



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Reserva de Carbono en biomasa aérea de los cultivos de Cacao
(*Theobroma cacao L.*) y Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) para
determinar el valor económico del Carbono en el departamento de
San Martín, 2017**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Rios Mozombite, Roy (orcid.org/0009-0009-0585-2791)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (orcid.org/0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA - PERÚ

2017

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 07 Fecha : 31-03-2017 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Elmer Gopnzales Benites Alfaro, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo – Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada

“Reserva de Carbono en biomasa aérea de los cultivos de Cacao (*Theobroma cacao L.*) y Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) para determinar el Valor Económico del Carbono en el Departamento de San Martín, 2017”, del (de la) **estudiante RIOS MOZOMBITE, Roy**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **12 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lima, 11 de setiembre de 2024.



Dr. ELMER G. BENITES ALFARO
 Ing. Químico
 Colegiado N° 90034828
 CIP 71898

Firma

Dr. Elmer G. Benites Alfaro

DNI: 07867259.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, RIOS MOZOMBITE ROY estudiante de la de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Reserva de Carbono en biomasa aérea de los cultivos de Cacao (*Theobroma cacao* L.) y Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) para determinar el Valor Económico del Carbono en el Departamento de San Martín, 2017", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
RIOS MOZOMBITE ROY DNI: 47545942 ORCID: 0009-0009-0585-2791	Firmado electrónicamente por: RRIOSM1 el 11-09- 2024 23:34:04

Código documento Trilce: INV - 1753860



DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Horocia Mozombite Valdiviezo y Darwin Rios Lozano, ellos son mi motivo y motor, así como a mis hermanos que me brindaron su apoyo incondicional, gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a los profesionales que generosamente brindaron sus valiosas críticas y recomendaciones durante la preparación y desarrollo de mi tesis. También estoy en deuda con la universidad por las enseñanzas que me impartieron y con mi asesor, el Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales, cuya experiencia y profesionalismo me guiaron de la manera más efectiva a lo largo de mi investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Declaratoria de autenticidad del asesor	ii
Declaratoria de originalidad del autor	ii
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice de contenidos	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. METODOLOGÍA.....	12
III. RESULTADOS	22
IV. DISCUSIÓN	30
V. CONCLUSIONES.....	34
VI. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS.....	42

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de Variables	16
Tabla 2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y	18
Tabla 3. Reserva de carbono total por especie	22
Tabla 4. Biomasa total por especie	22
Tabla 5. Valorización económica de bono de carbono	23
Tabla 6. Estadísticos descriptivos en altura y biomasa para cacao	23
Tabla 7. Estadísticos descriptivos en altura y biomasa para palma aceitera	24
Tabla 8. Estadísticos descriptivos en carbono total con valor económico de carbono para cacao (<i>Theobroma cacao</i>)	24
Tabla 9. Estadísticos descriptivos en carbono total con valor económico de carbono para palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)	24
Tabla 10. Parte del registro de datos de volumen de cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	48
Tabla 11. Parte del registro de datos de volumen de palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	49
Tabla 12. Densidad de Cacao	50
Tabla 13. Densidad de Palma aceitera	51
Tabla 14. Parte del registro de datos de biomasa fuste de cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	51
Tabla 15. Parte del registro de datos de biomasa fuste de palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	52
Tabla 16. Peso rama Cacao	53
Tabla 17. Peso rama Palma aceitera	54
Tabla 18. Parte del registro de datos de biomasa rama de cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	54
Tabla 19. Parte del registro de datos de biomasa rama de palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	55
Tabla 20. Peso follaje cacao	56
Tabla 21. Peso follaje palama aceitera	56
Tabla 22. Parte del registro de datos de biomasa follaje de cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	56

Tabla 23. Parte del registro de datos de biomasa follaje palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	57
Tabla 24. Parte del registro de datos de carbono fuste cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	58
Tabla 25. Parte del registro de datos de carbono fuste de palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	59
Tabla 26. Parte del registro de biomasa datos carbono rama de cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	60
Tabla 27. Parte del registro de datos carbono follaje de cacao (<i>theobroma cacao l</i>)	61
Tabla 28. Parte del registro de datos carbono rama de palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	62
Tabla 29. Parte del registro de datos carbono follaje de palma aceitera (<i>Elias guineensis</i>)	62

INDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Ciclo de Carbono	8
Ilustración 2. Planta de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	13
Ilustración 3. Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)	14
Ilustración 4. Reserva de carbono total por especie	26
Ilustración 5. Biomasa total por especie	26

RESUMEN

La tesis se fundamenta en identificar la reserva de carbono en la biomasa aérea de cada cultivo de cacao (*Theobroma Cacao L.*) y palma aceitera (*Elaeis Guineensis*) expresado en Tn C, puesto que estas especies tienen una mayor demanda en siembra en la parte de la selva alta y así mismo poder cuantificar el valor económico de carbono que existe en cada cultivo de estas especies en el mercado internacional. La investigación, alineado al ODS “Vida de Ecosistemas Terrestres”, se centró en Ramal de Cachiyacu, provincia de Uchiza, departamento de San Martín, donde se evaluó una hectárea de cada especie sembrada, generando así diferentes poblaciones y muestras. La metodología que se utilizó fue hallar el tamaño de la muestra de cada especie, se escogió un ejemplar de cada especie y mediante el método destructivo se cortó en tallo, ramas y hojas; posteriormente se llevó a laboratorio para poder analizar el peso fresco, peso húmedo y porcentaje de carbono. Para las demás muestras de cada especie se midió altura de fuste, diámetro medio, de la base y de la copa, y con la información recopilada, tanto de laboratorio y campo, se pudo estimar indicadores claves de cantidad de carbono, biomasa y densidad de la madera.

Del análisis se obtuvo un total de 72.91 Tn C en la especie de cacao y 67.77 Tn C en la especie de palma aceitera, generando un total de 140.68 Tn C en ambas especies de la muestra. Asimismo, se cuantificó el valor económico de carbono de cada especie con el actual que maneja la bolsa de valores de emisiones de carbono (5.44 €/ Tn), obteniéndose 396.58 €/Tn en el caso de cacao y 368.56 €/Tn para la palma aceitera.

Palabras Claves: Reserva de Carbono, Biomasa aérea, Cacao (*Theobroma Cacao L.*), Palma Aceitera (*Elaeis Guineensis*), valor económico.

ABSTRACT

The thesis is focused on identifying the carbon stock in the aerial biomass of each cocoa crop (*Theobroma Cacao L.*) and oil palm (*Elaeis Guineensis*) expressed in Tn C, since these species have a greater demand in planting in the part of the high forest and to be able to quantify the economic value of carbon that exists in each culture of these species in the international market. The research, aligned to SDG “Life on Land”, was centered in Ramal de Cachiyacu, Uchiza province, department of San Martín, where one hectare of each species was evaluated, thus generating different populations and samples. The methodology used was to find the sample size of each species, one specimen was chosen from each species and by the destructive method it was cut into stems, branches and leaves; later it was taken to laboratory to be able to analyze the fresh weight, wet weight and percentage of carbon. For the other samples of each species, stem height, average diameter, base and crown were measured to estimate the amount of carbon, the biomass and wood density.

The results obtained a total of 72.91 Tn C in the cocoa species and 67.77 Tn C in the oil palm species, generating a total of 140.68 Tn C in both species of the sample. Likewise, the economic value of carbon of each species was quantified with the current price of the carbon stock market (5.44 € / Tn), obtaining 396.58 € /Tn in the case of cocoa and 368.56 € /Tn in the case of the oil palm.

Key words: Carbon Reserves, Aerial biomass, Cocoa (*Theobroma Cacao L.*), Oil palm (*Elaeis Guineensis*), economic value.

I. INTRODUCCIÓN

El estudio ha demostrado que los gases de efecto invernadero (GEI) provocados por el hombre hacen que la temperatura de nuestra Tierra aumente y, como resultado, cambia todo el sistema climático. Los efectos de este cambio son numerosos y tienen consecuencias desastrosas en diversos componentes del bienestar de las personas, la inocuidad alimentaria, la economía global, los recursos naturales, por no hablar de la infraestructura física; por lo cual, esto la convierte en una de las amenazas más alarmantes contra el medio ambiente. Por ello, en Kioto-Japón, a finales de 1997 se pacta un protocolo que sirvió para abordar el desarrollo sostenible, con objetivos específicos mensurables sobre el mejor método que ayudaría en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, esto sería mediante políticas y medidas que se adaptarían a las circunstancias de cada nación. Un ejemplo de tales medidas es promover la preservación y mejora de los sumideros de gases de invernadero que promueve las prácticas agrícolas sostenibles. Otra medida es la exploración y utilización de tecnologías innovadoras para el secuestro de bonos de carbono, CO₂, entre otros.

En consecuencia, el **objetivo** de este trabajo fue valorar datos técnicos sobre la capacidad de reserva de carbono de las plantaciones de cacao y palma aceitera en el área denominada Ramal de Cachiyacu, ubicada en San Martín. Los dos cultivos, que tienen una gran demanda en el mercado, tienen potencial como importantes sumideros de carbono, lo que los hace adecuados para su uso como entidades negociables en el marco de iniciativas de comercio de créditos de carbono. El diseño de esta investigación empieza con una descripción general de la situación, se investigará más a fondo e incluye una descripción del problema y los objetivos de la tesis. También contiene la justificación del estudio y la introducción de hipótesis. Luego, analizamos detalladamente las fases de diseño e investigación, la operacionalización de las variables de estudio, las técnicas e instrumentos utilizados para recopilar y gestionar la data, el método de análisis de datos y las consideraciones éticas involucradas. Todo ello se resume en una descripción integral de los hallazgos tanto descriptivos como inferenciales, todos los cuales se alinean perfectamente con

la finalidad del estudio en cuestión. Por último, se involucra discusiones relacionadas con los antecedentes o trabajos previos, y sobre la base de los hallazgos y objetivos esbozados en este estudio se derivan conclusiones.

El estudio se alinea al **Objetivo de Desarrollo Sostenible** “Adaptación al cambio climático y fomento de ciudades sostenibles y resilientes” dado que aborda estudiar el agotamiento de las reservas de carbono se está produciendo como resultado de la deforestación, que es causada por una multitud de factores que incluyen la tala ilegal, las prácticas agrícolas, la construcción de caminos de acceso, el crecimiento demográfico y las operaciones mineras, entre otros. Este conjunto colectivo de agentes es responsable de la escalada de gases de invernadero y posteriormente contribuye al fenómeno del cambio climático. En esa misma línea de idas y de acuerdo al Gobierno Regional de San Martín, de la superficie de 5.179.642 hectáreas total de la región, se ha observado que la deforestación ha afectado aproximadamente el 27,45% (1.421.874 hectáreas) de este territorio para el año 2000. Datos recientes sugieren que la deforestación continúa a un ritmo de aproximadamente 25.000 hectáreas por año. Con base en proyecciones, se anticipa que, dentro de las próximas tres décadas, el departamento podría sufrir una transformación hacia un paisaje árido y degradado. Lamentablemente, esto provocaría que una parte importante de la población sufriera una pobreza extrema como consecuencia del agotamiento de valiosos recursos naturales.

Es así, que la **realidad problemática** radica en la mitigación del cambio climático ha surgido como una tarea primordial tanto para la economía como para la comunidad científica dedicada a la preservación del medio ambiente debido a la naturaleza generalizada de este problema global y sus posibles implicaciones para el desarrollo sostenible y los recursos naturales. Paralelamente, el mercado de bonos está siendo cada vez más reconocido como una herramienta económica internacional con potencial para la reducción de emisiones de gases de invernadero, los cuales principalmente contribuyen al cambio climático. En consecuencia, esto presenta una oportunidad para colaborar con las prácticas agrícolas a fin de fomentar un proceso de producción más limpio y menos perjudicial para el medio ambiente, al tiempo que se establecen los mecanismos necesarios para un crecimiento económico

sostenible. Todo ello, surge el siguiente **problema** general: ¿Cuál es la capacidad de reserva de carbono en la biomasa área de los cultivos de cacao (*Theobroma cacao L.*) y Palma aceitera (*Elias guineensis*) para determinar el valor de económico del carbono en San Martín, 2017?; y también los siguientes problemas específicos:

- ¿Cuál es la capacidad de reserva de carbono en la biomasa área del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017?
- ¿Cuál es la capacidad de reserva de carbono en la biomasa área del cultivo de Palma aceitera (*Elias guineensis*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017?
- ¿Cuál es el valor económico de reserva de carbono en la biomasa área de cada cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) y Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017?

La **finalidad y justificación** de la investigación fue evaluar la cantidad de carbono en la biomasa aérea de plantaciones de cacao y palma aceitera para determinar el valor económico del carbono. Estas dos especies son muy demandadas en la región amazónica peruana, debido al apogeo en la industria de aceite de palma, que alcanzó los 50 millones de toneladas en 2012 frente a los 13 millones de toneladas de hace dos décadas (FAO, 2014). Además, las exportaciones de cacao y sus productos derivados han contribuido para los países exportadores a generar ingresos anuales arriba de los 3000 millones de dólares, debido a que en nuestro país existe un boom de siembra de palma de aceite y cacao en la región de la selva, por ser siembra alternativa de plantaciones de coca (actualmente siembras en erradicación) y de programas de reforestación; es por ello se está incentivando la siembra de estas especies en diferentes programas del estado, según MINAGRI en la selva existe 600 mil hectáreas con potencial para cultivar palma aceitera y en estos últimos 10 años el Perú ha crecido en 59 mil toneladas en el 2015 en exportación de cacao, es por esta razón, lo importante que es la presente investigación, ya que está existiendo una gran demanda de estas especies para su siembra generando y se quiere aprovechar estos cultivos como sumideros de carbono, para su posterior comercio de carbono. Al desarrollar la investigación se realizará un análisis comparativo, de

cuantificar la reserva de carbono de estos dos cultivos y por consiguiente generar el cálculo de valorización económico del carbono que genera cada cultivo.

Como investigaciones previas en el marco de la problemática explicada, **a nivel internacional** se tiene la tesis de Gonzales de 2008 proporciona un examen exhaustivo de la regeneración natural de *Pinus maximinoi* y su impacto en la biomasa y el almacenamiento de carbono en el norte de Chiapas, México, llenando un vacío crucial en la comprensión de estos procesos en hábitats templados fríos. Anteriormente, la investigación se había centrado predominantemente en los ecosistemas tropicales, pero el trabajo de Gonzales dirige la atención a áreas menos estudiadas, ofreciendo conocimientos valiosos para la conservación y la gestión ambiental. A través de una metodología meticulosa, que incluye el uso de parcelas de muestreo temporales y el desarrollo de modelos alométricos, el estudio estima la biomasa y el almacenamiento de carbono de tres especies prevalentes en estos hábitats. La investigación de Gonzales destaca por su precisión, indicada por altos coeficientes de determinación en los modelos utilizados, y contribuye significativamente a nuestra base de conocimientos al proporcionar datos detallados sobre biomasa, densidad de la madera y estimaciones de almacenamiento de carbono para *Pinus oocarpa* y *Pinus maximinoi*, asociados con *Quercus* sp. Este trabajo no solo mejora nuestra comprensión de las capacidades de secuestro de carbono en diferentes tipos de bosques, sino que también subraya la importancia de especies específicas en estos procesos, lo que marca una contribución significativa a la investigación en ciencias ambientales. Por otro lado, en el estudio de 2008 realizado por Alberto y sus colegas, exploraron el concepto de utilizar el secuestro de carbono como base para un sistema global de pago por servicios ambientales. Esto requiere el establecimiento de métodos para evaluar tanto la acumulación de biomasa aérea como su contenido de carbono. Su investigación se centró en los bosques de *Pinus oocarpa* en Honduras, con una superficie de aproximadamente 36.139,78 hectáreas. Esto se basó en los datos recopilados de un inventario de campo en áreas predominantemente pobladas por *Pinus oocarpa* Schiede. Su inventario midió la distribución de los diámetros de los árboles a la altura del pecho y la densidad, y encontró que el tallo contribuye al 71% de la biomasa aérea, y las ramas comprenden

otro 21%. El estudio determinó que las densidades de la madera y la corteza eran 0,55 gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) y 0,53 g/cm^3 , respectivamente. Identificaron el modelo logarítmico combinado como el más preciso para estimar la biomasa aérea total en toneladas métricas por hectárea (Tm/ha) para la región, incluida la tasa de aumento de biomasa cada año. Los análisis químicos de la biomasa aérea del *Pinus oocarpa* revelaron que el carbono constituye el 51,8% de su peso seco. El carbono acumulado en los bosques de *Pinus oocarpa* dentro de los municipios de Cabañas Oporo y Santa Ana se estimó en 913.925,50 Tm, con una tasa de secuestro anual de dióxido de carbono de 105.989,86 Tm. Adicionalmente, en Bolivia a través de la investigación de Álvarez en 2008, se desarrollaron parámetros técnicos y modelos alométricos orientados a estimar la biomasa aérea mediante el método destructivo de árboles, para poder evaluar la capacidad de secuestro de dióxido de carbono de dos especies de árboles nativos en plantaciones forestales de Cochabamba en Bolivia. Fue un total de 51 árboles los que llegaron al análisis, donde 26 pertenecían a *Centrolobium tomentosum* (con dap entre 10.1 y 36.6 cm) mientras que otros 25 pertenecían a *Schizolobium parahyba* (dap entre 13.4 y 54.4 cm). De muestras de tallos y ramas tomadas de estas especies: la densidad básica de la madera fue de 0,46 g/cm^3 para *Centrolobium tomentosum*; y para *Schizolobium parahyba* fue de 0,36 g/cm^3 . El contenido de carbono orgánico dentro de la biomasa fue del 51,80% para *Centrolobium tomentosum*, mientras que fue ligeramente inferior, del 50,15%, pero aún digno de mención para *Schizolobium parahyba*. En un estudio realizado en Saipai, Santa Lucía, SINFUESTS (2015) reveló hallazgos sobre el carbono almacenado en la biomasa aérea por tres sistemas agroforestales. Informaron que el sistema agroforestal *Theobroma cacao L.* es el más alto entre los tres sistemas y almacena alrededor de 157,78 t C/ha. Este particular sistema está formado por *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus Cajan*—con una composición—que tiene aproximadamente 157.78 t C/ha como capacidad de almacenamiento de carbono. El sistema 3 le sigue de cerca con alrededor de 125,01 t C/ha. El estudio también señala que el componente arbóreo de estos sistemas almacena una cantidad total de carbono que alcanza hasta 365,51 t C/ha, mientras que la biomasa de hojarasca almacena alrededor de 21,59 t C/ha, mientras que la biomasa herbácea almacena mucho menos, 8,35 t C/ha.

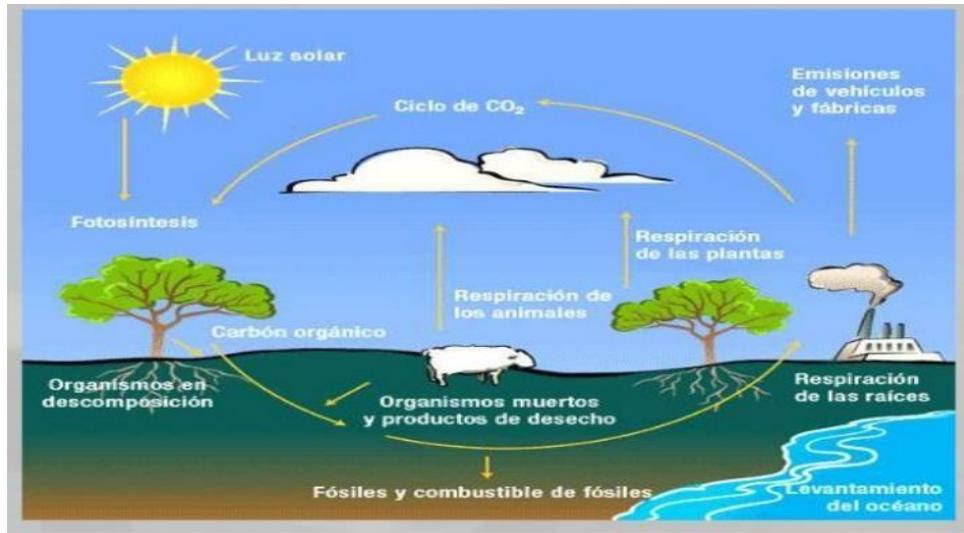
En comparación con otros estudios **a nivel nacional**, Sifuentes (2015) encontró que el sistema agroforestal *Theobroma cacao L.*, ubicado en Saipai de Santa Lucía, tiene la mayor capacidad de almacenamiento de carbono entre los tres sistemas. Se compone de *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus Cajan* y almacena alrededor de 157,78 t C/ha. El sistema 3 le sigue de cerca con 125,01 t C/ha, siendo el componente arbóreo el que almacena la mayor cantidad de carbono con un total de 365,51 t C/ha, mientras que la biomasa de hojarasca almacena aproximadamente 21,59 t C/ha, y la biomasa herbácea una cantidad menor, 8,35 t C/ha. Otro estudio relacionado es el de Santos (2015), que señaló que existen diferencias significativas en la biomasa de diversas especies arbóreas. Por ejemplo, la biomasa del tallo de *Eucalyptus glóbulus labill* es de 20574,014 kg (promedio 374,07 kg por árbol) mientras que la de *Alnus glutinosa* es de 8237,168 kg (promedio 205,92 kg por árbol). La biomasa en ramas para árboles de Eucalipto es de 2766,00 kg (50,29 kg por árbol en promedio) y para Alisos es de 1662,580 kg (41,56 kg por árbol en promedio). Sumado a esto, la biomasa foliar del eucalipto es de 1.320.200 kg (24 kg por árbol en promedio), y la de aliso es de 834.685 kg (20,86 kg por árbol en promedio). Bartra (2011) señaló que el mayor secuestro de carbono en el sistema de manejo forestal de raleo en comparación con el sistema tradicional se debe a la alta diversidad de especies de árboles. En este sistema coexisten muchos árboles de diámetros superiores a 30 cm lo que conduce al enriquecimiento del sistema. Por el contrario, el sistema tradicional tiene una baja diversidad de especies, ya que sólo consta de árboles con diámetros de al menos 15 cm, por lo que tiene un bajo secuestro de carbono. Los factores que afectan la concentración de carbono en el suelo incluyen la tasa de entrada de hojarasca, la descomposición y el drenaje del agua del suelo, entre otros como el tipo y la ubicación del suelo, además de factores indirectos como la precipitación y la temperatura, que están muy influenciados por el cambio climático, aspecto que se aborda en este número. Adicionalmente en un estudio en Huánuco en Perú en 2014, Vicente Pocomucha y Julio Alegre identificaron que los productores entrevistados demuestran actitudes positivas hacia los SAF del cacao. Este aspecto es muy prometedor; sin embargo, suele pasar desapercibido para muchos. El potencial de almacenar carbono en estos sistemas podría generar muchos otros beneficios adicionales que incluyen,

entre otros, el logro de más ingresos económicos y elevar el estilo de vida de las familias. Por otra parte, la producción es relativamente baja -situándose en 489 kg ha-, cuestión que debe reconocerse dado que está por debajo de los medios regionales y nacionales. Por último, en los hallazgos del informe de Santos (2015) muestra una variación considerable entre la biomasa de diferentes especies arbóreas. La biomasa del fuste de los árboles de eucalipto (*Eucalyptus glóbulus labill*) se registra en un promedio de 20574,014 kg (por árbol con un promedio de 374,07 kg) mientras que para los alisos (*Alnus glutinosa*) se sitúa en 8237,168 kg (por árbol con un promedio de 205,92 kg). Las ramas de eucalipto contienen 2766,00 kg de biomasa (con un promedio de 50,29 kg por árbol) y las ramas de aliso contienen 1662,580 kg de biomasa (con un promedio de 41,56 kg por árbol). En términos de biomasa foliar, los eucaliptos tienen un total de 1.320.200 kg (con un promedio de 24 kg por árbol) y los alisos tienen un total de 834.685 kg (con un promedio de 20,86 kg por árbol).

Por otro lado, en cuanto a las **teorías fundamentales** del marco teórico, en circunstancias típicas el carbono existe en estado sólido y tiene la capacidad de unirse con el hidrógeno, lo que da como resultado la creación de los famosos hidrocarburos. Además, el carbono tiene la capacidad de combinarse con elementos metálicos como la piedra caliza. La importancia del carbono en nuestra existencia radica en el hecho de que todos los organismos vivos poseen carbono en su composición química. Como afirma Lapayre (2004), el dióxido de carbono es un elemento vital que se encuentra en todos los organismos, el cual existe principalmente como CO₂ los océanos, la atmósfera y los hidrocarburos fósiles como el petróleo, carbón, entre otros. Por otro lado, las plantas toman el CO₂ de la atmósfera y mediante la fotosíntesis transforman en tejidos y carbohidratos, que representa un papel importante en el ciclo del carbono. Es preciso indicar que el ciclo del carbono, como lo afirma el IPCC (1997), desempeña un papel crucial en el sistema climático ya que regula la acumulación de dióxido de carbono resultante de las emisiones inducidas por el hombre. La simulación precisa de la fotosíntesis y la respiración en la tierra, junto con el intercambio neto de dióxido de carbono entre el océano y la atmósfera, son procesos clave a considerar. Debido a la estabilidad química y la concentración uniforme de CO₂ en la atmósfera, cualquier

fluctuación natural de sus niveles depende únicamente de los efectos combinados de la fotosíntesis, la respiración y los movimientos del aire y del mar.

Ilustración 1. Ciclo de Carbono



Fuente: <http://raulgarciahernandez.blogspot.pe/2016/05/ciclo-del-carbono.html>.

Según Segura (1997) explicó que el almacenamiento de carbono como la capacidad de un bosque para mantener una cierta cantidad promedio de carbono por hectárea y luego liberarlo gradualmente durante un período de tiempo específico a la atmósfera, por lo que, la sustracción de carbono de la atmósfera es un proceso llamado captura de carbono, que se puede lograr de varias formas, entre ellas físicas y biológicas, como la fotosíntesis. Estas actividades ocurren en reservorios de carbono como océanos o bosques. Los datos provienen del Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Vida Silvestre del 2015. El propósito del inventario es determinar el volumen de madera y la cantidad de carbono no puede estimarse directamente a partir de esto. Por lo tanto, se realizan diferentes cálculos para convertir los volúmenes obtenidos en el inventario a través de varios pasos: convertir los volúmenes verdes del inventario en biomasa de peso seco, estimar el peso de carbono dentro de la biomasa, determinar la cantidad de biomasa y carbono por hectárea más otros componentes utilizando un Factor de Expansión de Biomasa (Pizzurdo 2010) porque una evaluación por sí sola del volumen de la madera no puede capturar todos los componentes presentes. El cambio climático puede ser el resultado de procesos naturales internos, así como de forzamientos externos o alteraciones antropogénicas persistentes en la composición atmosférica y el uso de la tierra que

proviene de forma directa o indirecta de la actividad humana (IPCC, 1997), y que conducen a él desde cualquier otra fuente.

Es así como, el **enfoque conceptual** abarca el estudio de la cantidad de carbono almacenado que está íntimamente ligada a la capacidad del bosque para sostener una biomasa específica por hectárea, un factor influenciado por su heterogeneidad y regulado por las condiciones edafológicas y climáticas predominantes (Arévalo et al., 2003). Respecto a la biomasa, tal como la definió el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático en 2007, se refiere al peso colectivo de los organismos vivos dentro de un área o volumen específico. En el contexto de la biomasa, la materia vegetal muerta que está relativamente fresca generalmente se clasifica como biomasa muerta. La cuantificación de la biomasa se puede realizar a través de su peso seco o midiendo su composición energética, de carbono o de nitrógeno. Como lo afirma Álvares (2008), la contribución proporcional de varios componentes, como las ramas, las hojas, tronco, la corteza y las raíces, a la biomasa general de un árbol exhibe una variación significativa, influenciada por factores que incluyen especies, edad, sitio y prácticas silvícolas. La evaluación de la biomasa tiene una importancia significativa ya que permite determinar las cantidades de carbono y otros elementos presentes en sus constituyentes, al mismo tiempo que representa las emisiones potenciales de carbono que pueden liberarse a la atmósfera o ser retenidas y secuestradas dentro de un área determinada (Brown et al. otros, 1996). Todo ello describe la cantidad de carbono que está presente en toda la biomasa viva sobre el nivel del suelo, que incluye ramas, troncos, cortezas, semillas y plántulas (FAO, 2010). Para calcular la biomasa aérea, Segura y Kanninen (2002) sugieren dos formas. La primera es medirlo directa o destructivamente; mientras que el segundo incluye métodos indirectos utilizados principalmente para árboles de gran tamaño. En ambos casos, los valores determinados se extrapolan para representar una superficie de una hectárea. La implementación de técnicas destructivas implica la realización de mediciones de campo, así como la recolección y muestreo completo de la vegetación, considerando ciertos criterios de evaluación. A pesar de ser más costoso y consumir más tiempo, este enfoque produce resultados excepcionalmente confiables en comparación con el método alternativo. Un medio alternativo para estimar la biomasa es mediante la

utilización de modelos de biomasa específicos de especies, mediante los cuales los datos del inventario forestal, como el diámetro a la altura del pecho (dap) y la altura, se convierten en valores de biomasa utilizando modelos generales establecidos.

Dado en el contexto actual del sistema de comercio de carbono descrito en el artículo 17 del Protocolo de Kioto es utilizado por países con unidades de emisión excedentes para transferir y vender sus capacidades excedentes a naciones que no cumplen con sus objetivos de reducción. Esto incluye reducciones de emisiones, pero no se limita a las emisiones libres de costo que luego son aplicables porque han sido determinadas en relación con las disposiciones de la CMNUCC, 2014. De esta actividad surgió el surgimiento de un nuevo producto de reducción de emisiones. El CO₂ se considera el principal gas de efecto invernadero y, por lo tanto, cae bajo el mismo nivel de vigilancia, así como el comercio económico que corresponde a cualquier otro bien comercializable dentro del campo conocido como "mercado de carbono". Es así como nace el término de "bono de carbono" que denota un incentivo o sistema de recompensa específico relacionado con el carbono. Los créditos de carbono, también llamados Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases de Invernadero (CER), representan una tonelada métrica de CO₂. Estos incentivos se crean durante la ejecución de un proyecto y se generan después de una reducción exitosa: activos comercializables dentro del mercado de carbono supervisado por SINIA.

Para responder a la problemática planteada, se formuló el siguiente **objetivo** general: Determinar la capacidad de reserva de carbono en la biomasa área de cada cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) y Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017. Siendo el primer objetivo específico cuantificar la capacidad de reserva de carbono en la biomasa área del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017; como segundo objetivo, cuantificar la capacidad de reserva de carbono en la biomasa área del cultivo de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017; y finalmente, estimar el valor

económico de reserva de carbono en la biomasa aérea de cada cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) y palma aceitera (*Elaeis guineensis*) del carbono en el Departamento de San Martín, 2017.

En base a los objetivos planteados, se elaboró la siguiente **hipótesis** general: La capacidad de reserva de carbono es diferente en la biomasa aérea de cada cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) y Palma Aceitera (*Elias Guineensis*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017. Y respecto a las hipótesis específicas serían: La capacidad de reserva de carbono es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea en el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017; asimismo como segunda hipótesis, la capacidad de reserva de carbono es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea en el cultivo de la Palma Aceitera (*Elias Guineensis*) para determinar el valor económico del carbono en el Departamento de San Martín, 2017; y finalmente, el valor económico de la reserva de carbono en la biomasa aérea de cada cultivo de Cacao (*Theobroma cacao L.*) y Palma aceitera (*Elias Guineensis*) es diferente en el Departamento de San Martín, 2017.

II. METODOLOGÍA

El **diseño de la investigación** es de naturaleza no experimental o también llamado ex post facto, deriva su nombre del término latino que significa "después de que hayan ocurrido los eventos". Como lo explica Kerlinger (1983), este enfoque de investigación sistemática implica una falta de control sobre las variables independientes debido a los eventos que ya están ocurriendo o a su inherente manipulación.

El **tipo de estudio** es aplicada dado implica la aplicación práctica de conocimientos y hallazgos. Según Bunge (1971), se define la investigación aplicada como un tipo específico de investigación que tiene como objetivo ofrecer soluciones prácticas a situaciones o problemas claramente identificables. Normalmente, la investigación aplicada utiliza el conocimiento derivado de la investigación básica no sólo para identificar problemas que requieren intervención sino también para, dependiendo del caso, formular estrategias para resolverlos. La investigación que aquí se presenta tiene sus raíces en hechos reales y busca proporcionar una descripción precisa de la realidad del problema. Profundiza en los entresijos de su desarrollo, ofreciendo una comprensión integral entre la relación de las dos variables de estudio.

Para las **variables**, se definió la variable independiente (Reserva de carbono en la biomasa aérea) y la dependiente (Cuantificación del valor económico del carbono). Para la primera variable, se seleccionó estas 2 especies por ser de mayor demanda comercial en la zona de ramal de cachiyacu por el boom de la palma aceitera y la siembra de cacao.

Cacao (MINAGRI, 2011).

Taxonomía:

Nombre común: Cacao

Nombre Científico: *Theobroma cacao l.*

Familia: Sterculiaceas

Descripción: *Theobroma cacao l.* es una planta caulifera y semicaducifolia. Tiene una estatura relativamente baja, normalmente crece hasta una altura promedio de 5,10

m. El tronco también es corto, con ramas dispuestas en verticilos de 5 m. El árbol exhibe un patrón de crecimiento dimórfico, con retoños verticales que emergen del tronco y hojas dispuestas en una filotaxia de 5/8. (Duque, 1983). El cacao, un cultivo predominantemente cultivado en la región baja de la vertiente Ante, prospera dentro de los confines de la selva, específicamente en elevaciones que van desde los 300 a los 900 metros sobre el nivel del mar, con su temperatura ideal rondando los 25 °C.

Ilustración 2. Planta de cacao (*Theobroma cacao* L.)



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Palma Aceitera (MINAGRI, 2003)

Taxonomía:

Reino: Plantae

Clase: Liliopsida

Orden: Arcales

Familia: Aracaceae

Género: *Elaeis*

Especie: *Elaeis guineensis*

Descripción: Esta palmera monoica posee un tronco solitario que alcanza una altura de 10-15(20) metros y un diámetro de 30-60 cm. El tronco está adornado con cicatrices dejadas por hojas viejas. Las hojas pinnadas miden de 4 a 5 metros de largo y constan de 100 a 150 pares de folíolos, cada uno de los cuales mide 50 a 100 cm. Estos folíolos están dispuestos en múltiples planos a lo largo del raquis, creando

una apariencia de pluma. Las hojas son verdes por ambos lados. El pecíolo, que mide entre 1 y 1,5 metros de largo, tiene espinas y fibras en su base. La inflorescencia es corta pero densamente empaquetada, mide entre 10 y 30 cm de largo y emerge de las axilas de las hojas inferiores.

Ilustración 3. Palma aceitera (*Elaeis guineensis*)



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el caso de la **población**, la presente investigación se realizó en Ramal de Cachiyacu, provincia de Uchiza perteneciente al departamento de San Martín, donde se ubicó la población en el fundo perteneciente al Señor Darwin Rios Lozano, el cual cuenta con 1 hectárea de sembrío de Cacao y 1 hectárea de Palma Aceitera, estas mismas se convirtieron en unidades de estudio en la presente investigación y ambas especies tiene la misma edad de antigüedad de 5 años. Y para el cálculo de la **muestra**, se usa la siguiente fórmula.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{E^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra.

N = Tamaño de la población.

Z = Nivel de confianza.

p = Probabilidad de éxito.

q = Probabilidad de fracaso.

E = Nivel de error.

En cada hectárea hay 1111 árboles de Cacao y 143 árboles de Palma de aceite, de los cuales se obtendrá la muestra de la siguiente manera:

Cacao (*Theobroma cacao* L.):

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 1111}{0.1^2 * (1111 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \approx 88 \text{ árboles de Cacao}$$

Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*)

$$n = \frac{1.96^2 * 0.5 * 0.5 * 143}{0.1^2 * (143 - 1) + 1.96^2 * 0.5 * 0.5} \approx 58 \text{ árboles de Palma de Aceite}$$

Un total de 1111 árboles de Cacao y 143 Palmeras Aceiteras conforman la población. Se seleccionará un tamaño de muestra de 58 árboles de Cacao y 88 Árboles de Palma Aceitera, asegurando un nivel de confianza del 95% ($Z=1.96$). La probabilidad de éxito se fija en un 50%, mientras que la probabilidad de fracaso es un 50%. Adicionalmente se tendrá en consideración un margen de error de 10%. Emmer (2007) informó que el nivel de precisión requerido para los proyectos forestales es aproximadamente $\pm 10\%$ del valor promedio de carbono con un nivel de confianza del 95%. Por otra parte, los proyectos forestales de menor escala del Mecanismo de Desarrollo Limpio aún podrían alcanzar un nivel aceptable de precisión si el margen de error es de $\pm 20\%$.

El **diseño muestral** es de tipo aleatorio simple, puesto que se trata de un monocultivo y cada individuo de la población tuvo la misma probabilidad de ser seleccionada. Para ello, para los **criterios de selección** se utilizó solo las especies arbóreas de Cacao y Palma Aceitera, que se mencionaron y que se encuentren dentro de cada hectárea, sin estar a los límites del área a estudiar. Se implementó la exclusión para las especies que experimentaron deficiencias que obstaculizaron su crecimiento típico y, en consecuencia, su capacidad para almacenar carbono.

Tabla 1. Operacionalización de Variables

	VARIABLE	CONCEPTO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	Reserva de carbono en la biomasa aérea.	La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (ARÉVALO et al., 2003).	Medición del fuste, ramas y hojas de cada árbol y carbono presenta en la biomasa total de los árboles.	Biomasa aérea	Altura de fuste	m
					Diámetro base, medio y copa	cm
					Volumen de fuste	m ³
					Volumen de ramas	m ³
DEPENDIENTE	Cuantificación del valor económico del carbono.	Se denominan bonos de carbono a las Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases Efecto Invernadero o CERs, por su sigla en inglés Certified Emission Reductions, expresa en una tonelada métrica de dióxido de carbono. Los CERs se	Es el carbono presente en la biomasa total de los árboles multiplicado por el precio actual de bono de carbono.	Carbono total	Volumen de hojas	m ³
					Nivel de carbono (carbono total)	Kg C o Tn C
				Carbono total por especie	Nivel de carbono	Kg

generan en la etapa de ejecución del proyecto; y se extienden una vez acreditada dicha reducción. Son créditos que se transan en el Mercado del Carbono (SINIA).	Valor económico del mercado internacional	Precio actual del carbono	€
--	---	---------------------------	---

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla 2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y

Confiabilidad

ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Reconocimiento de la zona	Área de estudio	Observación	Fichas de apunte	Datos preliminares de campo
Reconocimientos de las especies	Áreas del estudio de investigación	Observación	Hoja de inventario	Identificación de las 2 especies
Demarcación del área para recolección de datos	Investigador	Experimentación	Plano del área a recolectar datos	Se determinó el área que se utilizará para recolectar datos
Inventario de especies	Área de estudio	Observación	Hoja de registro	Altura de Fuste Diámetro medio Diámetro de base Diámetro de Copa
Toma de muestras	Área de estudio	Método destructivo	Hoja de registro	Determinar biomasa área de cada sistema
Análisis en laboratorio	Análisis de expertos	Secado de muestras con estufa	Informe de ensayo	Peso seco Peso húmedo % C
Cálculo para determinar bono de carbono	Inventario de especies	Observación	Hoja de registro	Volumen (m ³) Peso (Kg) Carbono (Tn C)

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La Tabla No. 2 proporciona una descripción general de las técnicas e instrumentos utilizados en esta investigación para la recolección de datos. Sobre estas técnicas e instrumentos, se hicieron cálculos en base a algunas de las fórmulas clave que incluyen:

Ecuación de Smalian:

$$\text{Volumen de fuste} = \frac{\pi}{8} (S_{\text{Base}} + S_{\text{Copa}})H$$

Dónde:

S_{Base} = Área de la selección de la base del fuste.

S_{Copa} = Área de la selección de la copa del fuste.

H = Altura del fuste.

$$\text{Densidad} = \frac{1}{\frac{P_s - P_o}{P_o} + \frac{1}{1.53}}$$

Dónde:

P_s = Peso de la muestra saturada.

P_o = Peso de la muestra anhidra.

1.53 = Constante densidad básica de la madera.

Para determinar la biomasa del fuste, utilizamos datos sobre el volumen de todo el tallo y la densidad de la madera. La fórmula empleada para esta estimación es la siguiente, con todas las medidas proporcionadas en kilogramos.

$$B_f = V_t \cdot D_m$$

Dónde:

B_f = Biomasa del fuste.

V_t = Volumen total.

D_m = Densidad de la madera.

La biomasa de las ramas se estimó derivando la suma del peso de las ramas de muestras de árboles individuales, que se calcularon utilizando la biomasa de las ramas y la proporción de los pesos secos y húmedos para especies específicas. La fórmula empleada para realizar este cálculo es la siguiente:

$$B_r = P_r \cdot Br_m$$

Dónde:

B_r = Biomasa de la rama.

P_r = Peso ramas.

Br_m = Relación peso seco/peso húmedo de la muestra de ramas.

Nuestro paso inicial implica la determinación de las proporciones entre el peso seco y el peso húmedo para cada especie de rama individual. La estimación de la biomasa del follaje implicó determinar el peso total del follaje para cada muestra con base en la especie y la relación entre el peso seco y húmedo. La ecuación utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$Bfo = Pf \cdot Bfm$$

Dónde:

Bfo = Biomasa del follaje.

Pf = Peso de los follajes.

Bfm = Relación peso seco/peso húmedo de la muestra de follajes.

Nuestro paso inicial implicará la determinación de las relaciones entre el peso seco y el peso húmedo para cada especie de follaje. La estimación de la cantidad de carbono en el tallo se basó en la biomasa total del tallo de cada árbol y el porcentaje correspondiente de carbono presente en el tronco de la madera.

$$Ccf = Bf \cdot \%C$$

Dónde:

Cc = Cantidad de carbono en el fuste.

\%C = Porcentaje de carbono.

Bf = Biomasa total del fuste.

El contenido de carbono en la rama y el follaje se determinó calculando la biomasa total de la rama y el follaje de cada árbol, y luego determinando el porcentaje de carbono presente en cada uno.

$$Ccrf = Brf \cdot \%C$$

Dónde:

Ccrf = Cantidad de carbono en las ramas y follajes.

\%C = Porcentaje de carbono.

Brf = Biomasa total de las ramas y follajes.

La cantidad total de carbono se determinó sumando las cantidades de carbono obtenidas previamente en el tallo, las ramas y el follaje.

$$Bt = Bf + Br + Bh$$

Dónde:

Bt = Biomasa total.

Bf = Biomasa fuste.

Br = Biomasa ramas.

Bh = Biomasa hojas.

Para convertir las unidades dadas de metros cúbicos a peso en kilogramos, hay que multiplicarlo por la gravedad específica y, posteriormente, convertirlo a toneladas métricas.

Para la **validación del instrumento** es un paso crucial en el proceso, por ello, tres expertos con conocimiento en el tema validaron los instrumentos.

Ing. Cabello Torres, Rita.

Ing. Farje Jurado, Cinthya.

Ing. Valdiviezo Gonzales Lorgio.

Para evaluar la **confiabilidad** de los instrumentos, se realizó un examen del índice Alfa de Cronbach, teniendo en cuenta los porcentajes de validación de los expertos para diez criterios de calificación. Para procesar los datos del presente estudio se utilizó la hoja de cálculo de excel para la tabulación y sistematización de datos, la herramienta estadística ANOVA para la determinación de frecuencia y el software SPSS para evaluar la confiabilidad de los instrumentos. La totalidad de los datos recopilados durante esta investigación son de autor, realizándose el proceso de recopilación en tiempo real dentro del campo, garantizando al mismo tiempo la preservación del medio ambiente y minimizando su impacto.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados descriptivos

Acto seguido, se presentan los hallazgos obtenidos en esta investigación.

3.1.1. Determinación de reserva de carbono en la biomasa aérea por especie

Tabla 3. Reserva de carbono total por especie

	Cacao (Theobroma cacao I)	Palma aceitera (Elaeis guineensis)
Carbono total del fuste	70,884.71	66,174.54
Carbono total de la rama	1,419.50	957.22
Carbono total de follaje	608.1	639.74
Subtotal (Kg)	72,912.29	67,771.39
Sutotal (Tn C)	72.91	67.77
Total (Kg)	140,638.68	
Total (Tn C)	140.68	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.1.2. Determinación de biomasa aérea total por especie

Tabla 4. Biomasa total por especie

	Cacao (Theobroma cacao I)	Palma aceitera (Elaeis guineensis)
Biomasa total en fuste (Kg)	122,323.20	110,224.72
Biomasa total en ramas (Kg)	2,579.50	1,689.12
Biomasa total en follaje (Kg)	1,114.56	1,122.75
Total (Kg)	126,017.26	124,702.71
Total (Tn)	126.02	124.7

Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.1.3. Determinación de valorización económica de bono de carbono por especie

Tabla 5. Valorización económica de bono de carbono

	Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L)	Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)
Subtotal (Tn C)	72.91	67.77
Precio actual del bono de carbono (€/Tn)*	5.44	5.44
Subtotal ((€/Tn)	396.58	368.56
Total (€/Tn)		764.56

*Precio actual en la bolsa de valores de bono de carbono.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.1.4. Estadísticos descriptivos por especie

Tabla 6. Estadísticos descriptivos en altura y biomasa para cacao (*Theobroma cacao*)

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Mediana	Máx.	Rango	Modo	N para moda
ALTURA DE FUSTE Cacao (m)	88	1.55	0.18	1.10	1.60	1.90	0.80	1.70	12
BIOMASA TOTAL Cacao (Tn)	88	1.43	0.30	0.85	1.46	1.97	1.12	*	0

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para una muestra de 88 especies de árboles de *Theobroma cacao*, respecto a la altura y biomasa, se obtuvo una media de 1.5459 m el cual presenta una cantidad de 1.4320 Tn representando a todos los datos, con un mínimo de 1,10 m presentando 0.8537 Tn y máximo 1.90m presentando 1.96 Tn.

Tabla 7. Estadísticos descriptivos en altura y biomasa para palma aceitera (*Elaeis guineensis*)

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Mediana	Máx.	Rango	Modo	N para moda
ALTURA DE FUSTE Palmera (m)	58	4.60	0.53	4.00	5.00	6.00	2.00	5	33
BIOMASA TOTAL Palmera (Tn)	58	2.15	0.46	1.38	2.21	3.17	1.79	2.14; 2.21	2

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para una muestra de 58 especies de árboles de *Elaeis guineensis*, respecto a la altura y biomasa, se obtuvo una media de 4.6034m el cual presenta una cantidad de 2.15 Tn representando a todos los datos, con un mínimo de 4.0m presentando 1.38 Tn y máximo 6.0m presentando 3.17 Tn.

Tabla 8. Estadísticos descriptivos en carbono total con valor económico de carbono para cacao (*Theobroma cacao*)

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Mediana	Máx.	Rango	Modo	N para moda
CARBONO TOTAL Cacao (Tn)	88	0.83	0.17	0.50	0.85	1.13	0.63	*	0
COSTO TOTAL Cacao (€/Tn)	88	4.51	0.91	2.72	4.60	6.15	3.43	4.79; 5.98	6

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para una muestra de 88 especies de árboles *Theobroma cacao*, respecto al valor económico y carbono total, se obtuvo una media de 4.50 €/Tn el cual se necesitó una cantidad de 0.8285 Tn/C representando a todos los datos, con un mínimo de 2.72 €/Tn necesitando 0.5019 Tn/C y un de máximo 6.1472 €/Tn requiriendo 1.1275 Tn/C.

Tabla 9. Estadísticos descriptivos en carbono total con valor económico de carbono para palma aceitera (*Elaeis guineensis*)

Variable	N	Media	Desv.Est.	Mín.	Mediana	Máx.	Rango	Modo	N para moda
----------	---	-------	-----------	------	---------	------	-------	------	-------------

CARBONO									
TOTAL Palmera (Tn)	58	1.17	0.25	0.75	1.20	1.72	0.97	1.16; 1.20	2
COSTO TOTAL Palmera (€/Tn)	58	6.35	1.36	4.08	6.53	9.36	5.28	6.53	8

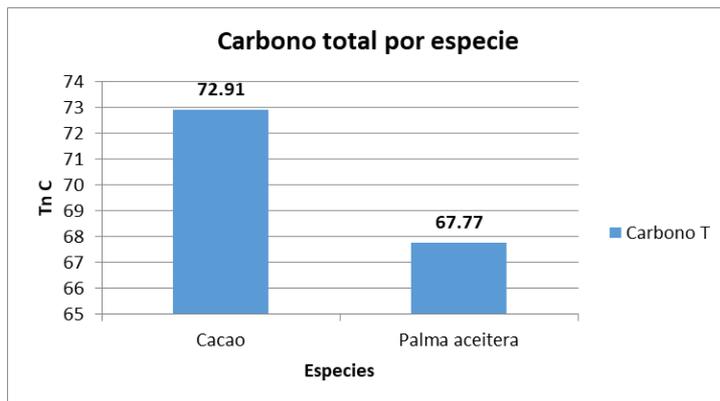
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para una muestra de 58 especies de árboles de *Elaeis guineensis*, respecto al valor económico y carbono total, se obtuvo una media de 6.354 €/Tn el cual se necesitó una cantidad de 1.1685 Tn/C representando a todos los datos, con un mínimo de 4.080 €/Tn necesitando 0.7531 Tn/C y un de máximo 9.357 €/Tn requiriendo 1.7245 Tn/C.

3.1.5. Contratación de hipótesis

De la información recopilada, se evaluó que a un 95% de intervalo de confianza sobre la población de 1111 árboles de Cacao y 143 árboles de Palmas Aceiteras, corresponde analizar 88 árboles de Cacao y 58 árboles de Palma Aceiteras, considerando un margen de error del 10%, equiprobabilidad del 50% de éxito o fracaso. En ese contexto, se tiene como objetivo general determinar la cantidad de reserva de carbono en la biomasa aérea en las áreas de cultivo de árboles de Cacao y Palma Aceitera. Para ello, se usó una secuencia de formuladas volumen, densidad, componentes de biomasa del fuste, follaje y ramas, con lo cual se determinaría la cantidad total de carbono y cantidad total de biomasa por especie. En base a estos hallazgos, se determinó la cantidad total de carbono por especie sumando el carbono total del fuste, carbono total de la rama y carbono total del follaje. Con ello se determinó que la especie de *Theobroma cacao*, con carbono del fuste igual a 70.88 TN C, carbono de la rama igual a 1,42 TN C y carbono del follaje igual a 0.61 TN C, obteniéndose una reserva de carbono total de 72.91 Tn C, representando la mayor cantidad en comparación de la especie de *Elaeis guineensis* con una reserva carbono total de 67.77 Tn C, derivado de la suma del carbono del fuste igual a 66.17 TN C, carbono de la rama igual a 0.96 TN C y carbono del follaje igual a 0.64 TN C.

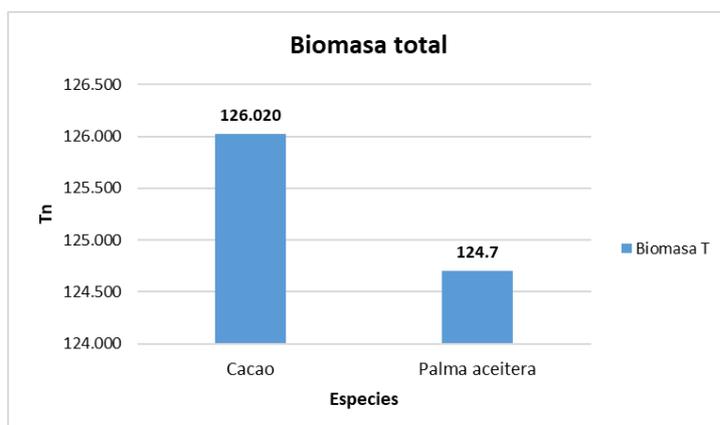
Ilustración 4. Reserva de carbono total por especie



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Seguido, se procede a determinar la biomasa total por especie, siendo la especie de *Theobrama cacao* la que presenta mayor biomasa con un total de 126.020 Tn, mientras que la especie de *Elaeis guineensis* solo presente una biomasa de 124.7 Tn.

Ilustración 5. Biomasa total por especie



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Por otro lado, para el cálculo de la valorización económica por especie, se multiplicó la cantidad obtenida de carbono por el precio actual al año 2017 del bono de carbono en euros por tonelada. Al respecto, se obtuvo que la especie de *Theobrama cacao* presenta un valor económico mayor con un total de 396.68 €/Tn, mientras que la especie de *Elaeis guineensis* solo presenta un valor económico de 368.56 €/Tn, por lo que se puede concluir que sí existe una variación en el valor económico de bono de carbono entre ambas especies.

Ilustración 6. Valorización economía de bono de carbono



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el presente estudio no es necesario aplicar estadística inferencial para probar hipótesis, ya que las hipótesis derivadas del campo se pueden comparar efectivamente con la hipótesis propuesta. Como resultado, se llega a lo siguiente.

Hipótesis general

H0. La capacidad de reserva de carbono **NO** es diferente en la biomasa aérea de cada cultivo de *Theobroma cacao l.* y *Elias Guineensis* para determinar la valorización económica de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.

H1. La capacidad de reserva de carbono **SI** es diferente en la biomasa aérea de cada cultivo de *Theobroma cacao l.* y *Elias Guineensis* para determinar la valorización económica de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.

Conclusión: Con base a los hallazgos presentados en la tabla N°3, se puede afirmar la hipótesis alterna, es decir existe diferencia de reserva de carbono entre las especies de Cacao y Palma Aceitera.

Hipótesis específicas

Primera

Ho. La capacidad de reserva de carbono **NO** es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea del cultivo de *Theobroma cacao l.* para determinar la valorización económica de carbono en el Departamento de San Martín, 2017 en el Departamento de San Martín, 2017.

H1. La capacidad de reserva de carbono **SI** es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea de cultivo de *Theobroma cacao l.* para determinar la valorización económica de carbono en la localidad en el Departamento de San Martín, 2017.

Conclusión: Con base en los hallazgos presentados en las tablas N°3 y N°4, se puede concluir que existe evidencia que sustenta la hipótesis alternativa, indicando una potencial correlación entre la capacidad de reserva de carbono y el peso de la biomasa aérea en especies de Cacao.

Segunda

H0. La capacidad de reserva de carbono **NO** es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea del cultivo de *Elias Guineensis* para determinar la valorización económica de bono de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.

H1. La capacidad de reserva de carbono **SI** es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea del cultivo de *Elias Guineensis* para determinar la valorización económica de bono de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.

Conclusión: Con base en los hallazgos presentados en las figuras N°4 y N°5, se puede concluir que la hipótesis alternativa es cierta, indicando una correlación entre la capacidad de reserva de carbono y el peso de la biomasa aérea en la especie palma aceitera.

Tercera

H0. El valor económico de la reserva de carbono en la biomasa aérea de cada cultivo de *Theobroma cacao* L. y *Elias Guineensis* **NO** es diferente en el Departamento de San Martín, 2017.

H1. El valor económico de la reserva de carbono en la biomasa aérea de cada cultivo de cacao *Theobroma cacao* L y *Elias Guineensis* **SI** es diferente en el Departamento de San Martín, 2017.

Conclusión: Con base en los hallazgos presentados en la tabla N°5, se puede concluir que la hipótesis alternativa es cierta, indicando una variación en el valor económico del bono de carbono entre las dos especies de Cacao y Palma Aceitera.

IV. DISCUSIÓN

Según los datos estadísticos descriptivos de la tabla 6 del árbol de cultivo de Cacao, se ha determinado una media de altura del fuste de aproximadamente 1.55 metros, y una biomasa total promedio de aprox. 1.43 toneladas; asimismo, en la tabla 7 se describen los datos estadísticos del árbol de cultivo de Palmas Aceiteras, determinándose una media de altura del fuste de aproximadamente 4.60 metros y una media de biomasa total de aproximadamente 2.15 toneladas. Es preciso mencionar que dichos datos estadísticos fueron calculados como el promedio de los valores de altura y biomasa por cada árbol de cada especie, según detalle adjunto en el Anexo 4, esto considerando una muestra de 88 árboles de Cacao y 58 árboles de Palmas Aceiteras. Los resultados obtenidos de la altura del fuste y biomasa media de los árboles de cultivo de Cacao están dentro de los parámetros establecidos en el estudio de estimación de biomasa de *Theobroma Cacao l.* (cacao) llevado a cabo en el año 2013 por Martínez, Solignac y Zárate; en dicho estudio se menciona que, a los dos años de un árbol de cacao nativo, su altura del fuste varía entre 0.9 a 1.97 metros, y la biomasa total de 0.47 a 2.24 Tn; por otro lado, según lo indican Ramos, Ley de Coss y Arce en su investigación de ecuaciones alométricas de la palma de aceite (*Elaeis Guineensis*) realizada en el año 2018, se determinó que la altura del fuste varía entre 2.66 y 4.69 metros y una biomasa de hasta 2.2 Tn, lo cual se encuentra dentro de los parámetros hallados en la presente investigación.

Por otro lado, para hacer los cálculos valorización económica de bono de carbono por especie es necesario sumar la biomasa total por especie y dividirlo por el precio actual del bono de carbono; para ello, según lo descrito en la tabla 4 la biomasa total es la suma de la biomasa del fuste, ramas y follajes, siendo que la biomasa total del fuste de los 88 árboles de Cacao (*Theobroma Cacao l.*) es aproximadamente igual a 122.32 toneladas, mientras que en los árboles de Palmera (*Elaeis Guineensis*) alcanza las 110.22 toneladas; por otro lado, la biomasa total presente en las ramas de los árboles de Cacao (*Theobroma Cacao l.*) se estima en 2.57 toneladas, y en los árboles de Palma aceitera (*Elaeis Guineensis*) es de 1.68 toneladas; por último, la biomasa total contenida en las hojas de los árboles de Cacao (*Theobroma Cacao l.*) es de 1.11 toneladas, y en los árboles de Palma aceitera (*Elaeis Guineensis*) es de 1.12 toneladas. En relación con este tema, resulta sumamente crucial realizar una clara

distinción entre los datos relativos a la biomasa del fuste en los árboles de Cacao y en los de la Palma Aceitera. Esto se debe a que, de acuerdo con el estudio llevado a cabo por Alvarez (2008), se señala que, en el caso de las especies arbóreas autóctonas presentes en las plantaciones tropicales como la que estamos analizando, la biomasa del fuste representa un porcentaje significativamente elevado con respecto al total. Este hallazgo guarda coherencia con las investigaciones realizadas por Martinez, Solignac y Zárate (2013), así como por Ramos, Ley de Coss y Arce (2018), cuyos resultados revelan cifras superiores al 50%.

No obstante, de acuerdo a los primeros hallazgos preliminares, se podría inferir que al ser el fuste la parte del árbol con mayor biomasa, esto supone una relación directamente proporcional con la biomasa total del árbol, lo cual está estrechamente ligado a los hallazgos de Gonzales (2008) que indica que la biomasa total aumenta no solo con el incremento de altura y el diámetro del árbol, sino también por su densidad; es así, que a pesar de que el árbol de Cacao tiene una altura menor en proporción al árbol de la Palma Aceitera, el árbol de Cacao tiene un diámetro 50% mayor y la densidad (kg/m^3) más del doble que el árbol de la Palma Aceitera, esto de acuerdo a los cálculos detallados en la tabla 14 donde la densidad de un árbol de Cacao ronda los 460 kg/m^3 mientras que es de 226 kg/m^3 .

De acuerdo con el enfoque directo (también conocido como método destructivo) detallado por Rüginitz, Chacon y Porro (2009) para estimar la reserva de carbono presente en la biomasa aérea, una vez que se han obtenido las mediciones exhaustivas del tronco, la densidad y la biomasa total de ambas variedades arbóreas, se procedió a calcular la cantidad total de carbono presente en cada una, considerando los valores de carbono presentes en el tronco, las ramas y el follaje. En ese sentido, para la especie de *Theobroma Cacao I.* se determinó un contenido de carbono del fuste igual a 70.88 toneladas de carbono, carbono de la rama igual a 1.42 toneladas de carbono y carbono del follaje igual a 0.61 toneladas de carbono, lo que vendría a ser un total de carbono de 72.91 toneladas, siendo significativamente mayor en comparación con la especie de *Elaeis Guineensis* con una reserva de carbono total de 67.77 toneladas, con un contenido de carbono del fuste de 66.17 toneladas, de la rama 0.96 toneladas y del follaje 0.64 toneladas. Según estos cálculos y en

concordancia al estudio detallado realizado por Ochoa (2014), la cantidad de carbono presente en el ecosistema forestal varía de acuerdo con su biomasa, centrándose especialmente en la biomasa del fuste, la cual, según se menciona en términos porcentuales, es el lugar donde se concentra la mayor cantidad de biomasa aérea, representando entre un 55 a 77% del total, como resultado del continuo incremento del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Es importante destacar que, de acuerdo con los estudios realizados por Alegre y Arévalo (2001), Chambi (2001), Lapeyre, Alegre y Arévalo (2016), así como otros investigadores que han analizado las reservas de carbono en diversas especies arbóreas autóctonas, la cantidad de carbono almacenada puede presentar variaciones, posiblemente debido a múltiples factores como la calidad del terreno, la antigüedad de las plantaciones, la especie en cuestión, el manejo forestal aplicado, entre otros aspectos. Como podemos observar claramente, en los cálculos realizados para determinar la cantidad total de reserva de carbono y la cantidad total de biomasa de cada especie, se destaca que el mayor peso se encuentra concentrado en el fuste. Este hallazgo guarda similitud con los resultados presentados por Álvarez (2008), quien también evidenció en su estudio que las especies arbóreas presentan un mayor peso de biomasa en el fuste, influenciado tanto por su altura como por su diámetro DAP.

En base a estos hallazgos, se puede concluir que existe evidencia significativa que correlaciona la cantidad total de reserva de carbono con el peso de la biomasa total por especie. No solo se evidencia la correlación, sino que también se demuestra que la biomasa total es directamente proporcional, con una pendiente positiva, a la cantidad de reserva de carbono. Esto se debe a que, a mayor altura y diámetro, mayor será la cantidad de carbono y biomasa, tal como se observa en la especie *Theobroma Cacao L.*, la cual exhibe estas características de manera destacada. Según las evidencias recopiladas, se puede observar que esta investigación concuerda con el estudio realizado por Larrea (2007), en el cual se señala que los sistemas de cultivo de cacao muestran una capacidad de almacenamiento de carbono superior en su masa vegetal aérea. Este fenómeno se explica por la presencia de una morfología más robusta en la especie de cacao en comparación con la palma aceitera. En resumen y como bien se explicó en cada hallazgo, el almacenamiento de carbono de una especie de árbol depende en mayor medida al peso concentrado en el fuste, la

cual depende de la densidad, y según los cálculos de la tabla 14 un árbol de Cacao tiene más del doble de densidad que un árbol de Palma Aceitera, obteniéndose un carbono total de 70,88 TN C para la especie de Cacao y 67.77 TN C para la Palma Aceitera.

Por otro lado, en lo que respecta al cálculo de la valorización económica por especie, se llevó a cabo la multiplicación de la cantidad obtenida de carbono por el precio actual al año 2017 del bono de carbono en euros por tonelada métrica. En relación con este tema, se ha determinado que la especie de *Theobroma Cacao L.* muestra un valor económico significativamente superior, alcanzando un total de 396.68 € por tonelada, en contraste con la especie de *Elaeis Guineensis* que únicamente registra un valor económico de 368.56 € por tonelada. Por consiguiente, se puede inferir que efectivamente existe una disparidad en el valor económico del bono de carbono entre ambas especies.

V. CONCLUSIONES

La capacidad de reserva de carbono en la biomasa área del cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*), fue de 72.91 Tn , derivado del carbono del fuste igual a 70.88 TN C, carbono de la rama igual a 1,42 TN C y carbono del follaje igual a 0.61 TN C. Dichos cálculos se obtuvieron de modelos alométricos según como se contextualizó en el capítulo de discusión, los cuales se dependen de variable del fuste y biomasa, que para el caso del área de cultivo de cacao de tubo una altura de fuste promedio de aproximadamente 1.55 metros, junto con una media de biomasa total que ronda los 1.43 toneladas.

Respecto a la especie de *Elaeis guineensis* se obtuvo una capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea de 67.77 Tn C, derivado de la suma del carbono del fuste igual a 66.17 TN C, carbono de la rama igual a 0.96 TN C y carbono del follaje igual a 0.64 TN C. Dichos cálculos se obtuvieron de modelos alométricos según como se contextualizó en el capítulo de discusión, los cuales se dependen de variable del fuste y biomasa, que para el caso del área de cultivo de cacao de tubo una altura de fuste promedio de alrededor de 4.60 metros y una media de biomasa total de aproximadamente 2.15 toneladas.

La valoración económica de estas especies subraya sus diferentes capacidades de almacenamiento de carbono. A pesar de sus cercanas cifras de biomasa aérea total, los distintos valores de almacenamiento de carbono conducen a valoraciones económicas diferentes. *Theobroma Cacao L.* comúnmente conocido como cacao, tiene un valor de mercado superior a 396,58 € la tonelada, en contraste con *Elaeis Guineensis*, o palma aceitera, que se valora en 368,56 € la tonelada. Esta disparidad en el valor económico está directamente relacionada con sus respectivas reservas de carbono, lo que ilustra cómo la capacidad de almacenamiento de carbono puede influir en el valor económico.

Es importante recalcar que la capacidad de almacenamiento de carbono varía entre los diferentes ecosistemas, como lo demuestra el estudio de dos especies, *Theobroma Cacao L.* y *Elaeis Guineensis*. *Theobroma Cacao L.* cuenta con una reserva de carbono de 72,91 toneladas de carbono (Tn C), mientras que *Elaeis*

Guineensis tiene una cantidad ligeramente menor, 67,77 Tn C. Estas diferencias en las reservas de carbono se atribuyen a las variaciones en su biomasa aérea total, siendo *Theobroma Cacao L.* con un total de 126,02 toneladas y *Elias Guineensis* ligeramente inferior con 124,70 toneladas.

Para *Theobroma Cacao L.* existe una clara relación entre su reserva de carbono y su biomasa aérea total. Esta dependencia surge de varios factores que constituyen la biomasa aérea, incluyendo el volumen, diámetro y densidad, entre otros. Esencialmente, características como el volumen, el diámetro y la densidad juegan un papel importante a la hora de determinar la cantidad de carbono que se puede almacenar dentro de la especie, destacando una relación proporcional directa. De manera similar, la reserva de carbono de *Elias Guineensis* también es directamente proporcional a su biomasa aérea total. El principio subyacente es el mismo; Las propiedades físicas de la biomasa, como el volumen, el diámetro y la densidad, influyen significativamente en su capacidad para almacenar carbono. Por lo tanto, las variaciones en estos parámetros indican que mayores dimensiones y densidad equivalen a una mayor capacidad de almacenamiento de carbono.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda mayor comparación de la especie *Elias Guineensis*, comúnmente conocida como palma aceitera, con futuros estudios de reservas de carbono. Es importante no descuidarlo dado *Elias Guineensis* ha demostrado una importante capacidad de secuestro de carbono, lo que lo convierte en un tema que merece la pena para un estudio más intensivo. Al comparar sus capacidades de almacenamiento de carbono con otras especies, los investigadores pueden desarrollar una comprensión más matizada de cómo las diferentes plantas contribuyen al secuestro de carbono y potencialmente identificar especies que sean económicamente beneficiosas y ambientalmente sostenibles.

2. La sugerencia de ampliar los esfuerzos de investigación para abarcar toda la región San Martín, incluyendo una amplia gama de especies como café (*Coffea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*) y diversas frutas. especies, es revelador. Esta región, con su rica biodiversidad, ofrece una oportunidad única para estudiar las reservas de carbono en la biomasa aérea en una variedad de ecosistemas. Al diversificar las especies en estudio, los investigadores pueden obtener información sobre las condiciones y especies específicas que optimizan el secuestro de carbono. Esto podría conducir a esfuerzos de conservación más específicos y al desarrollo de prácticas agrícolas que apoyen tanto la economía como el medio ambiente.

3. La sugerencia de plantar especies adicionales de *Theobroma Cacao L.*, especialmente aquellas que se encuentran en una edad de maduración de cinco años o más, se basa en sus beneficios demostrados para los servicios ambientales. Las plantas de cacao más viejas tienden a tener una mayor biomasa, incluidos sistemas de hojas y raíces más extensos, que contribuyen a la estabilidad del suelo y previenen la degradación. Esto no sólo apoya la salud del ecosistema, sino que también mejora la capacidad de secuestro de carbono de estas plantaciones. Integrar consideraciones de servicios ambientales en la selección y manejo de especies de cacao podría mejorar la sostenibilidad de la producción de cacao.

4. Evaluar plantaciones con una variedad de especies y edades, particularmente de cacao (*Theobroma Cacao L.*) y palma aceitera (*Elias Guineensis*), es crucial para

comprender la dinámica del almacenamiento de carbono y fijación. Diferentes especies e incluso diferentes edades dentro de la misma especie pueden exhibir diferentes capacidades de secuestro de carbono. Al realizar estudios comparativos, los investigadores pueden identificar especies y etapas de crecimiento óptimas para maximizar el almacenamiento de carbono. Esta información podría guiar las prácticas de gestión de las plantaciones, garantizando que no sólo apoyen los objetivos económicos, sino que también contribuyan positivamente a los esfuerzos de secuestro de carbono.

Cada una de estas recomendaciones enfatiza la importancia de diversificar los esfuerzos de investigación e integrar consideraciones ambientales en las prácticas agrícolas y de conservación. Al centrarse en especies subrepresentadas, ampliar el alcance geográfico de los estudios y considerar los servicios ambientales que brindan las diferentes plantas, los investigadores pueden contribuir a prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente

REFERENCIAS

ALEGRE, Julio y Luis AREVALO. Reservas de Carbono según el uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana. Home | Food and Agriculture Organization of the United Nations [en línea]. 2001 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/4/y4435s/y4435s0a.htm>

ALVAREZ, Gustavo. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia [en línea]. Tesis de Maestría, CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, 2008 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4357>

ARÉVALO, Luis, Julio ALEGRE y Cheryl PALM. Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR. Ministerio de agricultura. 2003, 24.

CHAMBI, Pedro. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicado a la zona boscosa del Río Inambari y Madre de Dios. En: Manuel GLAVE y Rodrigo PIZARRO, eds. Valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales en el Perú [en línea]. Lima, Perú: INRENA, 2001 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/830479554C685E47052575B3006C934D/\\$FILE/1_valoracion.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con2_uibd.nsf/830479554C685E47052575B3006C934D/$FILE/1_valoracion.pdf)

CLEMENTE, Edith R. Captura de carbono en sistemas agroforestales en el Perú. Revista Forestal del Perú [en línea]. 2021, 36(2), 180–196 [consultado el 25 de agosto de 2024]. ISSN 2523-1855. Disponible en: doi:10.21704/rfp.v36i2.1797

D M, Alberto y Elvir J A. Carbon accumulation and fixation in aerial biomass of Pinus oocarpa in natural forests in Honduras. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales [en línea]. 2008, 17(1), 67 [consultado el 24 de agosto de 2024]. ISSN 2340-3578. Disponible en: doi:10.5424/srf/2008171-01024

DUKE, James. "Theobroma cacao L." handbook of energy crops. Purdue University, Center for New Crops and Plant Products, 1983.

EMMER, Igino. Manual de contabilidad de carbono y diseño de proyectos [en línea]. Quito, Ecuador: Proyecto Encofor., 2007 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://agrobolivia.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/04/cap-2-proyectos-utcuts.pdf>

GONZÁLEZ, Mequeas. Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de pinus maximinoi H. E. moore, pinus oocarpa var. ochoteranai mtz. y quercus sp. en el norte del estado de chiapas, México [en línea]. Tesis de Maestría, CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA, 2008 [consultado el 24 de agosto de 2024].

Disponible en:
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4965/Estimacion_de_la_biomasa_aerea.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS (IPCC). Primer informe de evaluación del IPCC [en línea]. Canadá: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 1997 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_90_92_assessments_full_report_sp.pdf

KERLINGER, Fred. Investigación del comportamiento : [técnicas y metodología] [en línea]. 2a ed. México: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MÉXICO, 1983 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
<https://padron.entretemas.com.ve/INICC2018-2/lecturas/u2/kerlinger-investigacion.pdf>

LAPEYRE, Tatiana, Julio ALEGRE y Luis ARÉVALO. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en san martín, peru. Ecología Aplicada [en línea]. 2016, 3(1-2), 35 [consultado el 24 de agosto de 2024]. ISSN 1993-9507. Disponible en: doi:10.21704/rea.v3i1-2.269

LARREA, Giuliana. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de Theobroma cacao L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao [en línea]. Tesis de Maestría, UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, 2017 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/1152/Determinacion_de_las_reservas_de_carbono.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LÓPEZ, Valenzuela Germán Carlos Arturo. Valoración económica del servicio ambiental de captura de carbono en el Fundo Violeta. (Distrito de Tahuamanu-Madre de Dios) [en línea]. Bachelor's thesis, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/5926>

MARTÍNEZ, Percy, Jorge SOLIGNAC y Ricardo ZÁRATE. Estimación de la biomasa con relaciones alométricas en dos especies de frutales: theobroma cacao l. (cacao) y theobroma grandiflorum (willd. ex spreng.) k.schum. (copoazú). Folia Amazónica [en línea]. 2013, 22(1-2), 67 [consultado el 25 de agosto de 2024]. ISSN 2410-1184. Disponible en: doi:10.24841/fa.v22i1-2.49

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). Manual técnico del cultivo de Palma Aceitera. Lima, Perú: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, 2003.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). Café - peru un campo fértil para sus inversiones y desarrollo de sus exportaciones [en línea]. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura y Riego, 2011 [consultado el 24 de agosto de

2024]. Disponible en:
<https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/385>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO (MINAGRI). Estudio del cacao en el Perú y en el Mundo, Un análisis de la producción y el comercio [en línea]. Lima, Perú: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, 2016 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
<https://camcafeperu.com.pe/admin/recursos/publicaciones/Estudio-cacao-Peru-y-Mundo.pdf>

MONTAGNINI, Florencia. Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. 2a ed. San José, Costa Rica: Organización para Estudios Tropicales, 1992. ISBN 9968971707.

NAIR, P.k.r. Agroforestry: trees in support of sustainable agriculture. En: AGROFORESTRY encyclopedia of soils in the environment [en línea]. New York, USA: Columbia University, 2005, pp. 35–44 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: doi:10.1016/B978-0-12-409548-9.05088-0

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). ANUARIO ESTADÍSTICO DE LA FAO 2014: la alimentación y la agricultura en américa latina y el caribe [en línea]. Santiago de Chile, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2014 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0ac44556-7b31-4a0c-a7c8-116a393db3aa/content>

RAMOS, Gilberto, Alejandro LEY DE COSS y Concepción ARCE. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa y carbono en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en el trópico húmedo de Chiapas, México. Agrociencia [en línea]. 2018, 52(5) [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000500671

RÜGNITZ, Marcos, Mario CHACÓN y Roberto PORRO. Guía de para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales [en línea]. Lima, Perú: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF), 2009 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
http://www.aecidcf.org.co/Ponencias/2016/septiembre/MI120916-1/Ref.7.Guia_Carbono.pdf

OCHOA, Alicia. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de *Escallonia pendula* (Ruiz & Pav.) Pers., “chishka brava” en la cuenca media de río Utcubamba, región Amazonas, con fines de reforestación e implementación de mercado de bonos de carbono. Universidad Nacional de Cajamarca [en línea]. 2014 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en:
<http://cdn.inventarte.net.s3.amazonaws.com/cop20/wp-content/uploads/2014/11/Articulo-Escallonia-Pendula.pdf>

PIZZURNO, M. Estimación preliminar del stock de carbón en diferentes tipos de bosque en el parque nacional de Caazapá, Departamento de Caazapá. Tesis de grado, Universidad Nacional de Asunción, 2010.

POCOMUCHA, Vicente y Julio ALEGRE. LA INTERACCIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN SISTEMAS AGROFORESTALES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) EN HUÁNUCO, PERÚ. *Investigación y Amazonía* [en línea]. 2014, 3(1), 36–43 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/79/64>

QUIÑE MACEDO, Paulo César. Cuantificación de biomasa y reserva de carbono en sistemas agroforestales de café (*coffea arabica* L.) en dos pisos altitudinales [en línea]. Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín, 2009 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/1131>

SANTOS, Cristian. Captura de carbono en biomasa aérea de especies arbóreas en la zona productiva baja del centro poblado carcas – ancash [en línea]. Universidad Cesar Vallejo, 2015 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/118195/Santos_A_CJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SEGURA, M. y M. KANNINEN. Inventarios para estimar carbono en ecosistemas forestales tropicales. En: *Inventarios forestales para bosques latifoliados en américa central*. [en línea]. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 1999 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2600/Inventarios_forestales_para_bosques_latifoliados.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SIFUENTES, Victoria. Carbono almacenado y capturado en la biomasa aérea en tres sistemas agroforestales (SAF) en Saipai, Santa Lucía. Universidad Nacional Agraria de la Selva - UNAS. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL (SINIA). ¿Qué es el SINIA? – SINIA. SINIA – Sistema de Información Ambiental [en línea]. [sin fecha] [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://sinia.mma.gob.cl/que-es-el-sinia/>

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). ¿Qué es el protocolo de kyoto? | CMNUCC [en línea]. 2014 [consultado el 24 de agosto de 2024]. Disponible en: https://unfccc.int/es/kyoto_protocol

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea en los cultivos de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) y Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017?	OBJETIVO GENERAL Determinar la capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea de cada cultivo de Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) y Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.	HIPOTESIS GENERAL La capacidad de reserva de carbono es diferente en la biomasa aérea de cada cultivo de Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) y Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.	Independiente Reserva de carbono en la biomasa aérea.	La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (ARÉVALO et al., 2003).	Medición del fuste, ramas y hojas de cada árbol y carbono presente en la biomasa total de los árboles.	 • Biomasa aérea.	<ul style="list-style-type: none"> • Altura de fuste. • Diámetro base, medio y copa. • Volumen de fuste. • Volumen de ramas. • Volumen de hojas. 	m cm m ³ m ³ kg
Problemas específica 1 ¿Cuál es la capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea en el cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017?	Objetivos específica 1 Cuantificar la capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea del cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) para determinar el valor económico de carbono en el departamento de San Martín, 2017.	Hipótesis específica 1 La capacidad de reserva de carbono es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea en el cultivo de Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.				• Carbono total	• Nivel de carbono (carbono total).	Kg C o Tn C
Problemas específica 2 ¿Cuál es la capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea del cultivo de la Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017?	Objetivos específica 2 Cuantificar la capacidad de reserva de carbono en la biomasa aérea del cultivo de la Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para determinar el valor económico de carbono en el Departamento de San Martín, 2017.	Hipótesis específica 2 La capacidad de reserva de carbono es directamente proporcional al peso de la biomasa aérea en el cultivo de la Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para determinar el valor económico de carbono en San Martín, 2017.	Dependiente Cuantificación del valor económico del de carbono	Se denominan bonos de carbono a las Reducciones Certificadas de Emisiones de Gases Efecto Invernadero o CERs, por su sigla en inglés Certified Emission Reductions, expresa en una tonelada métrica de dióxido de carbono. Los CERs se generan en la etapa de ejecución del proyecto; y se extienden una vez acreditada dicha reducción. Son créditos que se transan en el Mercado del Carbono (SINIA).	Es el carbono presente en la biomasa total de los árboles multiplicado por el precio actual de bono de carbono.	• Carbono total por especie.	• Nivel de carbono	Kg
Problemas específica 3 ¿Cuál es el valor económico de reserva de carbono en la biomasa aérea de cada sistema agroforestal de Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) y Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) en el Departamento de San Martín, 2017?	Objetivos específica 3 Estimar el valor económico de capacidad de reserva en la biomasa aérea de cada cultivo de Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) y Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) para en el Departamento de San Martín, 2017.	Hipótesis específica 3 El valor económico de la reserva de carbono en la biomasa aérea de cada sistema agroforestal de Cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) y Palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>) es diferente en el Departamento de San Martín, 2017.				• Valor económico del mercado internacional.	• Precio actual del carbono.	€

Fuente: Elaboración propia, 2017

Anexo 3: Validación de expertos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Cabello Torres Rita
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente I.C.
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de Recolección de Datos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Roy Rios Nozo Informante

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible											X		
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos											X		
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4 ORGANIZACION	Existe una organización lógica.											X		
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores											X		
9 METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 24 NOVIEMBRE del 2015

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08947396 I.P. 145791

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: FARJE JURADO CINTHYA
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE T.C
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de Recolección de Datos
 1.4. Autor(A) de Instrumento: ROY RIOS HORIZONTE

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X			
9. METODOLÓGICA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

85

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, 24 NOVIEMBRE del 2015


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40336282 CIP 143463

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Roberto Gonzales Lopez
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente - DTC
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento de recolección de datos
 1.4 Autor(A) de Instrumento: Roy Rios Moromonte

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1 CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2 OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3 ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4 ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica											X		
5 SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6 INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											X		
7 CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8 COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9 METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis											X		
10 PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 24 de noviembre del 2015


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 40513665 C.I.P. 77087

Anexo 4: Resultados del análisis de datos

Cálculo de biomasa arriba del suelo: Volumen del fuste:

Para determinar la biomasa aérea, fue necesario medir la longitud del tronco de cada árbol utilizando un cabrestante. Además, se tomaron tres medidas del diámetro del tronco en diferentes puntos: la base, el medio y la copa. Luego se calculó el volumen del tronco mediante la ecuación de Smalian, una fórmula matemática recomendada por la FAO y Romahn.

$$\text{Volumen de fuste} = \frac{\pi}{8} (S_{\text{Base}} + S_{\text{Copa}})H$$

Dónde:

S_{Base} = Área de la sección de la base del fuste.

S_{Copa} = Área de la sección de la copa del fuste.

H = Altura del fuste.

En la siguiente sección, mostraremos los datos adquiridos a partir de la medición exhaustiva realizada en cada árbol perteneciente tanto a la especie cacao como a la palma aceitera. Además, proporcionaremos los volúmenes calculados utilizando la ecuación de Smalian.

Primero empezaremos con los árboles de cacao (*Theobroma cacao* L) 88 árboles cuadro N° 10 y luego la palma aceitera (*Elias guineensis*) 58 árboles cuadro N° 11.

Tabla 10. Parte del registro de datos de volumen de cacao (theobroma cacao L)

N°	ALTURA DE FUSTE (m)	DIAMETRO DE MEDIO (m)	DIAMETRO DE BASE (m)	DIAMETRO DE COPA(m)	VOLUMEN (m³)
1	1.69	0.12	0.14	4	2.73
2	1.8	0.13	0.16	5	3.62
3	1.7	0.12	0.13	5	3.40
4	1.1	0.09	0.13	4	1.77
5	1.56	0.10	0.09	5	3.10
6	1.58	0.13	0.10	4	2.53
7	1.75	0.12	0.13	5	3.50
8	1.7	0.10	0.12	4	2.73
9	1.2	0.08	0.09	4	1.91
10	1.5	0.12	0.13	4	2.42
11	1.8	0.14	0.16	5	3.62
12	1.54	0.10	0.11	5	3.07
13	1.27	0.08	0.09	4	2.03
14	1.7	0.12	0.13	5	3.40
15	1.23	0.09	0.10	4	1.97
.
.

N°	ALTURA DE FUSTE (m)	DIAMETRO DE MEDIO (m)	DIAMETRO DE BASE (m)	DIAMETRO DE COPA(m)	VOLUMEN (m³)
.
80	1.54	0.11	0.10	6	3.66
81	1.68	0.15	0.16	4	2.73
82	1.65	0.12	0.15	4	2.67
83	1.41	0.08	0.11	5	2.81
84	1.65	0.15	0.12	4	2.65
85	1.62	0.11	0.12	5	3.23
86	1.66	0.11	0.09	4	2.65
87	1.7	0.12	0.13	5	3.40
88	1.66	0.15	0.14	4	2.68
VOLUMEN TOTAL					265.96

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 11. Parte del registro de datos de volumen de palma aceitera (Elias guineensis)

N°	ALTURA DE FUSTE (m)	DIAMETRO DE MEDIO (m)	DIAMETRO DE BASE (m)	DIAMETRO DE COPA (m)	VOLUMEN (m³)
1	4.00	0.80	0.99	3.00	6.22
2	5.00	0.88	1.10	4.00	9.95
3	5.00	0.72	0.95	4.00	9.65
4	4.00	0.67	0.84	4.00	7.55
5	5.00	0.70	0.92	5.00	11.54
6	4.00	0.79	0.89	4.00	7.63
7	4.00	0.89	0.94	5.00	9.27
8	5.00	0.70	0.81	4.00	9.38
9	5.00	0.94	0.97	5.00	11.64
10	4.00	0.64	0.80	3.00	5.93
11	5.00	0.88	0.89	4.00	9.54
12	5.00	0.76	0.82	3.00	7.45
13	5.00	0.91	0.99	5.00	11.68
14	5.00	0.89	0.91	5.00	11.52
15	6.00	0.88	0.91	5.00	13.83
.
.
.
.
50	5.00	0.92	0.99	5.00	11.68
51	5.00	0.93	0.98	5.00	11.66
52	5.00	0.88	0.91	4.00	9.57
53	4.00	0.86	0.95	5.00	9.28
54	5.00	0.88	0.97	4.00	9.69
55	4.00	0.80	0.80	4.00	7.49
56	5.00	0.89	0.85	5.00	11.41
57	5.00	0.64	0.91	5.00	11.52
58	5.00	0.88	0.90	5.00	11.51
VOLUMEN TOTAL					539.38

Fuente: Elaboración propia, 2017

Determinación de la densidad de la madera:

Para determinar la densidad de la madera de cada especie, fue necesario extraer una pequeña muestra de madera de ambas especies y pesar las muestras en dos

condiciones: saturada (que contiene un porcentaje específico de humedad) y seca. Luego se calculó la densidad utilizando el método del contenido máximo de humedad, propuesto por Smith.

$$Densidad = \frac{1}{\frac{P_s - P_o}{P_o} + 1.53}$$

Dónde:

P_s = Peso de la muestra saturada.

P_o = Peso de la muestra anhidra.

1.53 = Constante densidad básica de la madera.

En la siguiente sección, proporcionaremos los datos adquiridos de los experimentos de laboratorio junto con los cálculos correspondientes.

Para la madera de Cacao (*Theobroma cacao* l)

Tabla 12. Densidad de Cacao

Datos para el cálculo de la densidad de la madera Cacao (<i>Theobroma cacao</i> l)	
Peso de muestra saturada (gr)	435.32
Peso de la muestra anhidra (gr)	172.95
Constante densidad básica de la madera	1.53

Fuente: Elaboración propia, 2017

$$Densidad\ de\ la\ madera\ de\ cacao = \frac{1}{\frac{435.32 - 172.95}{172.95} + 1.53} = 0.460 \frac{gr}{cm^3}$$

$$Densidad\ de\ la\ madera\ de\ cacao = 460 \frac{kg}{m^3}$$

Para la madera de palma aceitera (*Elaeis guineensis*):

Tabla 13. Densidad de Palma aceitera

Datos para el cálculo de la densidad de la palma aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)	
Peso de muestra saturada (gr)	690.98
Peso de la muestra anhidra (gr)	145.22
Constante densidad básica de la madera	1.53

Fuente: Elaboración propia, 2017

$$Densidad\ de\ la\ madera\ de\ palma = \frac{1}{\frac{690.98 - 145.22}{145.22} + \frac{1}{1.53}} = 0.226 \frac{gr}{cm^3}$$

$$Densidad\ de\ la\ madera\ de\ palma = 226 \frac{kg}{m^3}$$

Cálculo de componentes y biomasa:

Biomasa del fuste:

Para determinar la biomasa del tallo, utilizamos datos sobre el volumen de todo el tallo y la densidad de la madera. La ecuación empleada para esta estimación fue la siguiente.

$$Bf = Vt \cdot Dm$$

Dónde:

Bf = Biomasa del fuste.

Vt = Volumen total.

Dm = Densidad de la madera.

Utilizando la ecuación proporcionada, hemos calculado la biomasa del tallo de cada árbol individual. Los resultados, medidos en kilogramos, se muestran a continuación.

Comenzaremos examinando la especie de cacao, específicamente 88 árboles en el recuadro No. 14. Luego, cambiaremos nuestro enfoque a las palmas aceiteras, específicamente 58 árboles en el recuadro No. 15.

Tabla 14. Parte del registro de datos de biomasa fuste de cacao (theobroma cacao l)

N°	VOLUMEN TOTAL (m3)	DENSIDAD (kg/m3)	BIOMASA DEL FUSTE (kg)	BIOMASA DEL FUSTE (Tn)
1	2.73	460	1255.8	1.26
2	3.62	460	1665.2	1.67
3	3.4	460	1564	1.56
4	1.77	460	814.2	0.81
5	3.1	460	1426	1.43
6	2.53	460	1163.8	1.16

N°	VOLUMEN TOTAL (m3)	DENSIDAD (kg/m3)	BIOMASA DEL FUSTE (kg)	BIOMASA DEL FUSTE (Tn)
7	3.5	460	1610	1.61
8	2.73	460	1255.8	1.26
9	1.91	460	878.6	0.88
10	2.42	460	1113.2	1.11
11	3.62	460	1665.2	1.67
12	3.07	460	1412.2	1.41
13	2.03	460	933.8	0.93
14	3.4	460	1564	1.56
15	1.97	460	906.2	0.91
.
.
.
.
80	3.66	460	1683.6	1.68
81	2.73	460	1255.8	1.26
82	2.67	460	1228.2	1.23
83	2.81	460	1292.6	1.29
84	2.65	460	1219	1.22
85	3.23	460	1485.8	1.49
86	2.65	460	1219	1.22
87	3.4	460	1564	1.56
88	2.68	460	1232.8	1.23
		BIOMASA TOTAL	122323.2	122.32

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 15. Parte del registro de datos de biomasa fuste de palma aceitera (Elias guineensis)

N°	VOLUMEN TOTAL (m3)	DENSIDAD (kg/m3)	BIOMASA DEL FUSTE (kg)	BIOMASA DEL FUSTE (Tn)
1	6.22	226	1405.72	1.41
2	9.95	226	2248.7	2.25
3	9.65	226	2180.9	2.18
4	7.55	226	1706.3	1.71
5	11.54	226	2608.04	2.61
6	7.63	226	1724.38	1.72
7	9.27	226	2095.02	2.10
8	9.38	226	2119.88	2.12
9	11.64	226	2630.64	2.63
10	5.93	226	1340.18	1.34
11	9.54	226	2156.04	2.16
12	7.45	226	1683.7	1.68
13	11.68	226	2639.68	2.64
14	11.52	226	2603.52	2.60
15	13.83	226	3125.58	3.13
.
.
.
.
50	11.68	226	2639.68	2.64
51	11.66	226	2635.16	2.64
52	9.57	226	2162.82	2.16
53	9.28	226	2097.28	2.10

N°	VOLUMEN TOTAL (m3)	DENSIDAD (kg/m3)	BIOMASA DEL FUSTE (kg)	BIOMASA DEL FUSTE (Tn)
54	9.69	226	2189.94	2.19
55	7.49	226	1692.74	1.69
56	11.41	226	2578.66	2.58
57	11.52	226	2603.52	2.60
58	11.51	226	2601.26	2.60
BIOMASA TOTAL			110224.72	110.22

Fuente: Elaboración propia, 2017

Biomasa de la rama:

La estimación de la biomasa de ramas se calculó determinando el peso combinado de las ramas y la biomasa de las muestras de cada árbol individual, considerando también la proporción de los pesos secos y húmedos de una muestra de ramas para cada especie específica. La ecuación utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$Br = Pr \cdot Brm$$

Dónde:

Br = Biomasa de la rama.

Pr = Peso ramas.

Brm = Relación peso seco/peso húmedo de la muestra de ramas.

Nuestro paso inicial implica la determinación de las proporciones entre el peso seco y el peso húmedo para cada especie de rama individual.

Para Cacao (*Theobroma cacao* L):

Tabla 16. Peso rama Cacao

Datos para el cálculo de la biomasa de la rama de Cacao (<i>Theobroma cacao</i> L)	
Peso seco de la rama (Kg)	8.45
Peso húmedo de la rama (Kg)	23.7
Relación PS/PH	0.35

Fuente: Elaboración propia, 2017

Para Palma aceitera (*Elaeis guineensis*):

Tabla 17. Peso rama Palma aceitera

Datos para el cálculo de la biomasa de la rama de Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)	
Peso seco de la rama (Kg)	12.24
Peso húmedo de la rama (Kg)	35.93
Relación PS/PH	0.34

Fuente: Elaboración propia, 2017

Usando la ecuación proporcionada, hemos calculado la biomasa de cada rama de árbol. Los resultados, medidos en kilogramos, se presentan a continuación.

Comencemos examinando la caja No. 18, que contiene 88 árboles de la especie cacao (*Theobroma cacao L.*), así como la caja No. 19, que contiene 58 árboles de la especie palma aceitera (*Elaeis guineensis*).

Tabla 18. Parte del registro de datos de biomasa rama de cacao (theobroma cacao l)

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA RAMA (kg)	BIOMASA DE LA RAMA(Tn)
1	87	0.35	30.45	0.030
2	84	0.35	29.4	0.029
3	84	0.35	29.4	0.029
4	85	0.35	29.75	0.030
5	90	0.35	31.5	0.032
6	89	0.35	31.15	0.031
7	77	0.35	26.95	0.027
8	83	0.35	29.05	0.029
9	75	0.35	26.25	0.026
10	84	0.35	29.4	0.029
11	87	0.35	30.45	0.030
12	85	0.35	29.75	0.030
13	75	0.35	26.25	0.026
14	89	0.35	31.15	0.031
15	77	0.35	26.95	0.027
.
.
.
.
80	77	0.35	26.95	0.027
81	85	0.35	29.75	0.030
82	75	0.35	26.25	0.026
83	85	0.35	29.75	0.030
84	75	0.35	26.25	0.026
85	89	0.35	31.15	0.031

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA RAMA (kg)	BIOMASA DE LA RAMA(Tn)
86	77	0.35	26.95	0.027
87	89	0.35	31.15	0.031
88	77	0.35	26.95	0.027
BIOMASA RAMA TOTAL			2579.5	2.58

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 19. Parte del registro de datos de biomasa rama de palma aceitera (Elias guineensis)

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA RAMA (kg)	BIOMASA DE LA RAMA(Tn)
1	89	0.34	30.26	0.030
2	85	0.34	28.9	0.029
3	88	0.34	29.92	0.030
4	90	0.34	30.6	0.031
5	88	0.34	29.92	0.030
6	86	0.34	29.24	0.029
7	89	0.34	30.26	0.030
8	85	0.34	28.9	0.029
9	90	0.34	30.6	0.031
10	90	0.34	30.6	0.031
11	83	0.34	28.22	0.028
12	80	0.34	27.2	0.027
13	87	0.34	29.58	0.030
14	88	0.34	29.92	0.030
15	90	0.34	30.6	0.031
.
.
.
.
50	90	0.34	30.6	0.031
51	80	0.34	27.2	0.027
52	80	0.34	27.2	0.027
53	78	0.34	26.52	0.027
54	88	0.34	29.92	0.030
55	80	0.34	27.2	0.027
56	92	0.34	31.28	0.031
57	82	0.34	27.88	0.028
58	78	0.34	26.52	0.027
BIOMASA RAMA TOTAL			1689.12	1.689

Fuente: Elaboración propia, 2017

Biomasa del follaje:

Para determinar la biomasa foliar se midió el peso del follaje de cada muestra en función de la especie y la relación entre el peso seco y húmedo del follaje de cada árbol. La ecuación utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$Bfo = Pf \cdot Bfm$$

Dónde:

$$Bfo = \text{Biomasa del follaje.}$$

$Pf = \text{Peso de los follajes.}$
 $Bfm = \text{Relación peso seco/peso húmedo de la muestra de follajes.}$

Nuestro paso inicial implicará la determinación de las relaciones entre el peso seco y el peso húmedo para cada especie de follaje.

Para Cacao (*Theobroma cacao l*):

Tabla 20. Peso follaje cacao

Datos para el cálculo del follaje de la rama de Cacao (<i>Theobroma Cacao l</i>)	
Peso seco del follaje (Kg)	3.19
Peso húmedo del follaje (Kg)	8.74
Relación PS/PH	0.36

Fuente: Elaboración propia, 2017

Para Palma aceitera (*Elaeis guineensis*):

Tabla 21. Peso follaje palama aceitera

Datos para el cálculo del follaje de la rama de Palma Aceitera (<i>Elaeis guineensis</i>)	
Peso seco del follaje (Kg)	7.61
Peso húmedo del follaje (Kg)	16.74
Relación PS/PH	0.45

Fuente: Elaboración propia, 2017

Utilizando la ecuación proporcionada, hemos calculado la biomasa de todo el follaje de cada árbol individual. Las medidas están expresadas en kilogramos.

Comencemos examinando la tabla No. 22, que contiene 88 árboles de la especie cacao (*Theobroma cacao l.*), así como la tabla No. 23, que contiene 58 árboles de la especie palma aceitera (*Elaeis guineensis*).

Tabla 22. Parte del registro de datos de biomasa follaje de cacao (theobroma cacao l)

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (Tn)
1	29	0.36	10.44	0.010
2	41	0.36	14.76	0.015
3	30	0.36	10.8	0.011
4	27	0.36	9.72	0.010

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (Tn)
5	41	0.36	14.76	0.015
6	35	0.36	12.6	0.013
7	33	0.36	11.88	0.012
8	41	0.36	14.76	0.015
9	36	0.36	12.96	0.013
10	33	0.36	11.88	0.012
11	40	0.36	14.4	0.014
12	30	0.36	10.8	0.011
13	44	0.36	15.84	0.016
14	40	0.36	14.4	0.014
15	39	0.36	14.04	0.014
.
.
.
.
80	39	0.36	14.04	0.014
81	44	0.36	15.84	0.016
82	41	0.36	14.76	0.015
83	41	0.36	14.76	0.015
84	26	0.36	9.36	0.009
85	32	0.36	11.52	0.012
86	41	0.36	14.76	0.015
87	25	0.36	9	0.009
88	28	0.36	10.08	0.010
		BIOMASA FOLLAJE TOTAL	1114.56	1.115

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 23. Parte del registro de datos de biomasa follaje palma aceitera (Elias guineensis)

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (Tn)
1	40	0.45	18	0.018
2	47	0.45	21.15	0.021
3	42	0.45	18.9	0.019
4	47	0.45	21.15	0.021
5	35	0.45	15.75	0.016
6	47	0.45	21.15	0.021
7	38	0.45	17.1	0.017
8	37	0.45	16.65	0.017
9	45	0.45	20.25	0.020
10	45	0.45	20.25	0.020
11	50	0.45	22.5	0.023
12	39	0.45	17.55	0.018
13	49	0.45	22.05	0.022
14	46	0.45	20.7	0.021
15	40	0.45	18	0.018
.
.
.
.
50	50	0.45	22.5	0.023
51	58	0.45	26.1	0.026

N°	PESO TOTAL (kg)	RELACIÓN PS/PH (Kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (kg)	BIOMASA DE LA FOLLAJE (Tn)
52	45	0.45	20.25	0.020
53	42	0.45	18.9	0.019
54	39	0.45	17.55	0.018
55	36	0.45	16.2	0.016
56	45	0.45	20.25	0.020
57	38	0.45	17.1	0.017
58	38	0.45	17.1	0.017
		BIOMASA FOLLAJE TOTAL	1122.75	1.12

Fuente: Elaboración propia, 2017

Cálculo de la cantidad de carbono:

Cantidad de carbono en el fuste:

Para determinar la cantidad de carbono presente, utilizamos la biomasa total del tallo de cada especie de árbol, junto con el porcentaje de carbono que se encuentra dentro del tronco de la madera. Este porcentaje se obtuvo mediante un riguroso experimento realizado en un laboratorio de la UNAM. La ecuación empleada para este cálculo es la siguiente:

$$Ccf = Bf \cdot \%C$$

Dónde:

Cc = Cantidad de carbono en el fuste.

$\%C$ = Porcentaje de carbono.

Bf = Biomasa total del fuste.

Usando la ecuación proporcionada, hemos calculado el contenido total de carbono en cada tallo. Las medidas están expresadas en kilogramos.

Comencemos examinando los árboles de la especie cacao (*Theobroma cacao* l) en el recuadro No. 24, que consta de 88 árboles, así como las palmeras aceiteras (*Elaeis guineensis*) en el recuadro No. 25, que comprende 58 árboles.

Tabla 24. Parte del registro de datos de carbono fuste cacao (theobroma cacao

l)

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
1	1296.69	0.5625	729.39	0.73
2	1709.36	0.5625	961.52	0.96
3	1604.2	0.5625	902.36	0.90
4	853.67	0.5625	480.19	0.48
5	1472.26	0.5625	828.15	0.83
6	1207.55	0.5625	679.25	0.68
7	1648.83	0.5625	927.47	0.93

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
8	1299.61	0.5625	731.03	0.73
9	917.81	0.5625	516.27	0.52
10	1154.48	0.5625	649.40	0.65
11	1710.05	0.5625	961.90	0.96
12	1452.75	0.5625	817.17	0.82
13	975.89	0.5625	548.94	0.55
14	1609.55	0.5625	905.37	0.91
15	947.19	0.5625	532.79	0.53
.
.
.
.
80	1724.59	0.5625	970.08	0.97
81	1301.39	0.5625	732.03	0.73
82	1269.21	0.5625	713.93	0.71
83	1337.11	0.5625	752.12	0.75
84	1254.61	0.5625	705.72	0.71
85	1528.47	0.5625	859.76	0.86
86	1260.71	0.5625	709.15	0.71
87	1604.15	0.5625	902.33	0.90
88	1269.83	0.5625	714.28	0.71
		TOTAL	70884.71	70.88

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 25. Parte del registro de datos de carbono fuste de palma aceitera (Elias guineensis)

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
1	1405.72	0.5429	763.17	0.76
2	2248.7	0.5429	1220.82	1.22
3	2180.9	0.5429	1184.01	1.18
4	1706.3	0.5429	926.35	0.93
5	2608.04	0.5429	1415.90	1.42
6	1724.38	0.5429	936.17	0.94
7	2095.02	0.5429	1137.39	1.14
8	2119.88	0.5429	1150.88	1.15
9	2630.64	0.5429	1428.17	1.43
10	1340.18	0.5429	727.58	0.73
11	2156.04	0.5429	1170.51	1.17
12	1683.7	0.5429	914.08	0.91
13	2639.68	0.5429	1433.08	1.43
14	2603.52	0.5429	1413.45	1.41
15	3125.58	0.5429	1696.88	1.70
.
.
.
.
50	2639.68	0.5429	1433.08	1.43
51	2635.16	0.5429	1430.63	1.43
52	2162.82	0.5429	1174.19	1.17
53	2097.28	0.5429	1138.61	1.14
54	2189.94	0.5429	1188.92	1.19
55	1692.74	0.5429	918.99	0.92
56	2578.66	0.5429	1399.95	1.40

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
57	2603.52	0.5429	1413.45	1.41
58	2601.26	0.5429	1412.22	1.41
		TOTAL	66174.54	66.17

Fuente: Elaboración propia, 2017

Cantidad de carbono en la rama y follaje:

Para determinar el contenido de carbono en las ramas y el follaje, utilizamos las mediciones de biomasa de las ramas y el follaje de cada árbol, junto con el porcentaje de carbono específico de eucalipto y aliso. Este porcentaje se obtuvo de un experimento realizado en un laboratorio de la UNAM. La ecuación empleada para este cálculo fue la siguiente:

$$Ccrf = Brf \cdot \%C$$

Dónde:

$Ccrf =$ Cantidad de carbono en las ramas y follajes.

$\%C =$ Porcentaje de carbono.

$Brf =$ Biomasa total de las ramas y follajes.

Utilizando la ecuación proporcionada, hemos calculado el contenido total de carbono tanto de las ramas como del follaje. Los resultados, medidos en kilogramos, se muestran a continuación.

Comencemos enfocándonos en los árboles de la especie cacao (*Theobroma cacao* L), específicamente 88 árboles en los recuadros No. 26 y No. 27. Además, tenemos 58 árboles de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) ubicados en los recuadros No. 28 y 29.

Tabla 26. Parte del registro de biomasa datos carbono rama de cacao (theobroma cacao l)

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
1	30.45	0.5503	16.76	0.017
2	29.4	0.5503	16.18	0.016
3	29.4	0.5503	16.18	0.016
4	29.75	0.5503	16.37	0.016
5	31.5	0.5503	17.33	0.017
6	31.15	0.5503	17.14	0.017
7	26.95	0.5503	14.83	0.015
8	29.05	0.5503	15.99	0.016
9	26.25	0.5503	14.45	0.014
10	29.4	0.5503	16.18	0.016
11	30.45	0.5503	16.76	0.017

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
12	29.75	0.5503	16.37	0.016
13	26.25	0.5503	14.45	0.014
14	31.15	0.5503	17.14	0.017
15	26.95	0.5503	14.83	0.015
.
.
.
.
80	26.95	0.5503	14.83	0.015
81	29.75	0.5503	16.37	0.016
82	26.25	0.5503	14.45	0.014
83	29.75	0.5503	16.37	0.016
84	26.25	0.5503	14.45	0.014
85	31.15	0.5503	17.14	0.017
86	26.95	0.5503	14.83	0.015
87	31.15	0.5503	17.14	0.017
88	26.95	0.5503	14.83	0.015
		TOTAL	1419.50	1.42

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 27. Parte del registro de datos carbono follaje de cacao (theobroma cacao

l)

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
1	10.44	0.5456	5.70	0.006
2	14.76	0.5456	8.05	0.008
3	10.8	0.5456	5.89	0.006
4	9.72	0.5456	5.30	0.005
5	14.76	0.5456	8.05	0.008
6	12.6	0.5456	6.87	0.007
7	11.88	0.5456	6.48	0.006
8	14.76	0.5456	8.05	0.008
9	12.96	0.5456	7.07	0.007
10	11.88	0.5456	6.48	0.006
11	14.4	0.5456	7.86	0.008
12	10.8	0.5456	5.89	0.006
13	15.84	0.5456	8.64	0.009
14	14.4	0.5456	7.86	0.008
15	14.04	0.5456	7.66	0.008
.
.
.
.
80	14.04	0.5456	7.66	0.008
81	15.84	0.5456	8.64	0.009
82	14.76	0.5456	8.05	0.008
83	14.76	0.5456	8.05	0.008
84	9.36	0.5456	5.11	0.005
85	11.52	0.5456	6.29	0.006
86	14.76	0.5456	8.05	0.008

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
87	9	0.5456	4.91	0.005
88	10.08	0.5456	5.50	0.005
		TOTAL	608.10	0.608

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 28. Parte del registro de datos carbono rama de palma aceitera (Elias guineensis)

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
1	30.26	0.5667	17.15	0.017
2	28.9	0.5667	16.38	0.016
3	29.92	0.5667	16.96	0.017
4	30.6	0.5667	17.34	0.017
5	29.92	0.5667	16.96	0.017
6	29.24	0.5667	16.57	0.017
7	30.26	0.5667	17.15	0.017
8	28.9	0.5667	16.38	0.016
9	30.6	0.5667	17.34	0.017
10	30.6	0.5667	17.34	0.017
11	28.22	0.5667	15.99	0.016
12	27.2	0.5667	15.41	0.015
13	29.58	0.5667	16.76	0.017
14	29.92	0.5667	16.96	0.017
15	30.6	0.5667	17.34	0.017
.
.
.
.
50	30.6	0.5667	17.34	0.017
51	27.2	0.5667	15.41	0.015
52	27.2	0.5667	15.41	0.015
53	26.52	0.5667	15.03	0.015
54	29.92	0.5667	16.96	0.017
55	27.2	0.5667	15.41	0.015
56	31.28	0.5667	17.73	0.018
57	27.88	0.5667	15.80	0.016
58	26.52	0.5667	15.03	0.015
		TOTAL	957.22	0.96

Fuente: Elaboración propia, 2017

Tabla 29. Parte del registro de datos carbono follaje de palma aceitera (Elias guineensis)

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
1	18	0.5698	10.26	0.010
2	21.15	0.5698	12.05	0.012
3	18.9	0.5698	10.77	0.011
4	21.15	0.5698	12.05	0.012
5	15.75	0.5698	8.97	0.009
6	21.15	0.5698	12.05	0.012
7	17.1	0.5698	9.74	0.010

N°	BIOMASA TOTAL (kg)	%C (1/100)	TOTAL DE CARBONO (kg)	TOTAL DE CARBONO (Tn)
8	16.65	0.5698	9.49	0.009
9	20.25	0.5698	11.54	0.012
10	20.25	0.5698	11.54	0.012
11	22.5	0.5698	12.82	0.013
12	17.55	0.5698	10.00	0.010
13	22.05	0.5698	12.56	0.013
14	20.7	0.5698	11.79	0.012
15	18	0.5698	10.26	0.010
.
.
.
.
50	22.5	0.5698	12.82	0.013
51	26.1	0.5698	14.87	0.015
52	20.25	0.5698	11.54	0.012
53	18.9	0.5698	10.77	0.011
54	17.55	0.5698	10.00	0.010
55	16.2	0.5698	9.23	0.009
56	20.25	0.5698	11.54	0.012
57	17.1	0.5698	9.74	0.010
58	17.1	0.5698	9.74	0.010
		TOTAL	639.74	0.640

Fuente: Elaboración propia, 2017

Anexo 5: Mapa de ubicación



Anexo 6: Informe de análisis en laboratorios



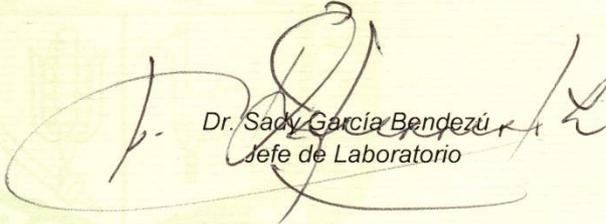
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ROY RÍOS MOZOMBITE
PROCEDENCIA : SAN MARTÍN/ TOCACHE/ TOCACHE
MUESTRA : PLANTAS
REFERENCIA : H.R. 58610
FACTURA : 642
FECHA : 02/06/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Peso fresco g	Peso seco g	C %
3458	Tronco de planta de cacao	435.32	172.95	56.25
3459	Ramas de planta de cacao	237.02	84.46	55.03


Dr. Sady García Bendezu
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



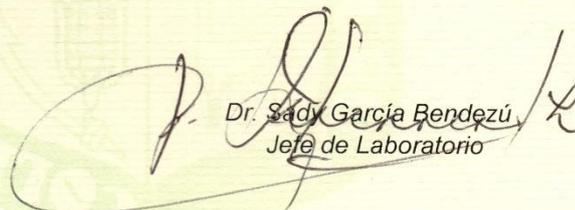
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : ROY RÍOS MOZOMBITE
PROCEDENCIA : SAN MARTÍN/ TOCACHE/ TOCACHE
MUESTRA : PLANTAS
REFERENCIA : H.R. 58606
FACTURA : 641
FECHA : 02/06/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Peso fresco g	Peso seco g	C %
3454	Tronco de palmera	690.98	145.22	54.29
3455	Rama de planta palmera	359.31	122.36	56.67
3456	Hojas de planta de palmera	168.42	76.11	56.98
3457	Hojas de planta de cacao	87.37	31.87	54.56


Dr. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 7: Galería de fotos al hacer mediciones en campo



Identificación de especie
Nombre común: Palma Aceitera.
Especie: *Elaeis Guineensis*



Medición de altura de fuste de la planta de Palma Aceitera.



Corte de la muestra de Palma Aceitera para envío a laboratorio.



Identificación de especie
Nombre común: Cacao.
Especie: *Theobroma cacao L*



Medición del diámetro de la planta de Cacao.



Medición de altura de fuste de la planta de Cacao.



Muestras de hojas de la planta de Palma Aceitera para laboratorio.



Muestras de fuste para laboratorio tanto de la planta de Palma Aceitera y de la planta de Cacao.