



UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE URACCAN

Monografía

**Carbono almacenado en los sistemas productivos del
laboratorio natural URACCAN, Nueva Guinea, 2017**

Para optar a título de ingeniero agroforestal

Autores:

Br. Yordan Josué García

Br. Justo Pastor González Mairena

Tutor: MSc. Wilson Calero Borge

RACCS, Nueva Guinea, abril, 2018

UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA CARIBE NICARAGÜENSE URACCAN

Monografía

Carbono almacenado en los sistemas productivos del
laboratorio natural URACCAN, Nueva Guinea, 2017

Para optar a título de ingeniero agroforestal

Autores:

Br. Yordan Josué García

Br. Justo Pastor González Mairena

Tutor: MSc. Wilson Calero Borge

RACCS, Nueva Guinea, abril, 2018

INDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	1
II.	Objetivos.....	4
	2.1 Objetivo general	4
	2.2 Objetivos específicos.....	4
III.	Hipótesis.....	5
IV.	Marco teórico	6
	4.1 Definiciones generales	6
	4.1.1 Dióxido de carbono atmosférico	6
	4.1.2 Cambio climático	6
	4.1.3 Efecto invernadero	7
	4.1.4 Dióxido de carbono y su rol en el efecto invernadero	8
	4.1.5 Sumideros de carbono	8
	4.2 Captura o fijación de carbono.....	9
	4.2.1 Importancia de la fijación de carbono	9
	4.2.2 Tipos de fijación de carbono.....	10
	4.2.3 Métodos para la estimación de carbono	11
	4.2.4 Tipos de SAF	15
	4.2.5 Importancia de los SAF en la fijación de carbono	16
	4.2.6 Capacidad de almacenamiento de carbono en los SAF	17
	4.2.7 Ventajas de los SAF	18
	4.2.8 Desventajas de los SAF	20
	4.3 Cacao como sistema agroforestal	21
	4.4 Silvopastoril como sistemas agroforestales	22
	4.5 Biomasa	23
	4.6 Necromasa.....	23

4.6.1 Necromasa en las raíces.....	24
4.6.2 Necromasa en el suelo.....	24
4.7 Composición arbórea	24
4.7.1 Importancia de la composición arbórea para la fijación de carbono en los SAF.....	24
4.7.2 Ventajas de la composición arbórea.....	25
4.7.3 Desventajas de la composición arbórea.....	26
4.8 Mercado de fijación de carbono.....	27
V. Metodología y materiales	28
5.1 Ubicación del estudio	28
5.2 Enfoque de la investigación.....	28
5.3 Tipo de investigación.....	28
5.4 Población y muestra.....	29
5.5 Técnicas e instrumentos.....	32
5.6 tabla 1. Operacionalización de variable	39
5.7 Procesamiento y análisis de la información	41
5.8 Materiales utilizados	41
VI. Resultado y discusión	42
VII. Conclusiones	55
VIII. Recomendaciones	57
IX. Referencia	58
X. Anexo.....	63
Anexo 1 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	63
Anexo 2 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	67

Anexo 3 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	72
Anexo 4 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	72
Anexo 5 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	73
Anexo 6 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	74
Anexo 7 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	75
Anexo 8 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	77
Anexo 9 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.	78
Anexo 10 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.....	80
Anexo 11 Tabla de clasificación de especies en los sistemas.	80
Anexo 12 Tabla de clasificación de especies en los sistemas.	81
Anexo 13 Tabla de coordenadas en los sistemas	81
Anexo 14 Formato para recolección de dato inventario	83
Anexo 15 Tabla 1: Formato para recolección de dato inventario necromasa	83
Anexo 16 Croquis del laboratorio Universidad URACCAN	84
Anexo 17. Aval Del Tutor.....	85

A Dios que nos llena de amor y sobre todo nos regala el don de la sabiduría y el entendimiento para poder lograr nuestros sueños

A mis abuelos y tíos por estar siempre pendiente de mí en todo momento.

A mis amigos de Pebble Hill y a Isayana Fajardo por su alegría y su amor

Yordan Josué García

A Dios que nos llena de amor y sobre todo nos regala el don de la sabiduría y el entendimiento para poder lograr nuestros sueños.

A mis padres que son mi orgullo y mi mayor esfuerzo para seguir educándome y esforzándome por ellos.

Justo Pastor González Mairena

A todos nuestros docentes que nos guiaron y nos acompañaron en todo nuestro procesos de estudios.

A nuestra Universidad URACCAN

Yordan Josué García y Justo González Mairena

Agradecimiento

A Dios omnipotente por ser el creador de todo lo que existe y por mantenerme en pie cuando creíamos que no conseguiríamos llegar al final de nuestras metas de estudios.

A mis abuelos Cristóbal García Barrera, Luisa Cantillano Sevilla y a todos mis tíos y tías por tanto sacrificio, amor y tiempo que ha dedicado desde mis primeros pasos en la primaria, hasta la culminación de mi carrera universitaria.

A Carolina Penta y a su pueblo de Pebble Hill por su apoyo incondicional que nos llena de alegría y de amor.

Yordan Josué García

A Dios por ser el que me guía y me acompaña en todo mi proceso mi vida.

A mi padre Felipe de Jesús Gonzales Sánchez y a mi madre Victoria del Carmen Rivas, por traerme a este mundo y por todo el esfuerzo que han dado para darme una educación, también a mi hijo Carlos Alberto González Arroliga por ser una fuente de inspiración para lograr llegar a esta meta propuesta.

Justo Pastor González Mairena

A nuestros maestros por acompañarnos con amor y dedicación a romper la brecha entre la ignorancia y el saber, (Ing: Carlos Alvares Amador, Ing: Juan José Aguilar, Ing: Arsenio López Borge, Ing: José Filadelfo López y a todos los demás docentes que me acompañaron en este proceso de estudio)

A nuestros compañeros de clase, amigos y a todas esas personas que están en nuestras mentes por los momentos compartidos que no se olvidan.

A nuestro tutor MSc. Wilson Antonio Calero Borge

Yordan Josué García y Justo Pastor González Mairena

Resumen

La capacidad de almacenar carbono en los sistemas productivos está especialmente correlacionada con el área basal de los árboles, su densidad y edad de los mismos. En este estudio se determinó el carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y silvopastoril del Laboratorio Natural de la universidad URACCAN, Nueva Guinea, como forma de identificar el rol que estos sistemas tienen como sumideros de carbono y con ello contribuir a mitigar los efectos del cambio climático. Para ello se midió el carbono en los componentes: raíces, necromasa y biomasa aérea, realizando el inventario forestal para individuos con dap > 10 cm, con una intensidad de muestreo del 10%, en parcelas temporales de medición de 1056 m², se marcaron todos los individuos medidos con un número continuo al sentido de las manecillas del reloj, las variables medidas fueron: dap utilizando forcípula, altura total con clinómetro, volumen total de madera, biomasa y finalmente carbono por hectárea utilizando para ello ecuaciones alométrica que son específicas para algunas especies forestales de uso comercial. Igualmente se calculó la madera aprovechada en los sistemas productivos midiendo el diámetro de los tocones. El carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao fue inferior con (43.800 t.C/ha) mientras que el sistema silvopastoril fue mayor con 80.810 T.C/ha en sus componentes sin considerar el carbono orgánico del suelo. La densidad arbórea fue idéntica en ambos sistemas productivos (142 árboles/ha). La riqueza

de especies arbóreas fue mayor en el sistema silvopastoril con 18 especies mientras que en el sistema agroforestal fue de 12 especies. Los sistemas agroforestales y silvopastoriles en el Laboratorio Natural son fuentes importantes de almacenamiento de carbono, se recomienda la implementación de estos sistemas productivos con mayor diversificación para contribuir más significativamente a la mitigación de los efectos del cambio climático.

Palabras clave: sumideros de carbono, necromasa, densidad arbórea, carbono almacenado, ecuaciones alométricas, biomasa.

I. Introducción

El cambio climático sigue siendo la principal amenaza de la humanidad y para el medio ambiente global, debido al gran impacto negativo que está ocasionando en la salud humana, la seguridad alimentaria, la economía mundial, los recursos naturales y la infraestructura física.

En el estudio realizado por Anguiano, (2013) plantea que el CO₂, incrementó su concentración de 280 ppm en el año 1750 a 360 ppm en el 2000, en donde el uso de combustibles fósiles generó del 80 al 85% del CO₂ emitido (Ortiz et al 2008); y se estima que esta concentración de dióxido de carbono aumentará de dos a tres ppm por año a nivel mundial.

América Latina se ha convertido en la región de países en desarrollo más activa en este mercado emergente, con alrededor de US\$210,6 millones de créditos de Carbono, basada en la convicción de que este mercado puede significar una herramienta útil para promover el desarrollo sostenible de la región. (Ortiz et al 2018)

Las especies vegetales, son importante para captar y almacenar el carbono, reconocidas ampliamente en la producción agrícola y forestal y como una estrategia importante de mitigación del cambio climático. El secuestro de carbono, en los sistemas de uso de la tierra, incluido los sistemas agroforestales (SAF), gira en torno a la

interacción de procesos ecológicos y biológicos; la fotosíntesis, respiración y descomposición. Se ha registrado que los SAF pueden modificar el microclima, es decir, mitigar las condiciones climáticas extremas de temperatura, de precipitación, de vientos fuertes o de alta radiación solar; asimismo, son viables para la agricultura, por la combinación de especies leñosas maderables, cultivos agrícolas y ganado.

En el estudio de Somarriba, (2008) plantea que los sistemas agroforestales (SAF) son una opción para la fijación y almacenamiento de carbono (Puri y Nair 2004, Swamy y Puri 2005). A Nivel mundial, se calcula que los SAF pueden secuestrar entre 0,8-2,2 Pg C año (1 Pg = 10¹⁵ g) en un período de 50 años (Dixon et ál. 1994). Los árboles maderables son depósitos de carbono a corto plazo, ya que al cortarlos o quemarlos, o al morir por causas naturales y descomponerse, liberan el carbono de la madera a la atmósfera (Cielsa 1995).

El trabajo investigativo que se realizó es importante porque generó información de utilidad a las organizaciones o instituciones públicas y privadas, sobre la importancia de los SAF, en el entorno académico le será útil a docentes y estudiantes a investigaciones futuras para la mitigación del cambio climático, debido a la problemática mundial y sus efectos sobre las generaciones actuales y futuras y sobre los recursos naturales, ya que la mitigación del cambio climático se ha

convertido en un reto primordial para la economía y la ciencia dedicada a la conservación del medio ambiente.

A nivel regional y municipal es un aporte de nuevos conocimientos y de gran relevancia en nuestro país, aunque la importancia de los SAF para mitigar el cambio climático es reconocida, las investigaciones realizadas con respecto a captura de carbono en sistemas silvopastoriles y cacao son pocas, también permitirá saber la importancia que tienen los bosques y plantaciones forestales en el municipio ya que no se reportan estudios realizados relacionados a la captura y almacenamiento de carbono en los sistemas agroforestales de Nueva Guinea.

II. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar el volumen de carbono almacenado en los sistemas productivos agroforestales y silvopastoriles del Laboratorio Natural URACCAN Nueva Guinea.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición arbórea presente en los sistemas agroforestales de cacao y en sistemas silvopastoriles.
- Cuantificar el carbono almacenado en la biomasa aérea de los sistemas agroforestales de cacao y silvopastoriles.
- Identificar el carbono acumulado en la necromasa y raíces de los sistemas agroforestales de cacao y silvopastoriles.

III. Hipótesis

Hipótesis alternativa

¿Los sistemas agroforestales de cacao almacenan la misma cantidad de carbono que los sistemas silvopastoriles establecidos y manejados, sin mantener mucha diversidad arbórea?

Hipótesis nula

¿Los sistemas agroforestales de cacao almacenan más carbono que los sistemas silvopastoriles establecidos y manejados, sin mantener mucha diversidad arbórea?

IV. Marco teórico

4.1 Definiciones generales

4.1.1 Dióxido de carbono atmosférico

Es el gas producido naturalmente, también es derivado de la quema de combustible fósiles y de la biomasa, así como de los cambios de uso de los suelos y otros procesos industriales (Siu, 2017).

El dióxido de carbono CO₂ es el gas de efecto invernadero más importante producido por las actividades humanas. Una de estas actividades es la deforestación. En los últimos 150 años, esta forma de utilizar los recursos naturales ha contribuido en forma muy significativa al aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmosfera de la tierra. Actualmente, cerca del 20% de las emisiones de CO₂ resultan de la eliminación y degradación de ecosistema forestales (Universidad Austral de Chile [UAC], 2001).

4.1.2 Cambio climático

Por cambio climático se entiende, un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera global y que se suma a la variabilidad natural observada de clima durante periodos de tiempos comparables (Connolly y Corea citado por Pérez, 2005).

Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], (2007) definen: De acuerdo a la Convención Marco sobre Cambio Climático (CMCC), el cambio climático se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) define el cambio climático como cualquier cambio en el clima con el tiempo, debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

4.1.3 Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural, convertido por el hombre en una amenaza para su propia seguridad, a la ser alterado debido principalmente al consumo de energía generada por la combustión de derivados del petróleo, gas natural y carbón mineral, además de la destrucción de bosque, particularmente en el trópico (Connolly y Corea citado por Pérez et al, 2005).

En el estudio realizado por Ballesteros y Aristizabal (2007) determinan que los gases de efecto invernadero (GEI) son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra,

la atmósfera y las nubes. Esta propiedad produce el efecto invernadero.

En la atmósfera de la Tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). Hay además en la atmósfera una serie de GEI creados íntegramente por el ser humano, como los halocarbonos y otras sustancias con contenido de cloro y bromo, regulados por el Protocolo de Montreal como el hexafluoruro de azufre (SF_6), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC).

4.1.4 Dióxido de carbono y su rol en el efecto invernadero

Los gases que son buenos absorbentes de radiación solar son importantes en el calentamiento de la atmósfera, por ejemplo, la absorción de radiación solar por el ozono proporciona la energía que calienta la estratosfera y la mesosfera (Aristizabal, 2007).

4.1.5 Sumideros de carbono

Los sistemas forestales son unos de los grandes sumideros de CO_2 , que contribuye al secuestro de carbono atmosférico para la realización de su fotosíntesis y acumulación de biomasa (Siu, 2017).

4.1.6 La fotosíntesis

Los árboles utilizan la radiación solar incidente para sintetizar compuestos orgánicos a partir del CO_2 atmosférico, agua y nutrientes del suelo o retranslocados desde otros órganos de la planta,

mediante el proceso de la fotosíntesis, (Gracia., s, f). La cantidad de carbono fijado en la fotosíntesis es controlada principalmente por la radiación incidente y la temperatura y es limitada por la disponibilidad de agua y de nutrientes

La temperatura controla directamente las tasas de producción bruta y respiración ya que la actividad de las enzimas implicadas en estos procesos depende de la temperatura. Además, determina la tasa de fotosíntesis neta (el balance entre el carbono atmosférico fijado por las plantas, la fotosíntesis bruta, y el carbono retornado por las hojas durante el proceso de la respiración oscura).

4.2 Captura o fijación de carbono

4.2.1 Importancia de la fijación de carbono

Romero, (2011) determina lo siguiente: El almacenamiento y la fijación de Carbono es uno de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales y agroforestales. La fijación de carbono se genera en el proceso de fotosíntesis realizado por las hojas y otras partes verdes de las plantas, que capturan el CO_2 de la atmósfera y producen carbohidratos, liberan oxígeno y dejan Carbono que se utiliza para formar la biomasa de la planta, incluyendo la madera en los árboles.

4.2.2 Tipos de fijación de carbono

En el estudio realizado por el (Consejo Superior de Investigaciones Científicas [CEBAS], s.f) determinan que dependiendo del tipo de fijación de CO_2 , la planta tendrá un metabolismo distinto y por lo tanto, se clasifican en plantas C-3, C-4 o CAM. En ellas, tanto la eficiencia del uso del agua y como la tasa de fijación de CO_2 es diferente (Castellanos, 2010).

Plantas C-3: Se caracterizan por mantener las estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO_2 , lo que provoca una pérdida de agua por transpiración, de forma continua. Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis.

Plantas C-4: Se caracterizan por tener las estomas abiertas de día. Como poseen intermediarios de bombeo de CO_2 en la célula, pueden permitirse un cierre de estomas imprevisto, siendo factible la continuidad del proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO_2 .

Plantas CAM: Estomas abiertos por la noche. Las pérdidas de agua por transpiración se reducen enormemente. También poseen reservorio de CO_2 , con lo cual también pueden cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética.

4.2.3 Métodos para la estimación de carbono

La metodología utilizada por el CEAB-UVG para estimar el carbono en ecosistemas terrestres se basa en los procedimientos para realizar un inventario forestal, los cuales fueron adaptados para estimar el total de biomasa en base al volumen de madera total (Castellanos, 2010).

Un modelo alométrico es una relación matemática entre una variable independiente y una dependiente, que tiene por objeto explicar las relaciones existentes entre los atributos y dimensiones del árbol y el peso seco de sus componentes (biomasa). La variable independiente puede ser estimada a partir de métodos destructivos (peso de componentes de individuos) o partir de parámetros biométricos estimados en campo directamente (DAP, altura)

La cuantificación de Carbono almacenado en un bosque o una especie forestal específica, se realiza a través de la estimación de biomasa, conociendo como tal a la cantidad total de materia orgánica viva de la parte aérea de las plantas, expresada como toneladas en peso seco al horno por unidad de área. Dicha estimación se puede realizar por el método destructivo que consiste en cortar los árboles y realizar las mediciones respectivas, o por el método no destructivo, el cual estima la biomasa por medio de análisis de regresión señala que lo ideal para realizar análisis de regresión es tener una muestra con 30 o más individuos (Araujo et al. 1999)

Por su parte, Segura (1997) manifiesta que luego de muchos estudios en campo y laboratorio se han generado modelos alométricos específicos para algunas especies forestales de uso comercial, los mismos que para estimar biomasa únicamente requieren de valores tomados en campo como DAP y altura del árbol y por simple aplicación del modelo se obtiene la biomasa.

Tabla 1: Ecuaciones alométricas empleadas para estimar la biomasa arriba de árboles, con $dap \geq 10$ cm, en sistemas de producción de cacao.

Especies	Modelo	R ²	Fuente
Árboles Frutales (Modelos multiespecies)	$B = 10^{((1.12+2.62*\log(dap)+0.03*\log(h_t)))}$	0.95	Andrade et al: (2008)
Árboles Maderables (<i>Cordia alliodora</i>, <i>Cedrela odorata</i>)	$B = 10^{((-0.94+1.32*\log(dap)+1.14*\log(h_t)))}$	0.96	Segura (2005)
<i>Pithecellobium</i>, <i>guachepele</i>, <i>acasia glomerata</i>, <i>croto sp</i>, <i>carica papaya</i>, <i>guarea trichiloides</i>	$B = 21.30 - 6.95 * (dap)^{0.74} * (dap)^2$	0.92	Brown & Iverson (1992)
<i>Theobroma cacao</i>	$B = 10^{((-1.625+2.63*\log(dap)))}$	0.98	Andrade et al: (2008)

B: biomasa aérea total (kg/árbol); dap: diámetro a la altura del pecho (1,30m) (cm); ht: altura total (m); Log: Logaritmo base 10; dap30: diámetro del tronco a 30cm de altura (cm)

Fuente: Andrade, 2016

Tabla 2: Descripción de los distintos depósitos de carbono

Tipo de Deposito		Descripción
Biomasa Viva	Biomasa sobre el suelo	Toda la biomasa viva que se encuentra en el suelo incluyendo troncos, tocones vivos, ramas, cascarras, semillas y hojas. Para facilitar las mediciones se evalúa por separado la biomasa aérea arbórea y la biomasa aérea no arbórea.
	Biomasa subterránea	Toda la biomasa de raíces vivas. Se excluyen raíces finas de menos de 2mm de diámetro, porque fácilmente se distinguen de la materia orgánica del suelo.
Materia orgánica muerta	Madera muerta	Toda la biomasa forestal no viva: troncos caídos, árboles muertos en pie, y tocones mayores de 10 cm de diámetro.
	Hojarasca	Toda la biomasa no viva del suelo (hojas, ramas y cascarras de frutos) en diferentes estados de descomposición. Comprende las capas de detritos y humus. Se puede establecer previamente un diámetro mínimo para diferenciar de "madera muerta" (por ejemplo 10cm).
Suelos	Materia orgánica del suelo	Comprende el carbono orgánico en los suelos minerales y orgánicos a una profundidad específica seleccionada por el proponente proyecto.
		Raíces finas vivas con diámetro menor de 2 cm.

Fuente: IPCC, 2005

Los sistemas agroforestales y su importancia en el almacenamiento y fijación de carbono

4.2.4 Tipos de SAF

Borge cito a Nair (1997) donde determina que los sistemas agroforestales (SAF) son formas de uso de la tierra que se caracterizan por contener en sus diversos componentes grandes cantidades de biomasa y abundantes acumulaciones de elementos como el carbono. Molina, (2007) un sistema agroforestal es un sistema agropecuario cuyos componentes son árboles, cultivos o animales.

Los SAF como una serie de sistemas y tecnología del uso de la tierra que aumenta su rendimiento total en las que se combinan arboles con cultivos agrícolas, pastos y animales en forma simultáneo o secuencial sobre una misma superficie de terreno en función del tiempo y espacio Anton, (1998)

La clasificación de los Sistemas Agroforestales (SAF) es necesaria para su caracterización, evaluación y mejoramiento. López y molina citó a CATIE, (2001), la complejidad de los SAF hace difícil su clasificación bajo un solo esquema. Los criterios de clasificación más frecuentes son: la estructura o función del sistema, las zonas agroecológicas donde el sistema existe o es adoptable y el escenario socioeconómico (escalas de producción y nivel de manejo del

sistema). Sin embargo, estos criterios no son independientes ni excluyentes.

Tabla 3: *Clasificación de los sistemas agroforestales*

Sistemas Agrosilviculturales	• Agricultura migratoria con manejo del barbecho. • Cultivo en plantaciones forestales y Sistema "Taungya". • Árboles para sombra de cultivos. • Árboles en parcelas de cultivo (cercas vivas, cortinas rompevientos, árboles en linderos, o árboles dispersos). • Leñosas como soportes vivos. • Huertos caseros mixtos. • Cultivo en callejones.
Sistemas Silvo-pastoriles	• Árboles o arbustos dispersos en potreros • Pastoreo en plantaciones forestales o frutales • Bancos forrajeros o bancos de proteína • Pastura en callejones
Sistemas Especiales	• Silvo-entomología (Ej. Árboles para apicultura) • Silvo-acuacultura (Ej. Árboles para Piscicultura).

Fuente: Molina, 2007

4.2.5 Importancia de los SAF en la fijación de carbono

Así mismo, el componente arbóreo maderable presente en los SAF es un recurso valioso que brinda diferentes beneficios como sombra

a cultivos y ganado, madera y leña, además de prestar servicios ambientales como la captura de carbono, protección del suelo, conservación de biodiversidad, entre otros (Borge cita a Pezo e Ibrahim 1999; Barrance et al 2003; Albertin y Nair 2004).

En principio, la capacidad de secuestrar Carbono de cualquier ecosistema terrestre depende principalmente de dos componentes: el área total de esos ecosistemas y el número de árboles por unidad de área. Los SAF pueden contener sumideros considerablemente grandes de Carbono y en algunos casos se asemejan a los encontrados en bosques secundarios. Asimismo, la cantidad de Carbono acumulada en el suelo aumenta en los sistemas agroforestales (Say, 2011)

4.2.6 Capacidad de almacenamiento de carbono en los SAF

En su estudio Cerda, Espin y Cifuentes (2013) determinaron que los SAF-cacao de Talamanca, Costa Rica registraron $122 \pm 24 \text{ t C ha}^{-1}$ de carbono total. Los compartimentos con más carbono fueron la biomasa aérea y el suelo con un 43 y 41% del carbono total, respectivamente. Todas las asimetrías de carbono por compartimento fueron positivas y la mayoría moderadamente leptokúrticas, lo que quiere decir que las medias son buenos indicadores de las tendencias centrales de estos datos. Entre los compartimentos que presentaron mayor variación en los datos están biomasa aérea, raíces gruesas y necromasa gruesa; o sea que

puede haber cacaotales que almacenan cerca de 200 t C ha⁻¹, en tanto que otros no llegan a las 75 t C ha⁻¹.

En el estudio realizado por Poroma (2011) concluyeron que la tasa de acumulación de la biomasa encima (árboles de sombra, cacao, hojarasca, necromasa fina y gruesa) y debajo del suelo (raíces finas y gruesas) fue de 3,3 Mg C ha⁻¹ año, de los cuales 1,3 Mg C ha⁻¹ año⁻¹ fueron para el dosel de sombra y cacao, 0,7 Mg C ha⁻¹ año⁻¹ a la necromasa fina y gruesa, 0,6 Mg C ha⁻¹ año⁻¹ a la hojarasca y 0,7 Mg C ha⁻¹ año⁻¹ a la tasa de fijación por las raíces finas y gruesas. El dosel y el cacao encima del suelo aportaron con el 21% y 18% del carbono total (biomasa encima y debajo del suelo). Los árboles frutales contribuyeron con el 63% del carbono total del dosel de sombra. Los árboles maderables de *Tabebuia rosea* y *Cordia alliodora* redujeron anualmente 4% de su población en clases diamétricas mayores a 31 cm. Las especies de regeneración natural menores a 10 cm de diámetro guardaron una relación directa con las especies actuales de dosel, predominando en los sistemas *Inga sp*, *Bourreria huanita* y *Cordia alliodora*.

4.2.7 Ventajas de los SAF

López y Molina (como se citó en CATIE, 2001) posibles ventajas biofísicas y económicas de los Sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo.

- Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.
- Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
- Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).
- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de material orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
- Ayudar a recuperar suelos degradados. Obtener productos adicionales: madera, frutos, leña, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad (aves migratorias y controladores biológicos).
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir las externalidades ecológicas (contaminación de acuíferos y suelos).
- Los productores pueden reducir sus gastos al satisfacer necesidades de madera, leña y alimentos.

- Madera producida reduce la necesidad de extraerla del bosque.
- Constitución de un capital tangible y estable (caso de los árboles maderables).
- Mayor estabilidad de la producción y menores riesgos (clima, mercados, plagas, etc.).
- Mayor diversidad de alimentos, incluyendo productos arbóreos que pueden mejorar la dieta familiar
- Reducción potencial de requerimientos y gastos en insumos (fertilizantes, herbicidas, etc.).
- Mejor distribución de las necesidades de mano de obra a través del año.
- Reforzamiento del derecho de la propiedad a través de siembra de árboles en linderos.
- Avance progresivo hacia prácticas conservacionistas de los recursos naturales.

4.2.8 Desventajas de los SAF

López y Molina (como se citó en CATIE, 2001) mencionan posibles desventajas biofísicas y económicas de los Sistemas Agroforestales con respecto al monocultivo, entre ellas enumeran:

- Pueden disminuir la producción de los cultivos (principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles.

- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.
- Intercepción de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo (importante en zonas secas).
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde los árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.
- Puede requerir más mano de obra. Se convierte en un factor negativo cuando la mano de obra es escasa y cara, y cuando la mecanización puede ser la mejor solución.
- Mayor complejidad puede dificultar labores de manejo.
- Resistencia a la plantación de árboles en zonas con poca disponibilidad de tierra o uso muy intensivo.
- Menor disponibilidad de crédito, asistencia técnica e incentivos gubernamentales.
- Menor conocimiento de potencialidades y manejo de los sistemas agroforestales.

4.3 Cacao como sistema agroforestal

El cultivo de Cacao en sistemas agroforestales, es una actividad productiva para esta zona, ya que las condiciones del clima son las

adecuadas y permite mantener un área en la que se cultiva y se conserva el medio ambiente, sin embargo las familias productoras que viven en estas comunidades, desconocen cómo sacarle provecho a esta ventaja que nos ha regalado la naturaleza (Alonso, 2006).

Este tipo de sistema agroforestal (SAF), se clasifica como un SAF simultánea, donde especies arbóreas (*Scheelea preussii*, *Terminalia oblonga*, *Enterolubium cyclocarpum*, *Sickingia salvadorensis*, *Triplaris melaenodendrum*, *Cybistax donnell-smithii*, *Andira inermis*, especies indicadoras del área de estudio) se encuentran asociadas con cultivos perennes (cacao) (ROMERO, 2011).

4.4 Silvopastoril como sistemas agroforestales

Un Sistema Silvopastoril es aquel uso de la tierra y tecnologías en que leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, y otros) son deliberadamente combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas (cultivos, pasturas) y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes (Young, 1987).

4.5 Biomasa

4.5.1 Biomosas aéreas

Connolly y Corea (citó a Medina, 2006) La biomasa aérea es la que conforma la estructura leñosa aérea de especies frutales, maderables y otros árboles y arbustos del sistema productivo.

Barrantes (citó a Salinas y Hernández, 2008) determinan que la biomasa aérea, refiere al peso del material vegetal de árboles sobre el suelo incluyendo, fustes, corteza, ramas y hojas y biomasa fustal, refiere al peso que corresponde a la biomasa del fuste comercial del árbol desde el tocón, hasta la primera bifurcación o inicio de la copa.

Está compuesta por los árboles, la vegetación arbustiva y la vegetación herbácea. Estos componentes de la biomasa se muestrean en parcelas de proporciones acordes a cada tipo de vegetación. Es muy importante hacer notar que el componente más importante de esta fuente son los árboles, (Romero, 2011)

4.6 Necromasa

Es la biomasa muerta sobre el suelo y de los árboles muertos en pie (UAC, 2001). El carbono almacenado en la necromasa es toda la masa vegetal muerta compuesta por pedazos de madera, leños, troncos, ramas o árboles muertos en pie (AMP) o caídos. Esta puede

incluir, además, material cosechado por animales y materia orgánica lixiviada.

4.6.1 Necromasa en las raíces

La necromasa conocida también como, la biomasa abajo del suelo hace referencia a las raíces de la vegetación del ecosistema estudiado (Romero, 2011)

4.6.2 Necromasa en el suelo

Toda la biomasa no viva del suelo (hojas, ramas y cascaras de frutos) en diferentes estados de descomposición. Comprende las capas de detritos y humus (Herrera, Valle y Orrego (Como se citó en Saldarriaga, 1994) Lo Detritos de Madera Gruesa (DMG)

4.7 Composición arbórea

4.7.1 Importancia de la composición arbórea para la fijación de carbono en los SAF

En principio, la capacidad de secuestrar Carbono de cualquier ecosistema terrestre depende principalmente de dos componentes: el área total de esos ecosistemas y el número de árboles por unidad de área. Los SAF pueden contener sumideros considerablemente grandes de Carbono y en algunos casos se asemejan a los

encontrados en bosques secundarios. Asimismo, la cantidad de Carbono acumulada en el suelo aumenta en los sistemas agroforestales (CHALAPUD, 2006).

Ortiz y Riascos (Como citó a Dixon s.f) Sistemas agroforestales pueden ser manejados para estabilizar la emisión de gases en tres maneras: 1) por el secuestro de CO₂ en las plantas y captura de Carbono y nitrógeno en la vegetación perenne y suelo a largo plazo, 2) por la producción de alimentos y fibra, lo cual ayuda a reducir la deforestación y degradación de las tierras y 3) por la producción sostenida de leña, lo cual puede contribuir en la reducción del uso de combustible fósil.

4.7.2 Ventajas de la composición arbórea

En su estudio Figueroa (2009) concluyó que las principales ventajas de la composición arbórea son:

- Mejor utilización del espacio vertical y mayor aprovechamiento de la radiación solar entre los diferentes estratos vegetales del sistema.
- Microclima más moderado (atenuación de temperaturas extremas, sombra, menor evapotranspiración y viento).
- Mayor protección contra erosión por viento y agua (menos impacto erosivo de las gotas de lluvia y escorrentía superficial).

- Mayor posibilidad de fijación de nitrógeno atmosférico mediante los árboles.
- Mantener la estructura y fertilidad del suelo: aportes de materia orgánica, mayor actividad biológica, reducción de la acidez, mayor extracción de nutrientes de los horizontes profundos del suelo (principalmente en zonas secas).
- Ayudar a recuperar suelos degradados.
- Obtener productos adicionales: madera, frutos, leñas, hojarasca, forraje, etc.
- Se puede tener mayor producción y calidad de las cosechas en ambientes marginales.
- Proveer hábitat para mayor biodiversidad.
- Reducir la diseminación y daño por plagas y enfermedades.
- Reducir externalidades ecológicas (contaminación de suelos y de acuíferos)

4.7.3 Desventajas de la composición arbórea

En su estudio Figueroa (2009) concluyó que las principales desventajas de la composición arbórea son:

- Puede disminuir la producción de los cultivos principalmente cuando se utilizan demasiados árboles (competencia) y/o especies incompatibles.
- Pérdida de nutrientes cuando la madera y otros productos forestales son cosechados y exportados fuera de la parcela.

- Interceptación de parte de la lluvia, lo que reduce la cantidad de agua que llega al suelo.
- Daños mecánicos eventuales a los cultivos asociados cuando se cosechan o se podan los árboles, o por caída de gotas de lluvia desde árboles altos.
- Los árboles pueden obstaculizar la cosecha mecánica de los cultivos.
- El microambiente puede favorecer algunas plagas y enfermedades.

4.8 Mercado de fijación de carbono

Ortiz y Riascos (Como citó a Eguren, s.f) América Latina se ha convertido en la región de países en desarrollo más activa en este mercado emergente, con alrededor de US\$210,6 millones de créditos de carbono en negociación en el marco del MDL, basada en la convicción de que este mercado puede significar una herramienta útil para promover el desarrollo sostenible de la región.

Según Ortiz y Riascos (2006) los esquemas de PSA vigentes a nivel mundial, se han desarrollado teniendo en cuenta las condiciones naturales, sociales y económicas propias de cada país y las condiciones específicas de mercado. Algunos servicios ambientales (SA) que están en discusión mundial son: la protección de biodiversidad, el almacenamiento de carbono, la protección de la belleza del paisaje natural y los servicios hidrológicos.

V. Metodología y materiales

5.1 Ubicación del estudio

Esta investigación se realizó en el laboratorio natural de la Universidad URACCAN recinto Nueva Guinea RACCS, Nicaragua, en el periodo de enero a marzo del año 2018.

El Laboratorio Natural tiene un área de 67.95 manzanas cuadradas, con áreas de agricultura, pasto natural, SAF y un área de conservación donde se ha diseñado un sendero turístico, entre las principales actividades que se realizan son con fines educativo como la realización de prácticas por alumnos de las diferentes carreras (ing. Agroforestal y Zootecnia).

5.2 Enfoque de la investigación

Es de enfoque cuantitativo por que se utilizó la recolección y análisis de datos para llegar a la conclusión de la investigación, también hace uso de la estadística para establecer con exactitud la diferencia entre los resultados de las variables en estudios.

5.3 Tipo de investigación

La investigación es descriptiva porque en ella se midieron diversas variables que describen el fenómeno en estudio a través de diversas

técnicas para calcular el volumen de carbono almacenado y es de corte transversal porque solo se estudiará un periodo del objeto de estudio.

5.4 Población y muestra

La población la constituyen 8,3 hectáreas de sistemas agroforestales, distribuidas de la siguiente manera: El sistema agroforestal de cacao ocupa un área de 2.1 ha, en la misma se utilizó un índice de muestreo del 10% de la plantación, el cual es recomendado por (Rügnitz, 2009), por el cual se realizaron 2 parcelas permanentes de muestreo (ppm) de 1056 m². Estas parcelas fueron de forma cuadrada, siendo sus dimensiones 32.5 m de largo y 32.5 m de ancho, las mismas se ubicaron en el centro de los SAF de cacao

Así mismo el sistema silvopastoril ocupa un área de 6.2 ha es la población total establecida donde se empleó un índice de muestreo del 10% del total del sistema, el cual es recomendado por (Rügnitz, 2009), por lo tanto, se establecieron 6 parcelas permanentes de muestreo (ppm) de 1056 m². Estas parcelas fueron de forma cuadrada, siendo sus dimensiones 32.5 m de largo y 32.5 m de ancho, las mismas se ubicaron en el centro de los sistemas silvopastoriles.

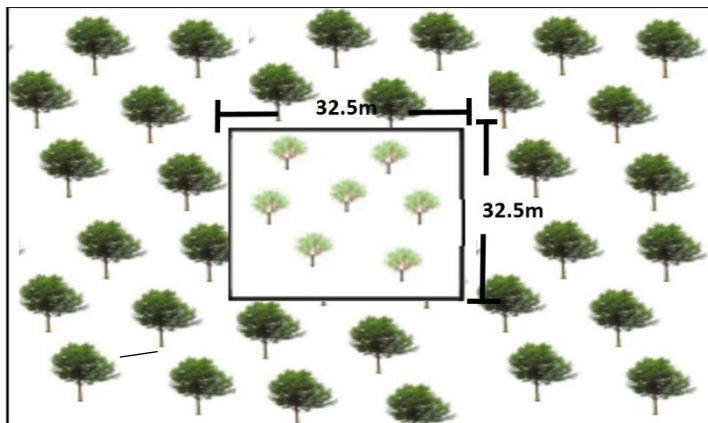


Figura 2: Diseño de parcela en los SAF para el estudio de almacenamiento de Carbono Fuente: Elaboración propia

La forma de las parcelas se realizaron de forma cuadrada, para ambos sistemas, las mismas están ubicadas de manera representativa de las condiciones del sistema en estudio. En cada parcela se muestreó el contenido de carbono en componentes de los sistemas como; biomasa aérea, necromasa, raíces etc.

5.4.1 Parcela en el sistema Silvopastoril

El sistemas Silvopastoril es dividido en 4 lotes que tienen un promedio de 0.87 ha, en estos se establecieron parcelas permanentes (PPM) y un lote que tiene aproximadamente 1.81 ha por lo que se establecieron 2 (PPM). Las muestras en el sistema Silvopastoril fueron de 1056 m², y fueron establecida en el centro de cada lote, excepto en el lote 5 donde las (PPM) se establecieron en

los dos extremos del centro. Cada parcela fue georeferenciada y cada ángulo fue marcado con varillas.

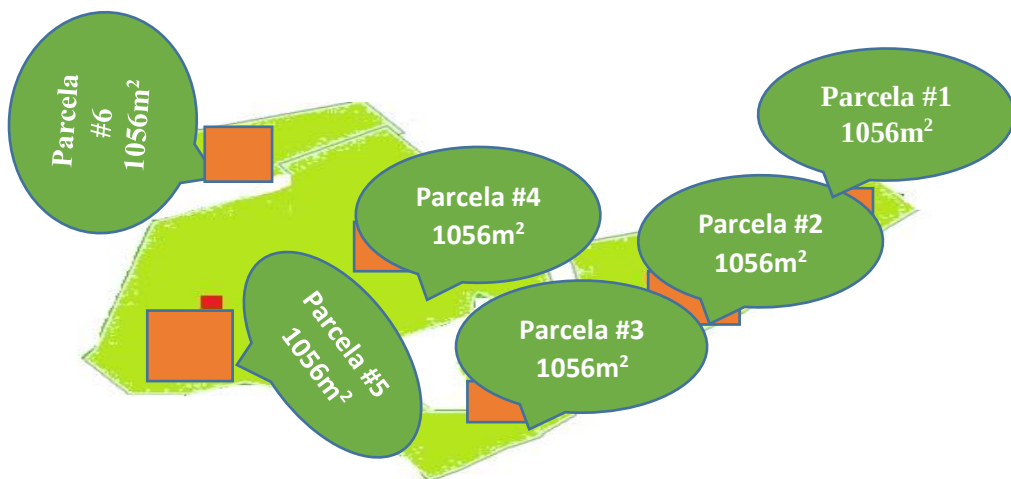


Figura 3: Diseños de parcelas en sistema silvopastoril laboratorio natural de la universidad URACCAN. Fuente: Elaboración propia.

5.4.2 Parcelas en el sistema agroforestal Cacao

El sistema de cacao está dividido en 2 lotes, donde en cada lote se estableció una (PPM). Las muestras en el sistema de cacao fueron de 1056 m², y fueron establecidas en el centro de cada lote. Cada parcela fue geo referenciada y cada ángulo fue marcado con varillas de metal.

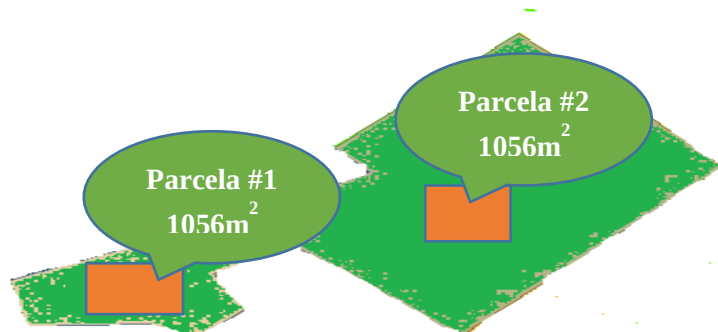


Figura 4: Diseño de parcela en SAF del laboratorio natural universidad URACCAN, Fuente: Elaboración propia

5.5 Técnicas e instrumentos

Se aplicó la técnica de inventario y recolección de datos. Para el levantamiento de datos en el inventario forestal se midieron los árboles que se encuentran en las parcelas diseñadas de cada uno de los sistemas forestales y silvopastoril, estos tienen un diámetro de 10 cm. Se utilizó el clinómetro para medir la altura total del árbol, y forcípula para medir el diámetro. Cada uno de los árboles medidos fue identificado con un código en el cual permitió tener un control en cada uno de los sistemas, el código fue puesto de acuerdo a la especie.

5.5.1 Estimación de carbono en los sistemas

Es la cantidad de carbono que se encuentra almacenado en cada uno de los sistemas en estudios. Se midieron las subvariables: Biomasa aérea, carbono almacenado en las raíces, carbono

almacenado en necromasa. Para esta actividad se utilizó la recopilación de datos y posteriormente se calculó utilizando ecuaciones alométricas, y así obtener un resultado de carbono almacenado por hectárea (C/ha).

5.5.1.1 Estimación de biomasa aérea

Biomasa aérea se refiere al peso del material vegetal de árboles sobre el suelo incluyendo, fustes, corteza, ramas y hojas y biomasa fustal, refiere al peso que corresponde a la biomasa del fuste comercial del árbol desde el tocón, hasta la primera bifurcación o inicio de la copa.

Para estimar la biomasa aérea se utilizaron las especies arbóreas con un diametro mayor a 10 cm, de acuerdo a Brown (2002) los árboles de diámetros menores contribuyen poco a la biomasa y carbono de un bosque.

El cálculo de la biomasa aérea se realizó utilizando la ecuación alométrica propuesta por Segura (1997), para especies maderables diversas, con un ajuste (R^2) del 0.98

$$B = 10^{((-1.625 + 2.63 * \log(dap)))}$$

Donde:

B: biomasa aérea total (kg/árbol)

dap: diámetro a la altura del pecho (1,30m) (cm)

ht: altura total (m)

Log: Logaritmo base 10

dap30: diámetro del tronco a 30cm de altura (cm)

Ejemplo:

$$B = 10^{((-1.625 + 2.63 * \log(0.31)))}$$

$$B = 0.0010 \text{ kg/arb}$$

5.5.1.2 Estimación de carbono en las raíces PPM

La biomasa del suelo se refiere a la biomasa de las raíces. Para la estimación de carbono en las raíces se empleó la ecuación propuesta por el IPCC (Cairns et al 1997) que es recomendada para los bosques del trópico húmedo.

$$Br = e^{(-1,0587 + 0,8836 * \ln(Ba))}$$

Dónde:

B Raíces = Biomasa de raíces (t/ha-1). |

ln = logaritmo natural.

exp = potencia base e.

Ba = biomasa aérea total en (t/ha⁻¹).

Ejemplo:

$$Br = e^{(-1,0587 + 0,8836 * \ln(0.0010))}$$

$$Br = 0.0007 \text{ t/ha}$$

5.5.1.3 Carbono almacenado en necromasa

El carbono almacenado en la necromasa es toda la masa vegetal muerta compuesta por pedazos de madera, leños, troncos, ramas o

árboles muertos en pie (AMP) o caídos. Esta puede incluir, además, material cosechado por animales y materia orgánica lixiviada. Para esto se hizo uso de ecuaciones alométricas para estimar la biomasa sobre el suelo (kg de materia seca por árbol) de acuerdo a (Rugnitz, 2009)

Para cada categoría de densidad se estima el volumen de troncos caídos por hectárea utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen (m}^3\text{/ha)} = \pi^2 \times [(D1^2 + D2^2 + \dots + Dn^2) / (8 \times L)].$$

Donde:

D1, D2,..., Dn = diámetro de cada tronco localizado en la trayectoria del transecto, en centímetros (cm).

L = largo (distancia) del transecto, en metros (m)

Cálculo de la biomasa de troncos caídos

La cantidad de biomasa de troncos caídos es calculada a partir de la multiplicación del volumen (m³/ha de todos los troncos caídos, calculado a partir del transecto) por la respectiva densidad:

$$\text{BTC} = (\text{vol1} \times \text{dens1}) + (\text{vol2} \times \text{dens2}) + \dots + (\text{voln} \times \text{densn})$$

Donde:

BTC: biomasa de troncos caídos (t MS/ha)

voln= es el volumen (m³/ha) de los troncos caídos de cada categoría calculado a partir del transecto dens1, dens2.

densn = densidad (t/m³) de cada categoría

Cálculo de la cantidad de carbono en la biomasa de troncos caídos

$$\Delta CTC = BTC * CF$$

Donde:

ΔCTC : cantidad de carbono en la biomasa de troncos caídos (t C/ha).

BTC: biomasa de troncos caídos (t MS/ha).

CF: fracción de carbono (t C /t MS).

Valor padrón del IPCC = 0.5

Cálculo del volumen de madera aprovechado

Para el cálculo del volumen aprovechado se utilizó la ecuación

$$V = \frac{\pi}{4} * Dap^2 * ht * ff$$

V= Volumen total de madera aprovechada,

Ht= altura total

Ff= factor de forma (0.7, para sp latífoliadas y 0.47 para pinos)

5.5.2 Medición de variables dasométricas en SAF y Sistema Silvopastoriles

Las Variables dasométricas evaluadas son un grupo de medidas que se ocupan para determinar la calidad del árbol y su potencial

tales como; (Diámetro Altura al Pecho; Volumen Comercial, Volumen Total, Área Basal. Para medir estas subvariables se utilizaron algunas herramientas como forcípulas, clinómetros, cintas métricas y clinómetros estas fueron medidas en campo para posteriormente procesarlas aplicando ecuaciones para saber la cantidad de carbono que almacenan los sistemas.

Volumen Total: Cantidad de madera de un árbol o masa boscosa rinde, según una unidad de medida determinada (metros cúbicos, pie tablares, pulgadas varas). Existen diversas fórmulas para determinar el volumen total. Una de las más simples y utilizadas es:

$$V_t = \frac{\pi \times d_{ap}^2 \times H_t \times f_f}{4}$$

Donde:

V_t = Volumen comercial (m^3)

D_{ap} = diámetro a la altura del pecho (m)

H_t = altura Total (m)

f_f = Factor de forma (0.70)

$$\text{Ejemplo: } V = \frac{\pi}{4} * 0.16^2 * 5 * 0.7$$

$$V = 0.07 \text{ m}^3$$

Área Basal (AB): Superficie del área proyectada en metros cuadrados que ocupa un árbol a la altura del pecho. Para un árbol

individual se denomina AB. Para calcular el área basal utilizaremos la siguiente formula.

$$AB = \frac{Dap^2 * \pi}{4}$$

Donde:

Dap= diámetro a la altura del pecho (m²)

$$AB = \frac{0.22^2 * \pi}{4}$$

$$AB=0.03m^2$$

Altura Total: Distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal más alta de un árbol. Para esto se utilizó un clinómetro.

5.5.3 Identificación de especies SAF y Sistema Silvopastoril:

Es identificar la cantidad de especies diferentes que se encuentran en el área en estudio, también cuantos árboles de cada especie se encuentran y en qué estado, para medir esto se hizo uso del inventario forestal para recopilar datos en las parcelas de muestreo y posteriormente extrapolarlas a la cantidad de terreno en estudio.

5.6 tabla 1. Operacionalización de variable

Variable	Sud variable	Definición	Indicadores	Fuente	Técnica
Medición de variables dasométricas en SAF y Sistema Silvopastoriles	Diámetro altura al pecho (Dap)	Es la operación más sencilla de la medición forestal en árboles en pie y que la altura normal del diámetro representativo del árbol es 1.3 m desde el nivel del suelo medido sobre la pendiente, también se denomina diámetro de altura al pecho.	>5 cm	Árboles mayores de 5 cm de(DAP)	Medición directa
	Altura Total		Metro	Que sean arboles mayores de 5 cm de (DAP)	Medición directa
	Altura Comercial		Metro	arboles mayores de 5 cm de (DAP)	Medición directa
	Área basal	Es la distancia tomada verticalmente desde el nivel del suelo hasta la primera rama del árbol. Es el área proyectada en metros cuadrados que ocupa un árbol.	M ² /ha	Sistema Que sean arboles mayores de 5 cm de (DAP)	Ecuación de área basal
	Volumen total de madera	Es el total de madera que se encuentra en un sistema y bosque	M ³ /ha	Sistema Arboles mayores de 5 cm de (DAP)	Inventario y ecuaciones
	Volumen de madera aprovechada	Son todas las especies aprovechadas en diferentes usos.	m ³ /ha	Sistema. Todas las especies que han sido	Ecuación de cálculos de madera

				aprovechadas	
Identificación de especies SAF y Sistema Silvopastoriles	Diversidad de especies en SAF y Sistema Silvopastoril	Son todas las especies encontradas en el sistema.	Nombre de especies encontradas	Sistema Que sean árboles mayores de 5cm de (DAP)	Inventario forestal
	Densidad de árboles		Arboles por ha	Sistema Que sean árboles frutales o maderables	Inventario forestal
	Uso de las especies	Principal importancia que tiene un árbol	Uso de cada uno de las especies	Árboles de encontrados en el sistema	Inventario forestal
Carbono almacenado en la los sistemas	Biomasa aérea	Es el carbono encontrado en todas las parte del árbol y materia orgánica en el suelo	t/ha	Sistema	Recolección de datos
	Carbono almacenado en necromasa		t/ha	Sistema	Recolección de datos más ecuación
	Carbono almacenado en las raíces		t/ha	Sistema	Recolección de datos más ecuación.

5.7 Procesamiento y análisis de la información

La información obtenida de campo, se procedió a aplicar los modelos generales, específicos, tablas de rendimientos y cálculos de las especies vegetales encontradas en los sistemas.

Para el procesamiento de la información y análisis de la información obtenida, esta fue procesada con el Microsoft Excel, los resultados se presenta por medio de tablas y gráficos con su debido análisis.

5.8 Materiales utilizados

- Libreta de campo
- Cinta diamétrica
- Forcípula
- Machete
- Clinómetro

VI. Resultado y discusión

6.1 Medición de variables dasométricas en SAF y Sistema Silvopastoriles

6.1.1 Área basal por sistema

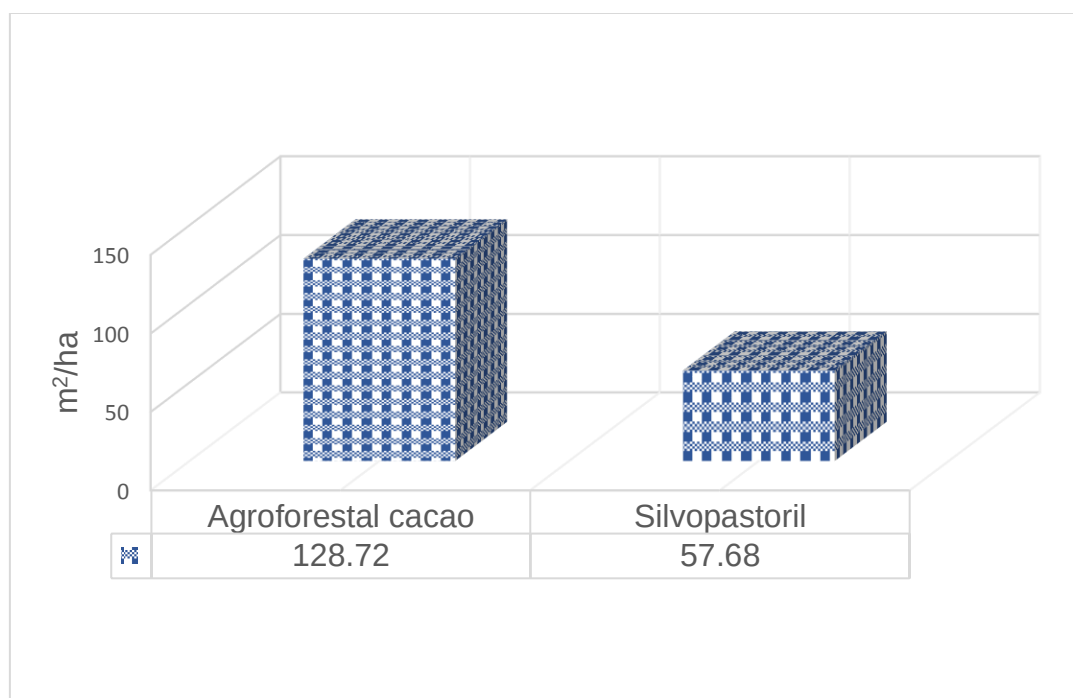


Gráfico 1: Área basal por sistema

El área basal es importante porque nos damos cuenta el espacio que ocupa un árbol en campo, en este caso los árboles en el sistema agroforestal de cacao ocupan un área de 13.593 m²/ha. Y en el sistema silvopastoril ocupan un área de 6.092 m²/ha diferencia es

por la cantidad de árboles que se encuentran presentes en cada sistema como se puede observar en la gráfica (4).

El área basal encontrado en el estudio es muy alto comparado con el estudio por Suárez (2001) en SAF de Talamanca (3,5 y 2,7 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ para cacaotales y bananales respectivamente), pero está en el rango obtenido por Ford (1979) de 15,5- 12,8 $\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$ en SAF de café en Tabarcia.

6.1.2. Volumen total de madera encontrada por sistema

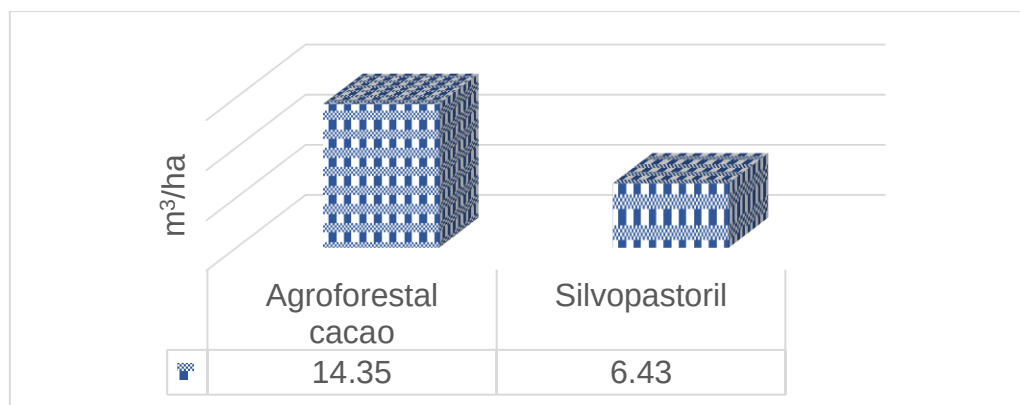


Gráfico 2: Volumen total de madera por sistema

En la gráfica 5 representamos el volumen total por sistema en m^3 , datos procesados a partir del inventario forestal levantado en campo, donde el sistema agroforestal de cacao tienen una representación de 14.35m^3 y el silvopastoril presenta un 6.43m^3 , como se representan en las gráfica.

Nuestro resultado obtenido y comparado con estudios realizados se encuentra dentro de los rangos obtenidos en SAF de pasturas por Beer et al (1981) en Turrialba, Costa Rica (42-60 m³ ha⁻¹) y Rosero y Gewald (1979) en la zona de Cahuita (38,9-150 m³ ha⁻¹).

6.1.3. Volumen de madera aprovechada por sistema en la finca

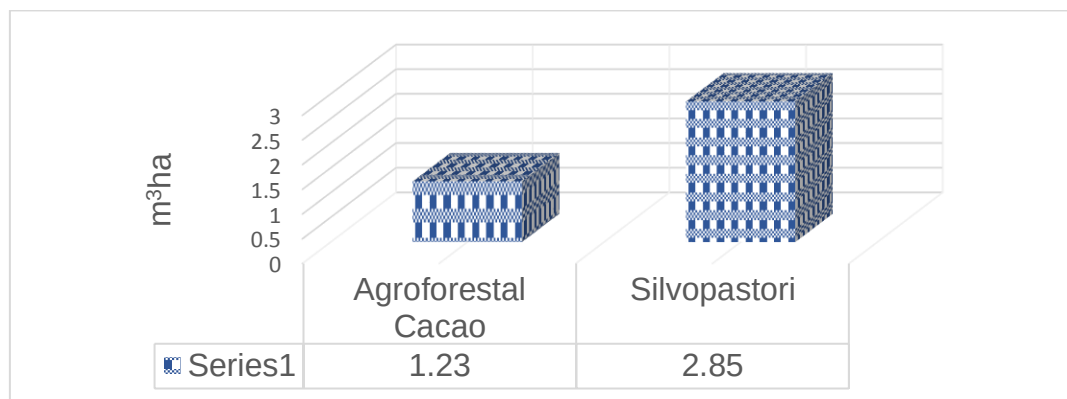


Gráfico 3: Volumen total de la madera aprovechada por sistemas

Según los datos levantados en campo y procesados podemos determinar en el grafico número 6, el volumen total de madera aprovechada por ambos sistemas silvopastoril y agroforestal cacao, en el cual en el sistema silvopastoril se calculó que se aprovechado 11.96 m³ de madera, mientras que en el sistema agroforestal de cacao se ha aprovechado 0.44 m³ de madera.

6.2. Identificación de especies SAF y Sistema Silvopastoriles

6.2.1. Caracterización del componente arbóreo en los sistemas agroforestales y silvopastoriles

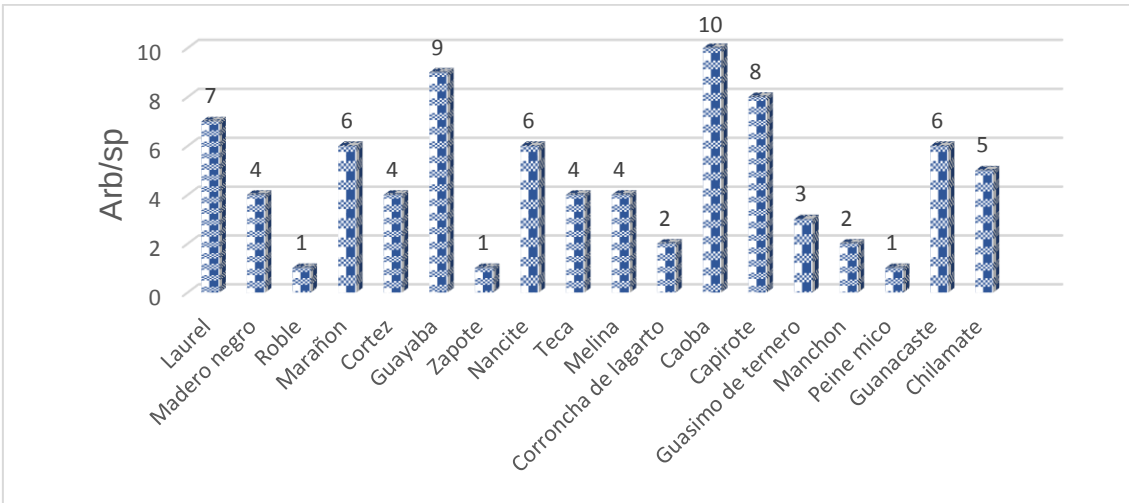
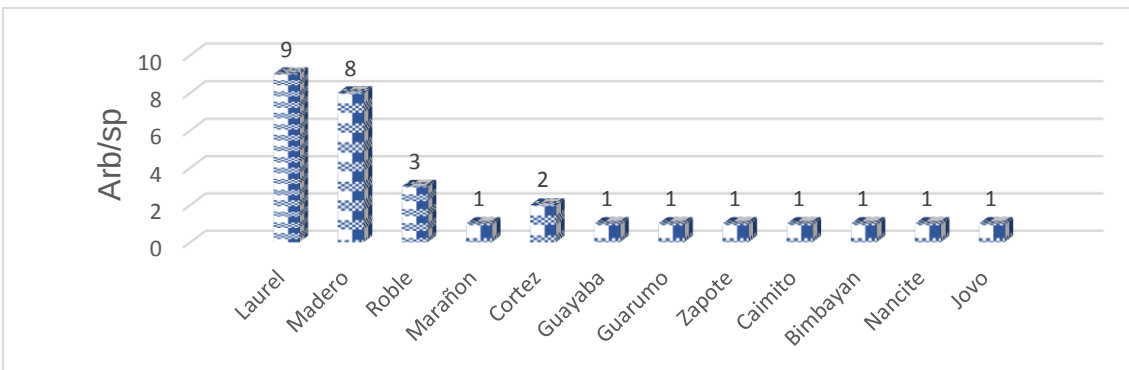


Gráfico 4: Diversidad arbórea sistema silvopastoril



Gráfica 5: Diversidad arbórea en SAF cacao

En el gráfico 7 se presenta la diversidad de especies de árboles que se encuentran en el sistema silvopastoril, como puede observarse las especies predominantes son caoba, guayaba y laurel, y en menor medida el capirote, Guanacaste y Chilamate.

En la gráfica 8 se encuentran representados la diversidad de árboles que en el sistema Agroforestal-Cacao. Como podemos observar las especies predominantes en este sistema son laurel y madero negro, y en menor medida el roble y el cortez.

En el sistema silvopastoril hay mayor presencia de especies arbóreas que en el SAF-Cacao. Y entre la especie más común encontrada el área de estudio es el laurel (***Cordia Alliodora***) especies que se encuentra de manera dispersa en ambos sistemas.

Según Davila (2011) Las especies leñosas tienen una gran capacidad de incorporar a sus tejidos el carbono capturado de la atmósfera y entre más abundancias de especies en un sistema, mas carbono almacenan.

6.2.2 Densidad arbórea de los sistemas.

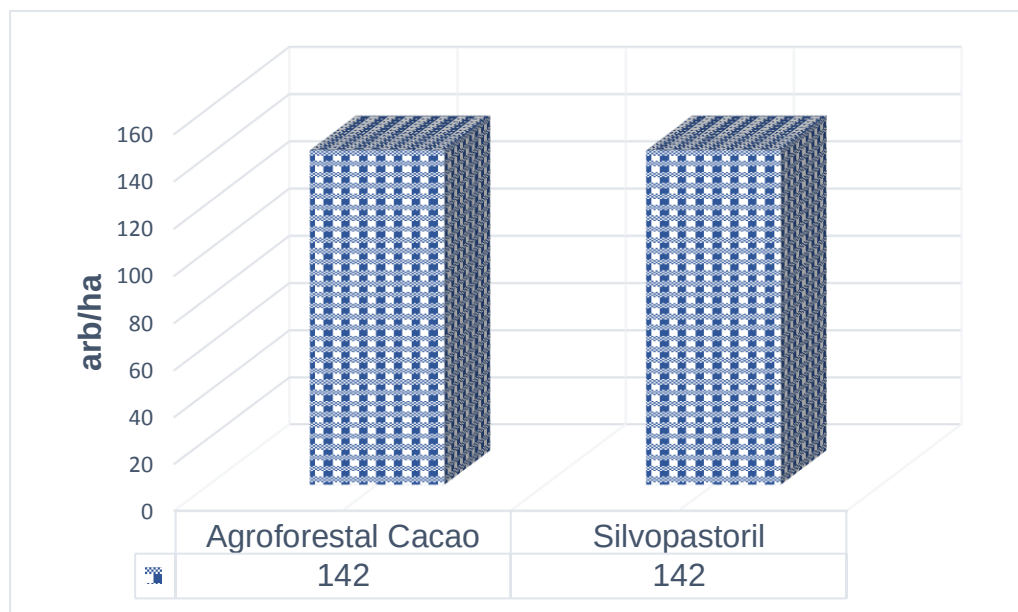


Gráfico 6: Densidad arbórea por sistema

Los resultados obtenidos en este estudio a partir de superficie muestreada, la densidad de árb/ha en ambos sistemas es la misma utilizando un marco de plantación 8.5*8.5 dependiendo de la especie a utilizar si es para sombra o para forraje, cerca vivas etc. Lo que indica que las fisionomías de estas comunidades vegetales están definidas por un número reducido de especies de todo el conjunto que la conforma.

Las densidades arbóreas de los sistemas del laboratorio natural de la universidad URACCAN comparado con otros estudios como el de Somarriba & Beer (1987) y Camargo (1999) reportan densidades

superiores en diferentes SAF en un rango de 78 a 305 árboles ha. Las densidades de cedro amargo son superiores a las obtenidas por Suárez (2001) en SAF de Talamanca quien reportó 1,6 y 3,0 árboles ha-1 en cacaotales y bananales respectivamente, aunque continúan siendo muy bajas, podemos determinar según los cálculos que es mayor con 142 arb/ha.

6.2.3 Uso de los árboles

En la presente tabla 2 se pueden identificar las diferentes especies que se encuentran en ambos sistemas y los diferentes usos que estos tienen ya que proporcionan leña, madera, otros son utilizados como medicina etc. A la vez podemos determinar que el mayor uso que esto tienen es para leña, poste, construcción y muebles

De la gran variedad de especies que se encuentran en el bosque tropical húmedo en la actualidad, solamente unas 25 son de alto interés comercial, debido al poco desarrollo del mercado y por ende de la industria forestal. Se puede encontrar unas 100 especies potencialmente maderables pero que aún son de bajo interés comercial. INAFOR-MARENA, (2002)

Tabla 2: Usos se las especies encontradas en los sistemas agroforestales y silvopastoril

Diversidad arbórea			Usos							
Nombre común	Nombre científico	Familia	Medicin	Leña	Consum	Consum	Constru	Postes	Muebles	Cercas
Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	Malvaceae		+	+	+				
Laurel	<i>Cordia Alliodora</i>	Boraginaceae		+			+	+	+	
Madero Negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae		+	+		+	+	+	+
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	+	+			+	+	+	+
Marañon	<i>Anacardium occidentale</i>	Anacardiaceae	+	+		+				
Cortez	<i>Tabebuia ochracea</i>	Bignoniaceae		+			+	+	+	
Guayaba de montaña	<i>Terminalia oblonga</i>	Combretaceae	+	+	+	+	+	+		
Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	Urticaceae		+						
Zapote	<i>Licania platypus</i>	Chrysobalanaceae	+	+		+	+		+	
Caimito	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Sapotaceae	+	+	+	+	+	+	+	
Bimbayan	<i>Vitex gaumeri greenm</i>	Verbenaceae		+			+	+	+	
Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Malpighiaceae	+	+		+	+	+	+	
Jovo	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae	+		+					+
Melina	<i>Gmelina arborea Roxb.</i>	Verbenaceae.	+	+			+	+	+	
Corroncha de lagarto	<i>Gyrocarpus americanus</i>	Hernandiaceae		+			+		+	
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae		+			+	+	+	
Teca	<i>Tectona grandis</i> Familia:	Verbenaceae	+	+			+	+	+	
Capirote	<i>Miconia argétea</i>	Melastomataceae		+				+		
Manchon				+			+	+	+	
Leche María	<i>Calophyllum brasiliensis</i> <i>Cambess</i>	Clusiaceae.	+	+	+		+	+	+	
Peine mico				+					+	

Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Leguminosae Mimosoideae	+	+	+		+	+	+	
Guácimo de Ternero	<i>Guazuma ulmifolia Lam</i>	Sterculiaceae	+	+	+				+	

6.3. Carbono almacenado en la los sistemas

6.3.1 Carbono almacenado en biomasa área por sistema

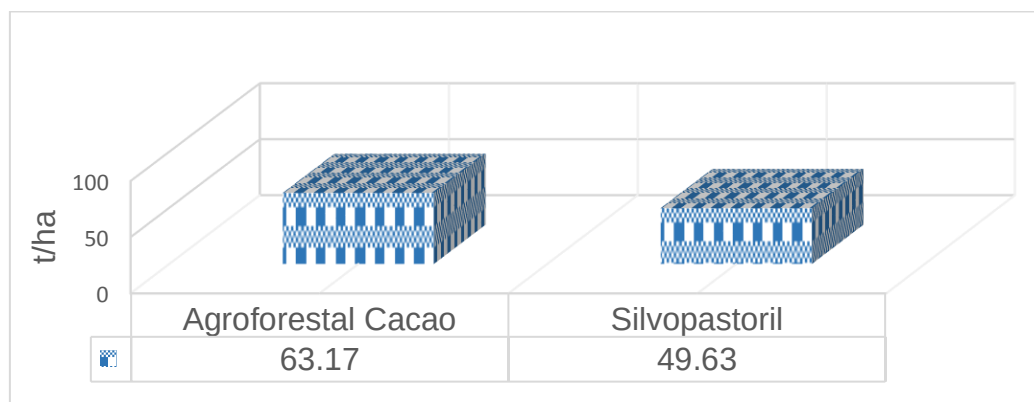


Grafico 7: Carbono almacenado biomasa aérea por sistema

Según Davila, (2011) el suelo y la biomasa aérea se consideran los componentes más importantes para la estimación de carbono en SAF de cacao, ya que en conjunto acumulan un 87% del carbono total (41% y 46% respectivamente), el restante 13% de carbono se encuentra fijado en las raíces, hojarasca y necromasa.

En este estudio según el grafico 10 determinamos que el carbono almacenado en la biomasa aérea del SAF Cacao fue de 63.17 t/ha,

registrando mayor cantidad de biomasa que el sistema silvopastoril y con mayor vigorosidad en el sistema. Con estos datos se pudo determinar que el número de árboles por especie influye mucho.

6.3.2 Carbono almacenado en la necromasa de los sistemas agroforestales y silvopastoril

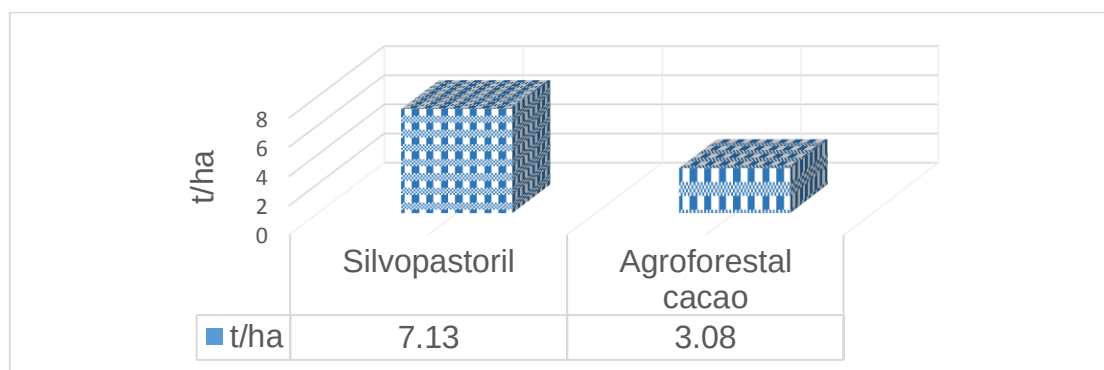


Gráfico 8: Carbono almacenado en necromasa

El estudio presenta que el sistema silvopastoril almacena más carbono en la necromasa con un promedio de 7.13 t/ha, el cual tiene un aporte significativo y más alto que el SAF-Cacao que tan solo se encuentra 3.08 t/ha, considerando que en el SAF-Cacao es donde logramos presenciar la menor cantidad de residuos de madera. Klinge (1975) en su estudio determinó que en algunos bosques la necromasa total fue de 18.2 tC/ha y por otro lado en bosques secos en transición 33.3 tC/ha, con esto podemos determinar que los sistemas encontrados en el laboratorio natural en el aporte de carbono por medio de la necromasa es baja comparado a los

estudios realizados por, Dalaney, (1998) que en la zona del trópico húmedo se almacena 42.3 tC/ha

6.3.3. Carbono almacenado en la raíces de los sistemas agroforestales y silvopastoril

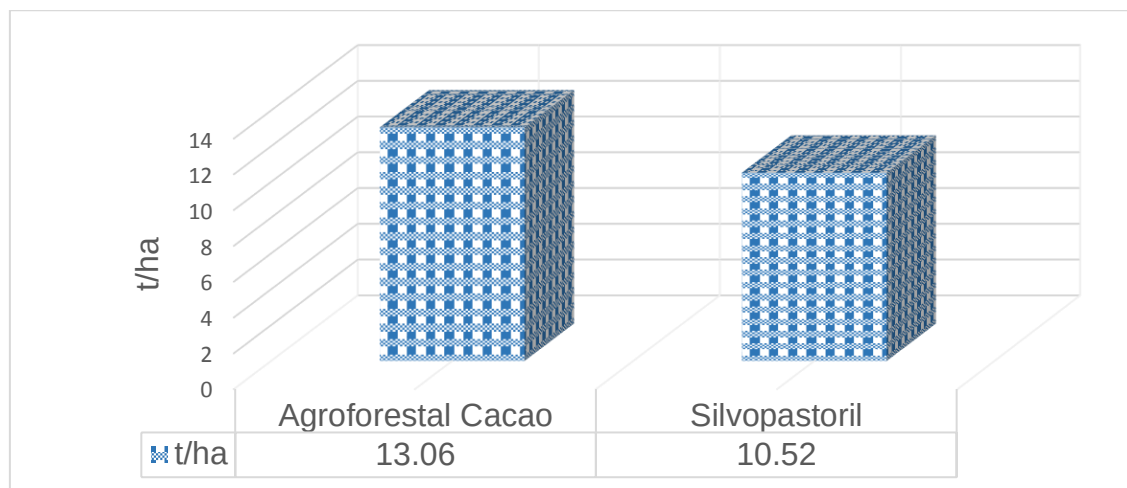


Gráfico 9: Carbono almacenado en las raíces

El total de carbono almacenado en las raíces en los sistemas muestra que el sistema agroforestal cacao almacena 13.0645 t/ha, mientras que los sistemas silvopastoril almacena 10.526 t/ha, esto se debe a la diferencia de árboles encontrado por sistema.

En el estudio realizado por Cardenas (2012) muestra un incremento en el almacenamiento de carbono en las raíces en las fincas Berlín, Cartagena y La Arenosa en comparación con la producción con el estudio que realizó en octubre de 2009, en las cinco fincas

ganaderas la productividad en carbono en las raíces por lotes tradicionales estuvo entre 14 y 65 t/ha, y en el lote experimental estuvo entre 12,3 y 14,9 t/ha en octubre de 2009; mientras que en enero de 2011 la productividad en materia seca estuvo entre 16,4 y 17,5 en el lote tradicional y en el lote experimental estuvo entre 18 y 19,7 t/ha. Con los resultados obtenidos en el laboratorio natural y en comparación a este estudio determinamos que tienen similitud a este estudio.

6.3.4. Carbono total almacenado en los sistemas agroforestales y silvopastoril

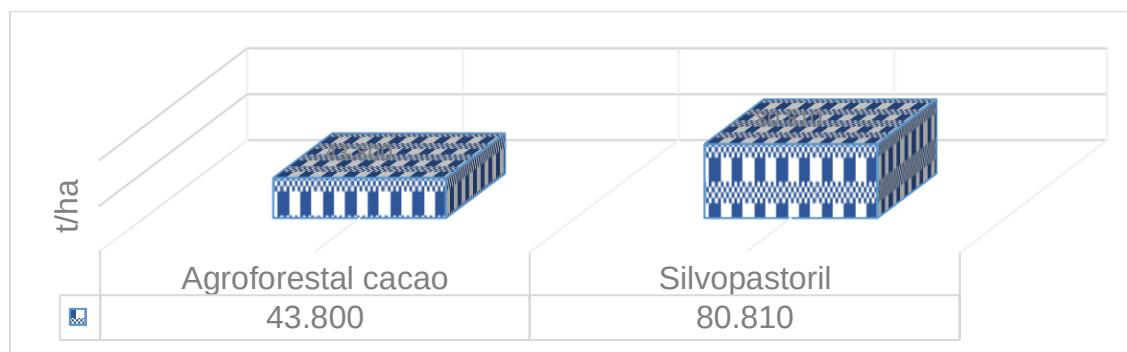


Gráfico 10: Carbono total almacenado por sistemas

Con nuestros resultados grafico 14, determinamos que el componente SAF-cacao almacena en menor cantidad de C t/ha que los sistemas silvopastoriles en laboratorio natura. Los SAF-cacao del laboratorio en promedio fija en total de carbono a razón de 43.80 t C/ha y 80.81 t C/ha los sistema silvopastoril.

Se encontró un estudio en Camerún donde se midió el carbono a la misma profundidad que en este estudio y se registró una menor cantidad, 43 t C ha⁻¹ contra las 49 t C ha⁻¹ de este estudio (Gockowski y Sonwa 2011) y en otro estudio. Segura (2005) reportaron que los cacaotales en lomas almacenaron en promedio un total de 132,8 t C ha⁻¹ y en valle 112,5 t C ha⁻¹. Según Arce et al. (2008) en la biomasa aérea de los SAF-cacao de loma se encontraron 41 t C ha⁻¹ y en valle 32 t C ha⁻¹. Sin embargo, es importante dejar en claro que para determinar las cantidades de carbono almacenado, con relación a este estudio determinamos que los sistemas del laboratorio se encuentran en una categoría similar o parecida a otros realizados en zonas del trópico húmedo

Con estos resultados y con las diferentes variables se acepta la hipótesis alternativa, porque el sistema que presenta mayor cantidad de carbono almacenado es el silvopastoril.

VII. Conclusiones

Al analizar los resultados obtenidos en el estudio sobre el Carbono almacenado en los sistemas productivos del laboratorio natural de URACCAN, Nueva Guinea, 2017; deducimos las siguientes conclusiones:

1. La diversidad arbórea encontrada en ambos sistemas es alta, en el sistema silvopastoril hay una mayor riqueza de especies que sobresale en toda el área de estudio es el laurel (***Cordia Alliodora***) siendo una especie que se encuentra de manera dispersa en ambos sistemas, por ser ampliamente utilizada en diversos usos como madera, leña y postes.
2. Las especies encontradas en ambos sistemas presentan diferentes usos entre los que sobre salen el uso para muebles, postes y leña. La densidad encontrada para ambos sistemas es de 142 árboles por ha, la cual se considera alta, considerando que se requiere que haya suficiente luz para el crecimiento de los cultivos.
3. El sistema con mayor volumen total de madera fue el sistema agroforestal ya que presentó 14.35 m³ y el sistema silvopastoril 6,43 m³, esto porque el sistema agroforestal presenta mayor cantidad de árboles ya que el cultivo está

compuesto por una plantación de cacao de aproximadamente 5 años.

4. El volumen aprovechado es la cantidad de madera que se ha extraído de los sistemas para diferentes usos, donde del sistema agroforestal se ha extraído 0.44m^3 y del sistema silvopastoril 11.96m^3 .
5. Con los resultados obtenidos en el estudio y con las diferentes variables se acepta la hipótesis alternativa, porque el sistema que presenta mayor cantidad de carbono almacenado es el silvopastoril con 80.810 tc/ha , y el sistema agroforestal solo 43.800 tc/ha ya que el sistema silvopastoril presenta una mayor cantidad de carbono en necromasa, además la diferencia no es tan significativa, cabe recalcar que ninguno de los sistemas son manejados prácticas que se recomiendan.

VIII. Recomendaciones

1. Realizar prácticas de manejo en ambos sistemas, para que haya mejor uniformidad en los datos a recolectar, para futuras investigaciones que involucre ambos sistemas.
2. Aprovechar los inventarios forestales de este estudio para realizar estimaciones de carbono a bajo costo.
3. Al hacer intervenciones de aprovechamiento de las especies, se recomienda hacer tala dirigida, para evitar daños severos en el sistema, además debe de considerarse la condición fitosanitaria de los individuos a aprovechar.
4. Realizar programa de podas e incluirlo al cronograma de actividades del manejo cada año al sistema de cacao bajo sombra, usando herramientas adecuadas (afiladas).
5. Realizar estudios financiero económico sobre el carbono almacenado en el Laboratorio Natura.

IX. Referencia

- Alonso, M. N. (2006). Cultivo de cacao en sistema agroforestales. El Castillo, Río San Juan, Nicaragua.: 1 ed.
- Andrade, J. (2016). Fijación de carbono atmosférico en la biomasa total de sistemas de producción de cacao en el departamento del Tolima, Colombia. Tolima, Colombia: 2.
- Anguiano, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvipastoril de cocos nucíferas, *Leucaena Leucocephala* Var. *Cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. Nayarit Mexico: (I): 149-160.
- Aristizábal, J; Guerra, A. (2002). Estimación de la tasa de fijación de carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero *Cordia alliodora*-cacao *Theobroma cacao*-plátano *Musa paradisíaca*. Tesis de grado (Ingeniero Forestal). Bogotá, Colombia, Universidad Distrital de Bogotá. 108 p.
- Aristizabal, H. O. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. 1ed. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>
- Barrantes, D. J. (2016). Cuantificación de carbono almacenado en árboles de sombra en tres lotes en un sistema de café, en el Centro Experimental ICIDRI – Masatepe, UPOLI. Managua, Nicaragua: 1ed.

Borge, W. A. (2008). Producción e incrementos de madera y carbono de laurel (*Cordia alliodora*) y cedro amargo (*Cedrela odorata* L.) de regeneración natural en cacaotales y bananales indígenas de Talamanca, Costa Rica . Turrialba, Costa Rica: 1ed.

Brown, S., Gillespie, A. y Lugo, A. (1989). Biomass estimation methods for tropical forest with applications to forest inventory data. *Forest Science*, 35 (4), 881-902.

CACAONICA. (2011). Estrategias de reducción de la huella de carbono en la producción del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la cooperativa CACAONICA en Waslala, Nicaragua. Waslala1ed.

Araujo et al, (1999) Ecuaciones para estimar Biomasa, Volumen y Crecimiento en Biomasa y Captura de Carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipcco del nordeste de México. Linares. Nuevo León, México

Castellano, C. Y. (2010). Metodología para la Estimación del Contenido de Carbono en Bosques y Sistemas Agroforestales en Guatemala. Guatemala: CARE.

CEBAS, C. S. (s,f). Investigacion sobre la absorción de co2 por los cultivos más representativos de la región de murcia. Murcia: 1ed.

CHALAPUD, A. M. (2006). Almacenamiento y fijacion de carbono del sistema agroforestal cacao *theobroma cacao* l y laurel *cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) oken en la reserva indígena de talamanca, Costa Rica. San Juan de pasto.

Cuadra , (2014). Estandarizacion de unidades de medidas y cálculo de volúmenes de madera. 1ed. Managua.

Cotta, (2006). Análise econômica do consórcio seringueira-cacau para geração de certificados de emissões reduzidas. Revista Árvore 30(6): 969-979

Davila. (2011) Estimación de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao L.*), en los departamentos de Suchitepquez y Retalhuleu del sur-occidente de Guatemala. Guatemala

Eduardo Somarriba, A. S. (2008). Aprovechamiento y rendimiento maderable y carbono perdido en los residuos de *Cordia alliodora* de regeneración natural en cacaotales (*Theobroma Cacao*) y Bananales (*Musa AAA cv. Gros Michel*) de Talamanca, Costa Rica . Talamanca, Costa Rica: Agroforestería en las Américas N°46

FAO, O. d. (2009). Guía para la descripción de suelos . Roma: 4 edición.

Figuerola, P. (2009). Sistemas agroforestales. Huehuetán, Chiapas México.

Galicia, (2015) Biomasa aérea, biomasa subterránea y necromasa en una cronosecuencia de bosques templados con aprovechamiento forestal, 3ed Mexico

Gama Rodrigues, (2010). Carbon storage in soil size fractions under two cacao agroforestry systems in Bahia, Brazil. Environmental Management 45: 274-283.

Gracia. (S, f). Ecología forestal. 1ed.

Herrera, J. I. (2001). Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques tropicales primarios y secundarios de Colombia. Medellín, Colombia.

Hudiel, S. N. (2012). Tipos de suelos en Nicaragua, química y formación de suelos. Managua.

IDEAM, (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. 1

Instituto de Hidrología, M. y.-I. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. 1ed.

INAFOR/MARENA, 2002) Guía de Especies Forestales de Nicaragua/Orgut Consulting AB, 1Ed, Managua, Nicaragua.

Molina, M. M. (2007). Sistemas Agroforestales. Managua, Nicaragua: 1ed.

Ortiz, et, (2006) Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *theobroma cacao* y laurel *cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. 1ed.

Paromo, D. (2009-2011). Estrategias de reducción de la huella de carbono en la producción del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) para la cooperativa CACAONICA en Waslala, Nicaragua. Waslala: 1ed.

Perez, E, et al, (2005). Potencial de plantación y fijación de carbono. Tomo II. MAGFOR-PROFOR, pp15

Poveda, L. o. (2013). Almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao en Waslala, nicaragua. Waslala: N°49.

Programme, I. N. (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Japan : ISBN 4-88788-003-0.

Quiceno (2016) Estimación del contenido de biomasa, fijación de carbono y servicios ambientales, en un área de bosque primario en el resguardo indígena piapoco Chigüiro-Chátare de Barrancominas, departamento del Guainía (Colombia) DOI: 10.17151/luaz.2016.43.9

ROMERO, H. A. (2011). estimacion de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (theobroma cacao L.), en los departamentos de suchitepquez y retalhuleu del sur-occidente de guatemala. Guatemala: ed.

Rügnitz, M. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Peru: 11.

Say, L. G. (2011). Estimacion de la cantidad de carbono almacenado en los sistemas agroforestales de cacao (theobroma cacao L.), en los departamentos de Suchitepquez y Retalhuleu del sur-occidente de Guatemala. Guatemala: 1ed.

Siu, R. Y. (2017). Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en sistema agroforestal y forestales en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua. Managua, Nicaragua: 1 ed.

Tito Anton, J. E. (1998). Manejo agronomico de sistemas de produccion agropecuario. Managua, Nicaragua: 1ed.

UAC, (2001). Estimacion de la Biomasa y carbono en el bosque del tipo forestal siempreverde. Chile: 1ed.

Young, A. (1987). Soil productivity, soil conservation and land evaluation. Agroforestry Systems, 5:277-291.

X. Anexo

Anexo 1 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea									
Sistema: Agroforestal Cacao PARCEL # 1									
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018									
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018									
N°	Especie	Alt.(mt) Total	Altura comer cial	DAP (cm)	Factor de Forma	Volum en total	Biomasa Kg/arb/año	Area Basal M2	Carbono
1	Cacao	4	1.21	0,1	0,7	0,022	0,0038548	0,008	
2	Cacao	5	0.80	0,11	0,7	0,033	0,0041558	0,010	
3	Cacao	6	1	0,1	0,7	0,033	0,0038548	0,008	
4	Cacao	7	1	0,1	0,7	0,038	0,0038548	0,008	
5	Cacao	6	1.60	0,11	0,7	0,040	0,0041558	0,010	
6	Cacao	7	1.30	0,11	0,7	0,047	0,0041558	0,010	
7	Cacao	6	0.80	0,11	0,7	0,040	0,0041558	0,010	
8	Roble	10	4	0,23	0,7	0,291	0,1823593	0,042	
9	Cacao	5	1.10	0,1	0,7	0,027	0,0000556	0,008	
10	Cacao	6	1.20	0,1	0,7	0,033	0,0000556	0,008	
11	Zapote	8	0.70	0,1	0,7	0,044	0,0588197	0,008	
12	Roble	9	3	0,21	0,7	0,218	0,1791290	0,035	
13	Cacao	6	1.40	0,17	0,7	0,095	0,0002244	0,023	
14	Cacao	6	1.45	0,13	0,7	0,056	0,0001108	0,013	
15	nancite	16	2	0,37	0,7	1,204	0,7289925	0,108	
16	Cacao	4	0.90	0,11	0,7	0,027	0,0000714	0,010	
17	Cacao	5	1	0,11	0,7	0,033	0,0000714	0,010	
18	Guayaba	11	3	0,13	0,7	0,102	0,0675730	0,013	

19	Guarumo	18	6	0,16	0,7	0,253	0,1181551	0,020	
20	Caimito	9	2	0,12	0,7	0,071	0,0544606	0,011	
22	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
23	cacao	2	1,1	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
24	cacao	3	1	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
26	cacao	2	1,15	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
27	cacao	2	1	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
28	cacao	2	1,23	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
30	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
31	cacao	4	1	0,05	0,7	0,005	0,0000090	0,002	
32	cacao	4	1,56	0,05	0,7	0,005	0,0000090	0,002	
33	cacao	3	1	0,05	0,7	0,004	0,0000090	0,002	
35	cacao	2	1,27	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
36	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
37	cacao	4	1	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
39	cacao	4	1,67	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
40	cacao	3	1	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
41	cacao	2	1,54	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
43	cacao	3	1	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
44	cacao	4	1	0,06	0,7	0,008	0,0000145	0,003	
45	cacao	4	1,56	0,06	0,7	0,008	0,0000145	0,003	
46	cacao	2	1	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
48	cacao	3	1	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
49	cacao	3	1,47	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
50	cacao	2	1	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
52	cacao	4	1,23	0,06	0,7	0,008	0,0000145	0,003	
53	cacao	2	1	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
54	cacao	3	1	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
56	cacao	2	0,5	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
57	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
58	cacao	4	1,23	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	

59	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
61	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
62	cacao	2	1,87	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
63	cacao	3	0,5	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
65	cacao	3	0,5	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
66	cacao	3	0,98	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
67	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
69	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
70	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
71	cacao	4	0,78	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
72	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
74	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
75	cacao	3	0,6	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
76	cacao	2	0,5	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
78	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
79	cacao	2	1,76	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
80	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
82	cacao	3	0,87	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
83	cacao	3	0,7	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
84	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
85	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
87	cacao	2	1,2	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
88	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
89	cacao	2	0,9	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
91	cacao	2	0,5	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
92	cacao	3	1,2	0,05	0,7	0,004	0,0000090	0,002	
93	cacao	3	1,2	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
95	cacao	3	1,3	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
96	cacao	3	1,35	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
97	cacao	4	1,2	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
98	cacao	4	1,23	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	

100	cacao	4	1,2	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
101	cacao	2	1,45	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
102	cacao	3	1,2	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
104	cacao	2	1,45	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
105	cacao	3	1,2	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
106	cacao	4	1,2	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
108	cacao	2	1,3	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
109	cacao	4	1,2	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
110	cacao	3	1,2	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
111	cacao	3	1,37	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
113	cacao	2	1,2	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
114	cacao	4	1,45	0,05	0,7	0,005	0,0000090	0,002	
115	cacao	2	0,8	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
117	cacao	3	0,9	0,05	0,7	0,004	0,0000090	0,002	
118	cacao	4	0,56	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
119	cacao	2	1	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
121	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
122	cacao	2	1,2	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
123	cacao	4	1,23	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
124	cacao	4	1,4	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
Total Parcela						3,439	1,420	0,718	
Total /Ha						32,56	13,451		3,448

Anexo 2 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea									
Sistema: Agroforestal Cacao PARCEL # 1									
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018									
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018									
N°	Especie	Alt.(mts) Total	Alt,com	DAP (cm)	f.f	Vol. total M3	Biomasa Kg/arb/año	Area Basal	C.t/ha
1	Laure l	17	2	0,31	0,7	0,898	0,6184566	0,075	
2	Cacao	4	0,7	0,1	0,7	0,022	0,0000556	0,008	
3	Laure l	12	2	0,14	0,7	0,129	0,1455981	0,015	
4	Laure l	18	4	0,51	0,7	2,574	1,2735127	0,204	
5	Bimbayan	13	1	0,17	0,7	0,207	0,2061047	0,023	
6	Jovo	17	6	0,33	0,7	1,018	0,6716611	0,086	
7	Cacao	4	1	0,10	0,7	0,022	0,0000556	0,008	
8	Roble	9	2	0,11	0,7	0,060	0,0762913	0,010	
9	Laure l	18	7	0,52	0,7	2,676	1,3065772	0,212	
10	Laure l	19	11	0,40	0,7	1,671	0,9828750	0,126	
11	Laure l	18	12	0,41	0,7	1,664	0,9547405	0,132	
12	Cortez	10	2	0,16	0,7	0,141	0,1410712	0,020	
13	Madero negro	14	3	0,23	0,7	0,407	0,3342464	0,042	
14	Madero negro	13	2	0,22	0,7	0,346	0,2896632	0,038	
15	Madero negro	14	4	0,28	0,7	0,603	0,4333458	0,062	
16	Laure l	18	4	0,33	0,7	1,078	0,7168843	0,086	
17	Madero negro	15	2	0,24	0,7	0,475	0,3824925	0,045	
18	cortez	15	3	0,20	0,7	0,330	0,3006794	0,031	
19	Madero negro	16	3	0,25	0,7	0,550	0,4344878	0,049	
20	Madero negro	18	2	0,21	0,7	0,436	0,3947663	0,035	

21	Madero negro	13	2	0,21	0,7	0,315	0,2724112	0,035	
22	Cacao	5	1	0,10	0,7	0,027	0,0000556	0,008	
23	Laure l	16	8	0,53	0,7	2,471	1,1714963	0,221	
24	Marañon	4	6	0,22	0,7	0,106	0,0755695	0,038	
25	Madero negro	12	1	0,10	0,7	0,066	0,0933827	0,008	
26	Cacao	4	0,7	0,12	0,7	0,032	0,0000898	0,011	
27	Laure l	13	8	0,17	0,7	0,207	0,2061047	0,023	
28	cacao	3	0,5	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
29	cacao	3	0,98	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
30	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
31	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
32	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
33	cacao	4	0,78	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
34	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
35	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
36	cacao	3	0,6	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
37	cacao	2	0,5	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
38	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
39	cacao	2	1,76	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
40	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
41	cacao	3	0,87	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
42	cacao	3	0,7	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
43	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
44	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
45	cacao	2	1,2	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
46	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
47	cacao	2	0,9	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
48	cacao	2	0,5	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
49	cacao	3	1,2	0,05	0,7	0,004	0,0000090	0,002	
50	cacao	3	1,2	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	

51	cacao	3	1,3	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
52	cacao	3	1,35	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
53	cacao	4	1,2	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
54	cacao	4	1,23	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
55	cacao	4	1,2	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
56	cacao	2	1,45	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
57	cacao	3	1,2	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
58	cacao	2	1,45	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
59	cacao	3	1,2	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
60	cacao	4	1,2	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
61	cacao	2	1,3	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
62	cacao	4	1,2	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
63	cacao	3	1,2	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
64	cacao	3	1,37	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
65	cacao	2	1,2	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
66	cacao	4	1,45	0,05	0,7	0,005	0,0000090	0,002	
67	cacao	2	0,8	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
68	cacao	3	0,9	0,05	0,7	0,004	0,0000090	0,002	
69	cacao	4	0,56	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
70	cacao	2	1	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
71	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
72	cacao	2	1,2	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
73	cacao	4	1,23	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
74	cacao	4	1,4	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
75	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
76	cacao	2	1,1	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
77	cacao	3	1	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
78	cacao	2	1,15	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
79	cacao	2	1	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
80	cacao	2	1,23	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
81	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	

82	cacao	4	1	0,05	0,7	0,005	0,0000090	0,002	
83	cacao	4	1,56	0,05	0,7	0,005	0,0000090	0,002	
84	cacao	3	1	0,05	0,7	0,004	0,0000090	0,002	
85	cacao	2	1,27	0,07	0,7	0,005	0,0000218	0,004	
86	cacao	3	1	0,07	0,7	0,008	0,0000218	0,004	
87	cacao	4	1	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
88	cacao	4	1,67	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
89	cacao	3	1	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
90	cacao	2	1,54	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
91	cacao	3	1	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
92	cacao	4	1	0,06	0,7	0,008	0,0000145	0,003	
93	cacao	4	1,56	0,06	0,7	0,008	0,0000145	0,003	
94	cacao	2	1	0,08	0,7	0,007	0,0000309	0,005	
95	cacao	3	1	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
96	cacao	3	1,47	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
97	cacao	2	1	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
98	cacao	4	1,23	0,06	0,7	0,008	0,0000145	0,003	
99	cacao	2	1	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
100	cacao	3	1	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
101	cacao	2	0,5	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
102	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
103	cacao	4	1,23	0,09	0,7	0,018	0,0000421	0,006	
104	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
105	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
106	cacao	2	1,87	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
107	cacao	3	0,5	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
108	cacao	3	0,5	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
109	cacao	3	0,98	0,08	0,7	0,011	0,0000309	0,005	
110	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
111	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
112	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	

113	cacao	4	0,78	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
114	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
115	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
116	cacao	3	0,6	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
117	cacao	2	0,5	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
118	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
119	cacao	2	1,76	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
120	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
121	cacao	3	0,87	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
122	cacao	3	0,7	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
123	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
124	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
125	cacao	4	0,5	0,08	0,7	0,014	0,0000309	0,005	
126	cacao	4	0,78	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
127	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
128	cacao	4	0,5	0,07	0,7	0,011	0,0000218	0,004	
129	cacao	3	0,6	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
130	cacao	2	0,5	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
131	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
132	cacao	2	1,76	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
133	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
134	cacao	3	0,87	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
135	cacao	3	0,7	0,06	0,7	0,006	0,0000145	0,003	
136	cacao	2	0,5	0,06	0,7	0,004	0,0000145	0,003	
137	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
138	cacao	2	1,2	0,09	0,7	0,009	0,0000421	0,006	
139	cacao	3	0,5	0,09	0,7	0,013	0,0000421	0,006	
140	cacao	2	0,9	0,05	0,7	0,003	0,0000090	0,002	
Total Parcela						19,595	11,486	2,153	
Total/Ha						185,554	108,766		21,86

Anexo 3 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea										
Sistema: Silvopastoril PARCEL # 1										
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018										
N°	Especie	Altura total mts	Alt. com	DAP (cm)	f.f	Vol total	Vol. com	Biomasa Kg/arb/año	Area Basal M2	Carbono t/ha
1	Melina	8	4	0,17	0,7	0,13	0,06	0,1184991	0,02	
2	Melina	7	2	0,18	0,7	0,12	0,04	0,1097416	0,03	
3	Melina	8	2	0,13	0,7	0,07	0,02	0,0831626	0,01	
4	Melina	6	4	0,16	0,7	0,08	0,06	0,0788008	0,02	
5	Laurel	12	2	0,23	0,7	0,35	0,06	0,2803802	0,04	
6	Cortez	14	6	0,24	0,7	0,44	0,19	0,3535614	0,05	
7	Roble	10	6	0,48	0,7	1,27	0,76	0,6015039	0,18	
8	Total					2,47	1,18	1,63	0,35	
9	Total /Ha					23,39	11,20	15,39		3,88

Anexo 4 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea										
Sistema: Sivopastoril PARCEL # 2										
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018										
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018										
N°	Especie	Altura total	Alt. com	DAP (cm)	f.f	vol total	Col. com	Biomasa Kg/arb/año	Area Basal M2	Carbono
1	nancite	6	2	0,11	0,7	0,04	0,01	0,0480541	0,01	
2	Teca	14	2	0,3	0,7	0,69	0,10	0,4746637	0,07	
3	Teca	6	2	0,14	0,7	0,06	0,02	0,0660665	0,02	

4	Teca	7	3	0,13	0,7	0,07	0,03	0,0714195	0,01	
5	Laurel	12	8	0,14	0,7	0,13	0,09	0,1455981	0,02	
6	Laurel	7	3	0,11	0,7	0,05	0,02	0,0572862	0,01	
7	Teca	12	7	0,27	0,7	0,48	0,28	0,3464709	0,06	
8	Laurel	13	4	0,12	0,7	0,10	0,03	0,1301412	0,01	
9	Laurel	6	3	0,1	0,7	0,03	0,02	0,0423733	0,01	
10	Corroncha de lagarto	10	5	0,12	0,7	0,08	0,04	0,0964982	0,01	
11	Laurel	18	13	0,16	0,7	0,25	0,18	0,2757078	0,02	
12	Laurel	17	14	0,15	0,7	0,21	0,17	0,2372205	0,02	
13	nancite	10	4	0,15	0,7	0,12	0,05	0,1295509	0,02	
14	Total					2,32	1,04	2,1210510	0,28	
15	Total /Ha					21,98	9,87	20,09		4,91

Anexo 5 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea										
Sistema: Silvopastoril PARCEL # 3										
GEOREFERENCIA					FECHA DE MEDICIÓN				20 de marzo 2018	
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA20 de marzo 2018										
N°	Especie	Alt. Total (mts)	Alt. com	DAP (cm)	f.f	Vol com	Vol com	Biomasa	Area Basal	Carbono Almacenado
1	Guayaba	10	1	0,13	0,7	0,09	0,01	0,0673801	0,01	
2	Nancite	12	1	0,15	0,7	0,15	0,01	0,0985677	0,02	
3	Nancite	10	6	0,1	0,7	0,05	0,03	0,0338844	0,01	
4	Caoba	8	2	0,11	0,7	0,05	0,01	0,0667054	0,01	
5	Caoba	10	2	0,12	0,7	0,08	0,02	0,0964982	0,01	

6	Caoba	9	2	0,2	0,7	0,20	0,04	0,1679562	0,03	
7	Caoba	8	3	0,1	0,7	0,04	0,02	0,0588197	0,01	
8	Caoba	10	2	0,18	0,7	0,18	0,04	0,1648009	0,03	
9	Caoba	10	2	0,11	0,7	0,07	0,01	0,0860277	0,01	
10	Caoba	9	2	0,11	0,7	0,06	0,01	0,0762913	0,01	
11	Nancite	12	3	0,1	0,7	0,07	0,02	0,0340703	0,01	
12	Nancite	16	4	0,18	0,7	0,29	0,07	0,1603015	0,03	
13	Guayaba	8	2	0,16	0,7	0,11	0,03	0,1153153	0,02	
14	Guayaba	9	3	0,14	0,7	0,10	0,03	0,0815610	0,02	
15	Caoba	10	1	0,13	0,7	0,09	0,01	0,1072520	0,01	
16	Caoba	11	2	0,13	0,7	0,10	0,02	0,1195619	0,01	
17	Nancite	16	3	0,28	0,7	0,69	0,13	0,5101262	0,06	
18	Zapote	9	2	0,14	0,7	0,10	0,02	0,0815610	0,02	
19	Guayaba	13	2	0,15	0,7	0,16	0,02	0,0988047	0,02	
20	Marañon	6	1	0,1	0,7	0,03	0,01	0,0333691	0,01	
21	Nancite	10	2	0,18	0,7	0,18	0,04	0,1580571	0,03	
	Total					2,89	0,60	2,42	0,37	
	Total /Ha					27,36	5,68	22,89		5,52

Anexo 6 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea										
Sistema: Silvopastoril PARCEL # 4										
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018										
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018										
N°	Especie	Alt. Total (mts)	Alt com	DAP (cm)	f.f	Vol. total	Vol com	Biomasa Kg/arb/año	Area Basal M2	Carbono
1	Nancite	15	2	0,26	0,7	0,56	0,07	0,8594236	0,05	
2	Nancite	8	2	0,14	0,7	0,09	0,02	0,1397152	0,02	

3	Cortez	17	6	0,2	0,7	0,37	0,13	0,3467938	0,03	
4	Desconocido	14	4	0,1	0,7	0,08	0,02	0,1113233	0,01	
5	Desconocido	14	3	0,11	0,7	0,09	0,02	0,1262479	0,01	
6	Desconocido	13	4	0,1	0,7	0,07	0,02	0,1023047	0,01	
7	Guayaba	8	2	0,1	0,7	0,04	0,01	0,0576670	0,01	
8	Capirote	6	2	0,12	0,7	0,05	0,02	0,0539028	0,01	
9	Capirote	8	2	0,14	0,7	0,09	0,02	0,0917089	0,02	
10	Capirote	7	3	0,14	0,7	0,08	0,03	0,0787591	0,02	
11	Nancite	15	4	0,24	0,7	0,48	0,13	0,6962784	0,05	
12	Guayaba	8	2	0,11	0,7	0,05	0,01	0,0740951	0,01	
13	Nancite	7	2	0,14	0,7	0,08	0,02	0,1342289	0,02	
14	Guasimo de ternero	10	3	0,14	0,7	0,11	0,03	0,1493884	0,02	
15	Nancite	16	5	0,18	0,7	0,29	0,09	0,3331215	0,03	
16	Nancite	17	2	0,24	0,7	0,54	0,06	0,7229200	0,05	
17	Guayaba	10	3	0,13	0,7	0,09	0,03	0,1229337	0,01	
18	Guayaba	10	2	0,12	0,7	0,08	0,02	0,0995971	0,01	
19	Total					3,22	0,76	4,30	0,36	
20	Total /Ha					30,48	7,22	40,72		9,18

Anexo 7 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea										
Sistema: Silvopastoril PARCEL # 5										
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018										
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018										
Nº	Especie	Alt. Total (mts)	Alt. com	DAP (cm)	f.f	Vol total M3	Vol com	Biomasa Kg/arb/año	Area Basal M2	Carbono Almacenado
1	Manchon	14	2	0,11	0,7	0,09	0,01	0,0439372	0,01	
2	Manchon	16	3	0,34	0,7	1,02	0,19	0,8483955	0,09	

3	Peine de mico	20	6	0,51	0,7	2,86	0,86	2,4709546	0,20	
4	Cortez	14	3	0,12	0,7	0,11	0,02	0,0551872	0,01	
5	Desconocido	15	3	0,48	0,7	1,90	0,38	2,0899446	0,18	
6	Guayaba	12	2	0,17	0,7	0,19	0,03	0,1368206	0,02	
7	Corroncha de lagarto	22	14	0,33	0,7	1,32	0,84	0,7920985	0,09	
8	Guanacaste	9	2	0,2	0,7	0,20	0,04	0,1679562	0,03	
9	Guanacaste	20	6	0,49	0,7	2,64	0,79	1,3621754	0,19	
10	Guanacaste	21	4	0,38	0,7	1,67	0,32	1,0295427	0,11	
11	Cortez	8	3	0,25	0,7	0,27	0,10	0,1971530	0,05	
12	Caoba	10	6	0,13	0,7	0,09	0,06	0,1072520	0,01	
13	Guanacaste	20	6	0,41	0,7	1,85	0,55	1,0765864	0,13	
14	Guanacaste	19	5	0,55	0,7	3,16	0,83	1,4964350	0,24	
15	Chilamate	17	4	0,15	0,7	0,21	0,05	0,2372205	0,02	
16	Chilamate	16	5	0,23	0,7	0,47	0,15	0,3892042	0,04	
17	Chilamate	21	8	0,65	0,7	4,88	1,86	2,0911040	0,33	
18	Chilamate	19	12	0,17	0,7	0,30	0,19	0,3176667	0,02	
19	Desconocido	14	10	0,2	0,7	0,31	0,22	0,2779365	0,03	
20	Chilamate	17	8	0,22	0,7	0,45	0,21	0,3932871	0,04	
21	Guanacaste	19	10	0,32	0,7	1,07	0,56	0,7321112	0,08	
	Total					25,06	8,27	16,31	1,93	
	Total /Ha					237,26	78,35	154,48		29,81

Anexo 8 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea										
Sistema: Silvopastoril PARCEL # 6										
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018										
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018										
N°	Especie	Alt. Total (mts)	Alt. com	DAP (cm)	f.f	Vol. total	Vol. com	Biomasa aerea Kg/arb/año	Area Basal M2	Carbono t/ha
1	Madero negro	10	2	0,12	0,7	0,08	0,02	0,054633	0,01	
2	Madero negro	11	2	0,1	0,7	0,06	0,01	0,033981	0,01	
3	Guasimo	9	3	0,14	0,7	0,10	0,03	0,081561	0,02	
4	Capirote	8	3	0,21	0,7	0,19	0,07	0,235130	0,03	
5	Capirote	9	2	0,28	0,7	0,39	0,09	0,501397	0,06	
6	Capirote	7	2	0,31	0,7	0,37	0,11	0,649712	0,08	
7	nancite	15	2	0,41	0,7	1,39	0,18	1,382854	0,13	
8	nancite	14	3	0,33	0,7	0,84	0,18	0,781431	0,09	
9	Desconosido	14	3	0,18	0,7	0,25	0,05	0,159661	0,03	
10	Guasimo	17	2	0,1	0,7	0,09	0,01	0,034428	0,01	
11	Madero negro	10	1	0,22	0,7	0,27	0,03	0,267391	0,04	
11	Madero negro	8	2	0,2	0,7	0,18	0,04	0,206915	0,03	
12	Capirote	11	1.5	0,2	0,7	0,24	0,03	0,208901	0,03	
14	Capirote	10	1	0,13	0,7	0,09	0,01	0,067380	0,01	
13	Total					4,53	0,87	4,67	0,57	
16	Total /Ha					42,92	8,20	44,18		9,86

Anexo 9 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea					
Sistema: Silvopastoril					
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018					
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018					
N°	Especie	DAP (cm)	Vol, total madera aprovechada	Biomasa arb/ha	C Total t/ha
1	Capirote	21			
2	Capirote	30			
3	Capirote	14			
4	acacia	56			
5	acacia	13			
6	acacia	16			
7	Marañon	27			
8	Marañon	14			
9	melina	20			
10	laurel	40			
11	Teca	35			
12	Teca	14			
13	Teca	25			
14	Teca	13			
15	Teca	25			
16	Teca	27			
17	Teca	15			
18	Teca	14			
19	Teca	18			
20	Nancite	40			
21	Nancite	31			
22	Nancite	15			
23	Nancite	12			
24	Nancite	19			

25	Nancite	20			
26	Nancite	13			
27	Nancite	10			
28	Teca	25			
29	Teca	15			
30	Teca	17			
31	Teca	29			
32	Teca	14			
33	Teca	20			
34	Teca	13			
35	Teca	10			
36	Teca	25			
37	Teca	15			
38	Teca	17			
39	Teca	29			
40	Teca	14			
41	Teca	60			
42	Marañon	10			
43	Marañon	11			
44	Caoba	13			
45	capirote	18			
46	capirote	13			
47	capirote	13			
48	capirote	11			
		989	11,96	1,42	7,13

Anexo 10 Tabla de resumen estadísticos para el cálculo de carbono almacenado en los sistemas.

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea					
Sistema: Agroforestal Cacao					
FECHA DE MEDICIÓN 20 de marzo 2018					
FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA 20 de marzo 2018					
N°	Especie	DAP (cm)	Volumen de madera aprovechada	Biomasa de troncos caídos (t MS/ha)	Cantidad de carbono en la necromasa (tC/ha);
1	Capirote	26	0.24	1.08	5.44
2	laurel	16			
		42			

Anexo 11 Tabla de clasificación de especies en los sistemas.

Tabla 11: Números de árboles por especies encontradas en los sistemas Sistema Agroforestal Cacao	
Laurel	9
Madero	8
Roble	3
Marañón	1
Cortez	2
Guayaba	1
Guarumo	1
Zapote	1
Caimito	1
Bimbayan	1
Nancite	1
Jobo	1

Anexo 12 Tabla de clasificación de especies en los sistemas.

Tabla 11: Números de árboles por especies encontradas en los sistemas Sistema Silvopastoril	
Laurel	7
Madero negro	4
Roble	1
Marañón	6
Cortez	4
Guayaba	9
Zapote	1
Nancite	6
Teca	4
Melina	4
Corroncha de lagarto	2
Caoba	10
Capirote	8
Guácimo de ternero	3
Manchón	2
Peine mico	1
Guanacaste	6
Chilamate	5

Anexo 13 Tabla de coordenadas en los sistemas

Tabla 12. Datos de geo-referencia de las parcelas muestreadas de los sistemas agroforestales cacao y silvopastoril del Laboratorio Natural de la Universidad URACCAN Fecha: 20 de marzo 2018		
Parcela número 1. SAF-Cacao	x	y
1	772802	1300866
2	772797	1300884
3	772775	1300916
4	772795	1300959
Parcela número 2. SAF-Cacao		
1	772985	1301056

2	772951	1301084
3	772878	1301023
4	772855	1301019
Parcela número 1. Silvopastoril		
1	772790	1300877
2	772772	1300850
3	772783	1300873
4	772766	1300859
5		
Parcela número 2. Silvopastoril		
1	772533	1300644
2	772571	1300610
3	772575	1300612
4	772558	1300652
Parcela 3 Silvopastoril		
1	772282	1300772
2	772275	1300735
3	772229	1300769
4	772266	1300785
Parcela número 4. Silvopastoril		
1	772275	1300710
2	772295	1300680
3	772297	1300679
4	772256	1300649
Parcela número 5. Silvopastoril		
1	772462	1300624
2	772471	1300598
3	772474	1300582
4	772497	1300559
Parcela número 6. Silvopastoril		
1	772485	1300546
2	772501	1300556
3	772494	1300572
4	77504	1300502

Anexo 14 FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATO INVENTARIO

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea

Sistema: _____ PARCELA

GEOREFERENCIA FECHA DE MEDICIÓN

FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA

N°	Especie	Alt. Total (mts)	DAP (cm)	Factor de Forma	Estado

Anexo 15 Tabla 1: FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATO INVENTARIO NECROMASA

Laboratorio Natural URACCAN, Nueva Guinea

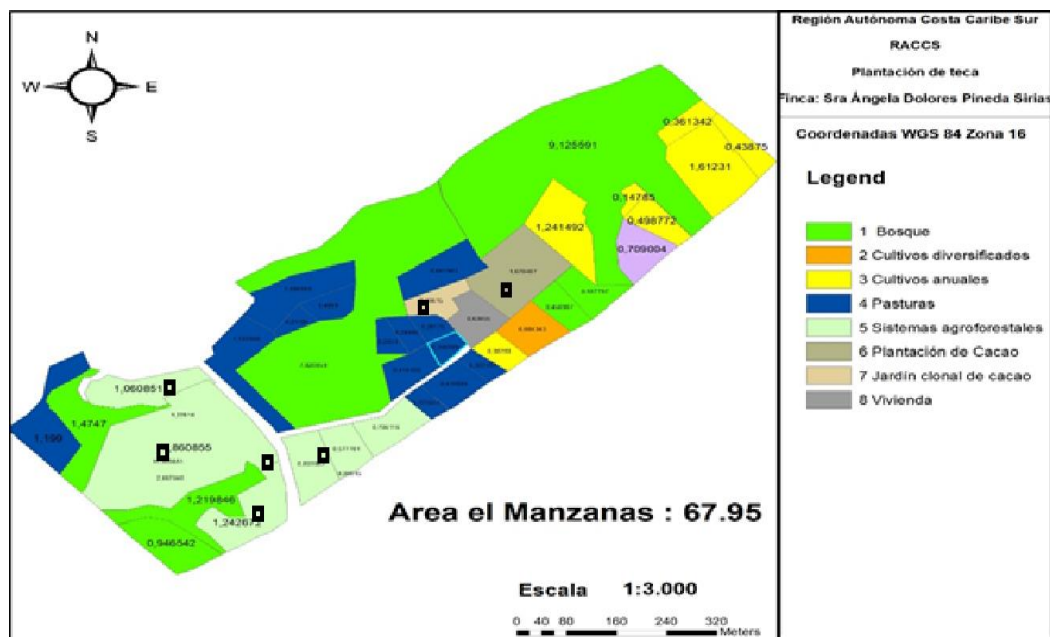
Sistema: _____ PARCELA

GEOREFERENCIA FECHA DE MEDICIÓN

FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA

N°	Especie	Alt. Total (mts)	DAP (cm)	Factor de Forma	Estado

Anexo 16 Croquis del laboratorio Universidad URACCAN



**UNIVERSIDAD DE LAS REGIONES AUTÓNOMAS DE LA COSTA
CARIBE NICARAGÜENSE**



URACCAN

Anexo 17. Aval Del Tutor

El tutor/a: **Tutor: MSc. Wilson Calero Borge**, por medio del presente escrito otorga el Aval correspondiente para la presentación de:

- a. Protocolo ☐
- b. Informe Final ☐
- c. Artículo Técnico ☐
- d. Otra forma de culminación (especifique): ☐

A la investigación titulada: Carbono almacenado en los sistemas productivos del laboratorio natural URACCAN, Nueva Guinea, 2017

Desarrollada por el o los estudiantes: **Br. Yordan Josué García**
Br. Justo Pastor González Mairena

De la carrera: Ingeniería Agroforestal

Nombre y apellido del Tutor: **Tutor: MSc. Wilson Calero Borge**

Firma:

Recinto: URACCAN, Nueva Guinea
Extensión: Nueva Guinea
Fecha: Nueva Guinea, Mayo 2018