN: UTM		ELABORADO POR:
FECHA: Diciembre, 2018	DATUM: WGS 84	ZONA: 18 Sur	Unidad de SIG y Monitoreo AMPA - PERÚ

Anexo 06: Sectores colindantes y centros poblados de referencia en el ACM AHARAM



Anexo 07: Panel fotográfico.

Fotografía 1 y 2: Reconocimiento del área de estudio.

Fotografía 3: Especies en el humedal sector Santa Elena.

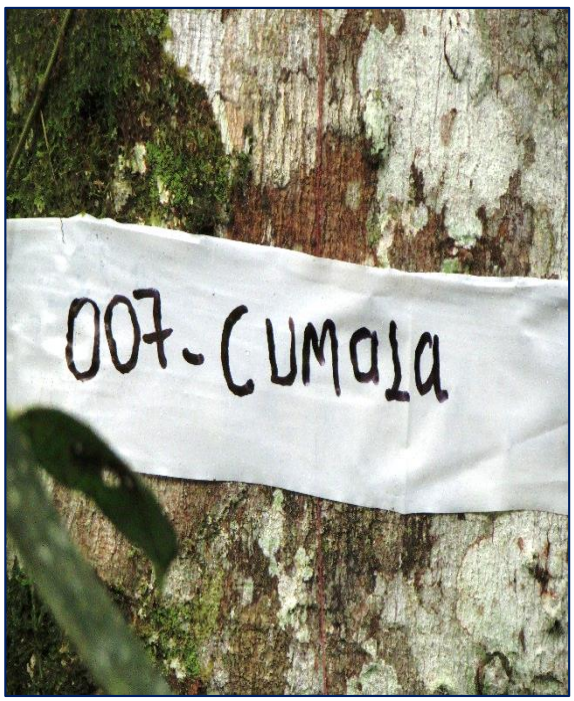
Fotografía 4: Delimitación del área de estudio.

Fotografía 5 y 6: Delimitación de parcelas.

Fotografía 7: Materiales utilizados.

Fotografía 8: Personal de apoyo manipulando los materiales a utilizar.

Fotografía 9: Enumerando especies del área de estudio.



Fotografía 10 y 11: Rotulado de especies.

Fotografía 12 y 13: Medición del DAP de los árboles.

Fotografía 14: Toma de datos en la ficha de inventario.