

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**



**CARBONO ALMACENADO EN TRES SISTEMAS AGROFORESTALES  
(SAF) DURANTE EL PRIMER AÑO DE SU INSTALACIÓN EN EL DISTRITO  
DE JOSÉ CRESPO Y CASTILLO-HUANUCO.**

**Tesis**

**Para optar el Título de:**

**INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**KAREN JIMENA TIMOTEO DEL AGUILA**

**PROMOCIÓN 2013 - II**

**Tingo María – Perú**

**2014**

## I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial, y se considera como uno de los seis principales gases que intervienen en el efecto invernadero (GEI) el cual está contribuyendo en mayor proporción al cambio climático (IPCC, 2000).

Las plantas utilizan CO<sub>2</sub> y liberan O<sub>2</sub> durante el proceso de la fotosíntesis; así mismo, almacenan componentes de carbono en sus estructuras leñosas por periodos prolongados, por lo que se les debe considerar como reservas naturales de carbono. Por otro lado, es conocido que la capacidad de los ecosistemas agroforestales (asociación de árboles con otros cultivos, arbustos, herbáceas o pastos) para almacenar carbono en forma de biomasa aérea, varía en función de la edad, diámetro, altura de los componentes arbóreos como la densidad de población de cada estrato y por comunidad vegetal.

El Protocolo de Kyoto firmado en 1997 y puesto en vigencia el 2005, obliga a los países industrializados, a reducir y estabilizar la concentración de GEI de la atmósfera en un promedio de 5%, para el primer período de compromiso (2008-2012); para lo cual se crean los Mecanismos de Flexibilidad, entre ellos, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) con el propósito de ayudar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible. Por otro lado, el artículo 3,3 y 3,4 del Protocolo, considera a las actividades

forestales de forestación, reforestación, manejo de bosques, entre otras, como sumideros naturales de carbono. Además, el MDL permite que los proyectos forestales, obtengan beneficios económicos adicionales a través de la venta de captura de carbono, durante el primer período de compromiso y los siguientes (LOGUERCIO, 2002).

El Perú cuenta con 72 millones de hectáreas de bosques que representa el 56 % del territorio nacional. Adicionalmente, existen 10 millones de hectáreas de tierras aptas para la reforestación, localizadas principalmente en la sierra y selva (CONAM, 2006). El departamento de Huánuco, presenta una cobertura boscosa de 2 296 500 hectáreas que constituye el 3% del bosque amazónico, asimismo, en la Provincia de Leoncio Prado especialmente en el distrito de José Crespo y Castillo, la mayor extensión de tierras son para producción y protección forestal (FLOAGRI, 2006). Es decir existe un enorme potencial para capturar carbono y contribuir a reducir emisiones de GEI a través del manejo de bosques, tal como la conservación de bosques, forestación, reforestación o promoción de agroforestería.

La investigación realizada, estima el potencial de almacenamiento de carbono durante el primer año de instalación de tres sistemas agroforestales asociando especies de Leucaena (*leucaena leucocephala*), Pinochuncho (*Schizolobium amazonicum*), Guaba (*Inga edulis*), Cacao CCN51 (*Theobroma cacao*), Frejol de palo (*Cajanus Cajan*) y Bolaina (*Guazuma crinita Mart*), en el distrito de José Crespo y Castillo; el que a la vez servirá de línea base, para posteriores evaluaciones. De tal manera que los agricultores de esta zona, puedan participar en proyectos forestales MDL, y percibir ingresos económicos adicionales a corto y mediano plazo, por la venta de créditos generados por la

captura y conservación de carbono en sus respectivos predios. Lo que a la vez repercutirá en la utilización sostenible de los recursos forestales y en la protección de la biodiversidad.

Por lo tanto la hipótesis que se plantea en la investigación es: “la asociación de diferentes cultivos o la diversidad de especies en los sistemas agroforestales, influye en el potencial de almacenamiento de carbono”.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

- Evaluar el carbono almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de su instalación.

### **1.1.2. Específicos**

- Cuantificar el carbono almacenado en biomasa arbórea, arbustiva y hojarasca.
- Calcular el carbono almacenado en el suelo y biomasa vegetal total.
- Cuantificar el carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales.
- Identificar el sistema agroforestal con mayor potencial de carbono almacenado.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Ciclo del carbono

El ciclo del carbono es la sucesión de transformaciones que sufre el carbono a lo largo del tiempo. Es un ciclo biogeoquímico de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. Éste comprende dos ciclos que se suceden a distintas velocidades:

- Ciclo biológico: comprende los intercambios de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produce cada 20 años.

- Ciclo biogeoquímico: regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El  $\text{CO}_2$  atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato. Estos iones disueltos en agua alcanzan el mar, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos. El retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados los

mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural (HIPKINS 1984, ORDOÑEZ 1998).

En general, las plantas absorben el CO<sub>2</sub> de la atmósfera a través de la fotosíntesis y este compone las materias primas como la glucosa, que participa en procesos fenológicos para la formación de componentes (flores, frutos, follaje, ramas y fuste) del árbol. Estos a su vez proporcionan elementos necesarios para su desarrollo y el crecimiento en altura, diámetro, área basal y diámetro de copa principalmente. El carbono se deposita en follaje, tallos, y sistemas radiculares y, principalmente, en el tejido leñoso de los troncos y ramas principales de los árboles. Estos componentes aportan materia orgánica al suelo y al degradarse dan origen al humus, que a su vez contiene CO<sub>2</sub>. Por esta razón "los bosques son considerados importantes reguladores en el nivel de carbono atmosférico" (HIPKINS 1984, ORDOÑEZ 1998).

Los árboles actúan como sumideros de carbono y liberan oxígeno (O<sub>2</sub>), reteniendo el carbono en la biomasa, principalmente en la madera. La madera contiene un 48% de lignina y celulosa; para almacenar una tonelada de carbono es necesario producir 2.2 toneladas de madera (FWPRDC, 1996). Al quemarse la madera el proceso se revierte, usando el O<sub>2</sub> del aire y el carbono almacenado en la madera para liberar al final CO<sub>2</sub>. Los bosques pueden ser sumideros pero también fuentes de carbono, esto dependerá de cómo y con qué propósito sean manejados y cómo sean utilizados sus productos (CHATURVENI, 1994).

## **2.2. Efecto invernadero**

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del sol. Como resultado del efecto invernadero, la tierra se mantiene lo suficientemente caliente como para hacer posible la vida sobre el planeta (CENTRO HADLEY, 2002).

BATET Y ROVIRA (2002) manifiestan que la atmósfera recibe la radiación procedente del sol y emite longitudes de onda diferentes: radiación ultravioleta (absorbida, en parte por el ozono estratosférico antes de que llegue a la superficie terrestre), radiación visible que pasa a través de la atmósfera y recibimos en la superficie terrestre como luz, y la radiación infrarroja que cruza la atmósfera y recibimos en forma de calor. Los rayos infrarrojos son absorbidos principalmente por el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua de la atmósfera. De la radiación que llega a la superficie terrestre, una parte se retiene y la otra se reemite a la atmósfera en forma de calor. Este calor es captado de nuevo, por el CO<sub>2</sub> y el vapor de agua atmosférico, generando el denominado efecto invernadero.

### **2.2.1. Gases de efecto invernadero**

Se entiende aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja. Estos gases son: Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) (UNFCCC, 1998).

## **2.3. El carbono en ecosistemas agroforestales**

### **2.3.1. Aspectos generales**

#### **2.3.1.1. Secuestro de carbono**

El secuestro de carbono es el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación; estas intervenciones pueden ser programadas de manejo de suelos con reforestación, agroforestería o conservación de suelos. Las cantidades fijadas de carbono se expresan en (t.C/ha/año) (ARÉVALO *et al.*, 2003).

#### **2.3.1.2. Carbono almacenado**

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima (ARÉVALO *et al.* 2003). Ordóñez (1999), citado por MARQUEZ (2005) menciona que el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que se encuentra almacenado.

LOGUERCIO (2005) y DELANEY (2005) afirman que la vegetación, en particular los bosques, almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico). Además, MARQUEZ (2000) menciona que los ecosistemas forestales almacenan carbono en cuatro fuentes: biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo, hojarasca, otra materia vegetal muerta y en el suelo.

### **2.3.1.3. Sumideros de carbono**

Extracción y almacenamiento de carbono de la atmosfera en sumideros como los océanos, los bosques o la tierra; través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis (EVALUACION DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO, 2006). Un sumidero de carbono es aquel que elimina el carbono de la atmosfera, tal como sucede con las plantas verdes que consumen CO<sub>2</sub> durante el proceso de fotosíntesis (MARTINO, 2006). Asimismo, BOLIN *et al.* (1986), definen a los sumideros de carbono, como aquellos que eliminan de la atmosfera tanto carbono como el que aportan en forma natural.

## **2.4. Captura o secuestro de carbono**

La dinámica del carbono en los ecosistemas forestales es muy compleja, por lo que, para hacer una estimación de los cambios en el almacenamiento de carbono, es necesario analizar la cantidad de carbono en los distintos componentes que integran los ecosistemas y las transferencias de carbono entre ellos en el tiempo y el espacio. Esto implica analizar conjuntamente la dinámica del carbono en: vegetación (aérea y subterránea), suelo (incluyendo materia en descomposición) y productos forestales. Para obtener la dinámica temporal de la captura de carbono es necesario utilizar modelos de simulación (BELLO, 1987).

### **2.4.1. Biomasa vegetal y Secuestro de carbono**

La biomasa total de un bosque tropical maduro generalmente contienen de 200 a 400 t/ha-1e materia seca. Estudios realizado en el Congo indican que la proporción de los componente del bosque son bastante constantes, aproximadamente el 75 % de la biomasa consiste de ramas y troncos del 15 al 20% de raíces, del 4 al 8% de hojas de 1 a 2% de hojarasca,

en climas tropicales los bosques secundario relativamente jóvenes (18 años) acumulan más elementos nutritivos que los bosques de 50 a 100 años de edad en climas templados. Solo el 40 a 50% de la biomasa total está disponible para incorporarse al suelo en forma de hojas pequeñas, ramas y raíces.

Los árboles y los bosques almacenan carbono; varios estudios sugieren que las posibilidades de almacenaje son potencialmente altas. Sobre tasas de secuestro y pérdida de carbono en los bosques tropicales.

Un bosque primario cerrado almacena, entre suelo y vegetación, cerca de 250 toneladas de carbono por hectárea, si se convierte a agricultura migratoria liberaría cerca de 200 toneladas, y un poco más si se convirtiera a pastizales o agricultura permanente. Los bosques abiertos albergan alrededor de 115 toneladas de carbono, y liberarían entre un cuarto y un tercio si se convirtieran a otro uso (CHAPIN, 2002).

#### **2.4.2. Función de los bosques en el ciclo global del carbono**

A través de la fotosíntesis, los árboles en crecimiento despiden oxígeno y consumen agua, luz y CO<sub>2</sub>. Por ello, los bosques en expansión son calificados de “sumideros de carbono”: absorben gas carbónico. Cuando dejan de crecer, los árboles ya no son sumideros, sino receptáculos de carbono: almacenan enormes cantidades de este elemento, en la superficie y en los suelos, pero cumplen un papel neutro en el balance final de CO<sub>2</sub>. Por último, cuando se queman, los bosques despiden gas carbónico y se convierten así en fuentes de carbono. El gas carbónico que se desprende cuando los árboles viejos se descomponen se compensa con el que absorben los jóvenes que crecen en su lugar (BOUKHARI, 2000).

El IPCC (2001) afirma que los bosques resultan un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, que podrían reducir de 20 a 50% de las emisiones netas de CO<sub>2</sub> en la atmósfera. LOGUERCIO (2005), menciona que a través del manejo silvicultural de los bosques nativos existentes, y por la creación de nuevos bosques mediante forestaciones y reforestaciones en áreas donde no existen árboles, se contribuiría a almacenar grandes cantidades de carbono en la biomasa y el suelo, utilizando con ello su potencial para mitigar los cambios del clima.

CATRIONA (1998) indica que en los trópicos el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 t.C/ha en bosques primarios, y entre 25 y 190 t.C/ha en bosques secundarios. El IPCC (2001) menciona que los distintos tipos de vegetación natural y plantaciones forestales pueden capturar entre 4,79 y 1,65 t.C/ha/año. Los bosques naturales pueden ser considerados en equilibrio dinámico en relación al carbono bajo ciertas condiciones climáticas y para ciertas concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> (FAO, 2005). De acuerdo a WOOMER *et al.* (1998) la amazonía, es el ecosistema que contiene la mayor cantidad de carbono (305 t.C/ha, de las cuales el 28 % se encuentra en el suelo). Todos los cambios en el manejo de tales ecosistemas inducen cambios importantes en la dinámica del carbono, dando lugar a menores existencias de carbono que en el bosque original.

#### **2.4.3. Diferentes escenarios de captura de carbono**

Según BOLIN *et al.* (1996) la vegetación terrestre a través de sus procesos fisiológicos tales como la fotosíntesis, y los océanos se consideran que conservan grandes cantidades de carbono. El FONAM (2006) menciona que los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un

potencial de almacenamiento de carbono. La CMNUCC durante la Cumbre para el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, considera a las actividades forestales como actividades a tomar en cuenta para el control, la reducción y/o la prevención de emisiones antropogénicas de GEI (SALGADO, 2004).

MARQUEZ (2000) afirma que los ecosistemas terrestres juegan un papel importante en el ciclo global del carbono, en tanto el manejo forestal puede hacer una contribución sustancial a controlar los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Otras actividades de uso de la tierra y bosques que pueden contribuir son: la conservación de bosques en peligro de deforestación, rehabilitación de bosques, forestación, reforestación o promoción de la agroforestería. En el sector de uso de la tierra y bosques se han identificado dos estrategias principales para acumular el carbono: La primera es aumentar la fijación de carbono al crear o mejorar los sumideros. La segunda es prevenir o reducir la tasa de liberación del carbono ya fijado en sumideros existentes. Estas estrategias se denominan fijación de carbono y no emisión de carbono. Actividades de fijación incluyen tratamientos silviculturales para aumentar el crecimiento, agroforestería, forestación, reforestación y restauración de áreas degradadas; la no emisión incluye actividades de conservación de biomasa y suelo en áreas protegidas, manejo forestal sostenible, protección contra fuegos y promoción de quemadas controladas. Además, el IPCC (2001b), estima que a nivel mundial, la retención de carbono derivada de la forestación, la regeneración forestal, el incremento de las plantaciones y el desarrollo de la agrosilvicultura entre 1995 y 2050 será entre el 12 y el 15% de las emisiones de carbono originadas por los combustibles fósiles en el mismo periodo.

#### 2.4.4. El carbono en los sistemas agroforestales

SÁNCHEZ *et al.* (1999) manifiestan que la tasa de absorción de carbono en los sistemas agroforestales, puede ser muy alta ya que la captura de carbono se efectúa tanto por los árboles como por los cultivos: de 2 a 9 t.C/ha, dependiendo de la duración (15 a 40 años). SCHROEDER (1994) menciona que en las áreas tropicales, se puede obtener un almacenamiento de 21 a 50 t.C/ha en zonas subhúmedas y húmedas respectivamente. Las raíces por si solas podrían incrementar esos valores en 10 %. Marquez (1997), citado por MARQUEZ (2005) menciona que el carbono almacenado en sistemas de café con sombra en el Salvador es aproximadamente de 64,35 t.C/ha. Por otro lado, KANNINEN (2000), describe que el almacenamiento de carbono en la agroforestería en un estado inicial es de 8,9 t.C/ha, y a los 9 años de 24,1 t.C/ha.

La conversión de tierras de cultivos improductivas (con bajos niveles de materia orgánica y nutrientes) en sistemas agroforestales podrían triplicar las existencias de carbono, de 23 a 70 t.C/ha en un período de 25 años. Por otro lado, la incorporación de cultivos con cobertura viva resultan ser efectivos; donde el valor de captura de carbono, depende de la cantidad de cobertura (1 a 6 t.C/ha) y del tipo de la misma, en este caso, hay materia orgánica tanto por encima como por debajo del suelo, ya que además se agrega la proporcionada por las raíces (LAL, 1999). Bajo las condiciones de la labranza convencional, la pérdida de carbono será considerable (40 a 50 % en unas pocas docenas de años) con un alto nivel de liberación del mismo durante los primeros cinco años (FAO, 2002). Si se establecen pasturas, las pérdidas son mucho menores y es probable que en pocos años haya una cierta recuperación de carbono gracias a la materia orgánica de los pastos (DE

MORAES *et al.* 1996). Sin embargo, en los sistemas agrícolas o ganaderos, los sumideros de carbono en el suelo son considerablemente pequeños, mientras que en sistemas agroforestales aumenta. Los sumideros superficiales de carbono en sistemas agroforestales son similares a aquellos encontrados en bosques secundarios (BROWN y LUGO, 1992). Los sistemas agroforestales, ofrecen muchas ventajas, especialmente para los pequeños agricultores (FAO, 2002). Puesto que, representan una alternativa sostenible a la deforestación y a la agricultura de roza, tumba y quema (SÁNCHEZ *et al.*, 1999 y SCHROEDER, 1994).

## **2.5. Carbono en el suelo**

El carbono del suelo está presente en la forma orgánica e inorgánica. La forma orgánica equivale a la mayor reserva en interacción con la atmósfera. El carbono orgánico presente en el suelo representa un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización). La información sobre stock de carbono en el suelo es importante para la elaboración de la línea de base.

Entre tanto, la dinámica del carbono del suelo en el tiempo es difícil de ser estimada y los altos costos de medición muchas veces son incompatibles con los beneficios recibidos por proyectos de pequeñas propiedades rurales.

### **2.5.1. Papel de los suelos en el ciclo del carbono**

El suelo almacena cantidades considerables de carbono; las prácticas que promueven un aumento del carbono orgánico en el suelo también pueden tener un efecto positivo de fijación de carbono (Stuar y Moura Costa, 2002; citados por MARQUEZ, 2000).

CATRIONA (1998) manifiesta que en los bosques tropicales, los sumideros de carbono en el suelo varían entre 60 y 115 t.C/ha. El IPCC (2000) indica que el carbono del suelo por si solo representa más que el carbono de la biomasa forestal. Tales proporciones de carbono en el suelo dependen de la zona climática; con el máximo de carbono del suelo en las áreas frías boreales y templadas, y mínimo en las áreas tropicales (IPCC, 2000; MARQUEZ, 2000 y FONAM, 2005); la causa principal de esta diferencia es la influencia de la temperatura en los índices relativos de producción y descomposición de la materia orgánica (FAO, 2002).

Los bosques cubren el 29 % de la tierra y contienen el 60 % del carbono de la vegetación terrestre. El carbono almacenado en los suelos forestales representa el 36 % del total a un metro de profundidad. DUPOUEY et al. (1999) menciona que en bosques de Francia, la media total del carbono del ecosistema es de 137 t.C/ha; de este total, el suelo representa el 51 % (71 t.C/ha), los restos vegetales superficiales 6% y las raíces 6 %. Estos datos son muy cercanos a los proporcionados por el IPCC (2000) para los bosques en Tennessee (Estados Unidos de América); mientras que en bosques tropicales cerca de Manaus (Brasil), se determinó que el total de carbono es 447 t.C/ha, donde el depósito de carbono en el suelo orgánico es de 162 t.C/ha (36 % del total).

En los bosques naturales el carbono del suelo está en equilibrio, pero tan pronto como ocurre la deforestación o la reforestación, ese equilibrio es afectado. Actualmente, se estima que cada año son deforestadas entre 15 y 17 millones de ha, sobre todo en los trópicos y que muy a menudo parte del carbono orgánico se pierde dando lugar a una considerable emisión de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, donde la deforestación no puede ser detenida, es necesario un

manejo correcto para minimizar las pérdidas de carbono. La reforestación, sobre todo en los suelos degradados con bajo contenido de materia orgánica, será una forma importante de secuestro de carbono a largo plazo, tanto en la biomasa como en el suelo (FAO, 2005).

El carbono del suelo en pasturas es estimado en 70 t.C/ha, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales; por lo que muchas áreas de tierras de pastoreo en las zonas tropicales y áridas, ofrecen variadas posibilidades de secuestro de carbono (TRUMBMORE *et al.*, 1995 y BALESIDENT *et al.*, 1999). Los ecosistemas forestales contienen más carbono por unidad de superficie que cualquier otro tipo de uso de la tierra y sus suelos que contienen cerca del 40 % del total del carbono, son de importancia primaria cuando se considera el manejo de los bosques (FAO, 2002).

Cuadro 1. Carbono contenido en suelos forestales (t.C/ha).

<b>Bosques tropicales</b>	<b>Húmedo</b>	<b>Semi- húmedo</b>	<b>Seco</b>
América	115,00	100,00	60,00
África	115,01	100,01	60,01
Asia	115,02	100,02	60,02

Fuente: IPCC (1996)

## **2.6. Cuantificación del carbono en diferentes Sistemas de Uso de la Tierra (SUT) en la amazonía peruana.**

En diferentes SUT evaluados en Yurimaguas y Pucallpa, la foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de carbono total en ambos sitios, tanto en la biomasa aérea y la del suelo (Cuadro 2 y 3). El

barbecho natural aumento su contenido de carbono con el tiempo. Mientras que en todos los sistemas manejados es más bajo que el de los bosques naturales. Sin embargo el contenido de carbono en la parte aérea (árbol, sotobosque y hojarasca) en los sistemas perennes con árboles y coberturas fue más alto y fluctuó desde 41 t.C/ha para la palma aceitera, hasta 74 t.C/ha para la plantación de caucho (Pucallpa) y en el sistema agroforestal de multiestratos (Yurimaguas), estos valores fueron intermedios con 59 t.C/ha. Lo cual indica que cultivos de árboles perennes basados en sistemas multiestratos alcanzan del 20 a 46% del carbono secuestrado del bosque primario, comparado con solo 10% de los sistemas de cultivos anuales. Por lo que, los cultivos perennes y sistemas multiestratos son más económicos y atractivos para los agricultores que los cultivos anuales (ALEGRE *et al.* 2002).

Cuadro 2. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa de la parte aérea y del suelo en diferentes SUT en Yurimaguas, Perú.

SUT	Árbol (a)	Soto bosque	Hojarasca	Raíz (b)	Suelo (c)	Total (t.C/ha)
<b>Foresta</b>						
Bosque ligeramente desmontado de 40 años	290,00	3,63	3,93	3,95	38,76	360,3
<b>Barbechos</b>						
Bosque secundario (15 años)	184,40	0,82	4,03	3,32	46,54	239,10
Bosque secundario (5años)	42,10	1,89	2,96	1,66	47,27	95,80
Bosque secundario (3 años)	2,40	1,25	3,44	3,66	43,80	54,60
<b>Cultivos</b>						
Área recientemente quemada	46,00	0,00	0,00	48,70	50,36	133,7
Cultivo anual (arroz)	16,80	1,91	2,96	29,30	43,60	89,6
<b>Pastos</b>						
Pastura degradada de 30 años (quemado anualmente)	0,00	4,83	5,73	1,50	54,50	63,60
Pastura mejorada de <i>Brachiaria decumbes</i> (15 años)	0,00	1,76	2,36	0,96	72,60	77,70
<b>Sistemas agroforestales</b>						
Plantación de la palmera <i>Bactris</i>	0,40	82,69	2,16	7,49	56,10	148,80

*Gasipaes* de 16 años

Multiestrato con plantación de <i>Bactris/Cedrelinga/Inga/Colubrina</i>	57,30	1,25	6,09	2,63	47,03	114,30
---	-------	------	------	------	-------	--------

(a) Incluye palos parados muertos y caídos

(b) Raíces de 0 a 20 cm de profundidad

(c) Profundidad del suelo 0 a 40 cm

Fuente: ALEGRE *et al.*, (2002)

Cuadro 3. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú.

SUT	Árbol (a)	Soto bosque	Hojarasca	Raíz (b)	Suelo (c)	Total (t.C/ha)
<b>Foresta</b>						
Bosque primario (no tocado)	160,10	0,83	0,73	2,61	76,81	241,10
Bosque primario (extracción selectiva)	120,30	0,69	1,83	3,48	47,03	173,30
<b>Barbechos</b>						
Bosque secundario (15 años)	121,00	2,21	2,85	1,04	68,33	172,30
Bosque secundario (3 años)	13,2	1,83	5,90	0,28	19,63	40,80
<b>Cultivos</b>						
Área recientemente quemada	68,33	0,00	0,00	3,27	29,71	101,30
Cultivo anual (maíz)	4,50	1,24	2,12	0,81	22,36	31,00
Cultivo anual (yuca o mandioca)	0,70	1,75	0,98	0,50	34,16	38,10
Cultivo bi-anual (plátano)	6,20	8,08	1,99	0,84	39,16	56,20
<b>Pastos</b>						
Pastura degradada	0,00	2,42	0,68	0,68	35,74	39,50
<b>Sistemas agroforestales</b>						
Plantación de <i>Hevea</i> (30 años)	66,60	0,91	6,47	0,35	78,20	152,60
Plantación de palma aceitera	0,00	37,24	4,14	0,71	57,15	99,20

(a) Incluye palos parados muertos y caídos

(b) Raíces de 0 a 20 cm de profundidad

(c) Profundidad del suelo 0 a 40 cm

Fuente: ALEGRE *et al.*, (2002)

En tres pisos ecológicos de la Amazonía (Selva Alta - Previsto, Selva Baja - Aguaytía y Ceja de Selva - San Agustín), los SUT bosque primario, huerto casero, bosque secundario y café bajo sombra, cuantitativamente conforman un grupo de aportes de carbono muy regular, y finalmente la silvopastura y pastura, con menores participaciones (Cuadro 4). En el caso del

bosque primario, el mayor volumen de carbono retenido se encuentra en la biomasa arbórea. Los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbórea (arbustiva, herbácea, hojarasca y edáfica), en suma no alcanzan la cuarta parte del volumen global. En bosque secundario, café bajo sombra, silvopastura, pastura y huerto casero el mayor aporte de carbono es edáfico. En bosque secundario el carbono edáfico es ligeramente superior al 50%. En café bajo sombra, el carbono edáfico es menor que la de silvopastura; donde en este último, la proporción de carbono edáfico es altísima, alcanzando casi las tres cuartas partes. Para la pastura, casi el 96% del carbono es contribuido por el suelo (CALLO *et al.* 2002).

Cuadro 4. Cuantificación de carbono secuestrado en sistemas agroforestales y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú.

SUT	AP (%)	ACM (%)	AH (%)	H (%)	E (%)	Total (t.C/ha)
Bosque primario	42,10	35,85	0,16	0,70	21,21	465,80
Bosque secundario	37,51	7,62	0,43	1,42	53,02	181,00
Café bajo sombra	23,44	16,73	0,33	0,88	58,62	193,70
Silvopastura	25,38	1,71	0,76	0,54	72,10	119,80
Pastura	2,36	0,00	1,32	0,72	95,59	97,30
Huerto casero	39,55	3,19	0,28	0,52	56,47	195,70

AP = Árboles en pie; ACM = Árboles caídos muertos; AH = Arbustivo y Herbáceo; H = Hojarasca; E = Edáfico

Fuente: CALLO *et al.* (2002)

## 2.7. Determinación de reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú

Es claro que los sistemas permanentes y con mayor crecimiento presentan los valores más altos de acumulación de Carbono. El Bosque primario contiene un promedio de 485 t.C/ha (100%), valor que se reduce

drásticamente si éste bosque se deforesta y quema para plantar cultivos anuales en las mismas áreas llegando a valores muy bajos de menos de 5 t.C/ha (1%). Recuperar el estado inicial de las reservas del bosque primario tomará muchos años, tal como se puede apreciar con el bosque secundario de 50 años que alcanza solo un 48% de lo que se tenía en reservas el bosque primario (Figura 1).

Hay que destacar que no se podrá observar una recuperación significativa de los niveles de captura de carbono si estos sistemas son continuamente perturbados o descremados (extracción selectiva de madera), además de disminuir significativamente su biodiversidad, tal como se observa en el bosque secundario de 20 años ya descremado que contó con solo con 13% de lo capturado por el bosque primario.

El sistema de café-guaba, es un sistema de cuatro años y el sistema de cacao con especies forestales de 15 años, ambos sistemas agroforestales presentan valores de 19 tm C ha<sup>-1</sup> /ha y 47 tm C ha<sup>-1</sup> respectivamente. Estos valores están por encima de los valores que presentan los sistemas puramente agrícolas de corta duración, lo cual nos demuestra la importancia del establecimiento de éstos sistemas para la recuperación del potencial de captura de Carbono en áreas anteriormente perturbadas por tumba y quema y usados para agricultura. Los sistemas agroforestales pueden recuperar ambientalmente áreas perturbadas y tener un sistema productivo cíclico a corto y mediano plazo, con un adecuado y mejor manejo de las tierras de aptitud forestal (LAPEYRE *et al.*, 2004).

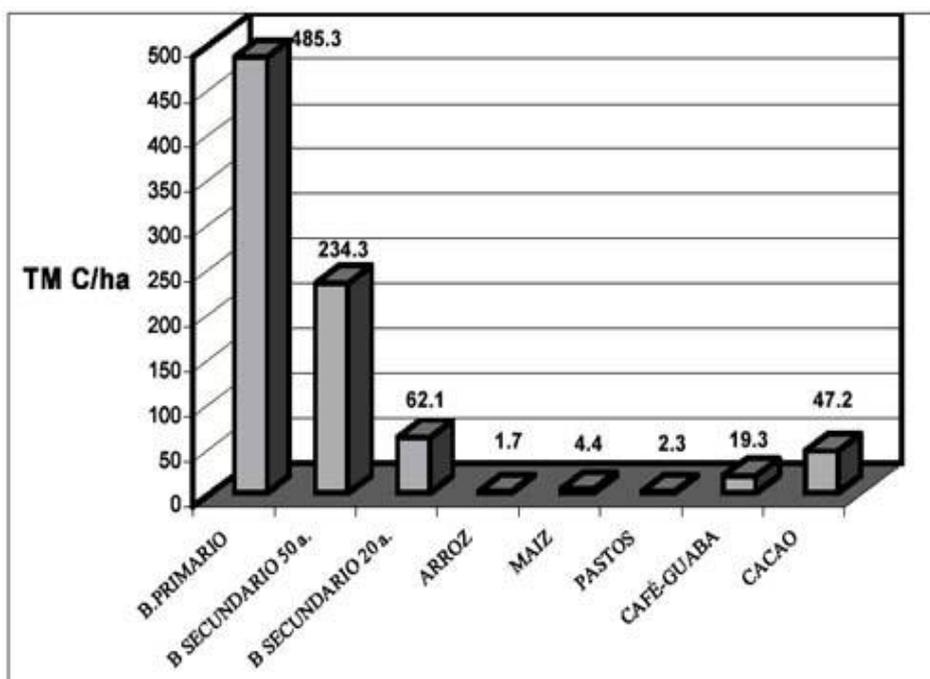


Figura 1. Carbono en biomasa aérea de los sistemas evaluados.

## 2.8. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú.

### 2.8.1. Carbono total en biomasa arbórea viva, árboles muertos en pie y caídos.

Los resultados de captura de carbono a nivel de la biomasa arbórea viva en cada uno de los sistemas agroforestales evaluados en la región San Martín, se presentan en Cuadro 5. Se estima que los sistemas evaluados muestran una contribución muy positiva de captura de carbono a nivel de biomasa arbórea viva presentando valores desde 12.09 t.C/ha para el sistema de Pachiza de 5 años hasta 35.5 t.C/ha presentado por el sistema de Huicungo de 12 años.

Estos resultados nos indican que la captura de carbono no está relacionada a la edad de los sistemas sino a la diversidad de las especies

propias de cada sistema con diferentes edades, mostrándose un desarrollo heterogéneo en cada sistema agroforestal. También está en función de las prácticas silviculturales, manejo adecuado de la plantación mediante podas y otras prácticas culturales. Así mismo, se puede verificar la importancia de la biomasa arbórea viva, la cual proporciona el mayor porcentaje de carbono a la cantidad total de reservas que muestra cada sistema (CALLO-CONCHA *et al.* 2001).

Cuadro 5. Carbono capturado en biomasa herbácea-arbustiva y hojarasca en toneladas (t) por hectárea (ha), año de todos los sistemas agroforestales.

Sistemas	t C ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		
	Arbórea viva	AMP**	ACM**
Juanhui-20 años	32.4	0.639	0.693
Choclito-20 años	26.99	2.475	0
Pachiza-12 años	31.18	0.17	4.13
Huicungo-12 años	35.5	0	0.9
Pachiza-05 años	12.09	8.7	1.38
Juanjui-05 años	14.23	2.9	4.5

\* Árboles muertos en pie

\*\* Árboles caídos muertos

### 2.8.2. Carbono total en la biomasa arbustiva –herbácea y hojarasca

Los resultados de captura de carbono a nivel de la biomasa herbácea-arbustiva y hojarasca en todos los sistemas agroforestales evaluados en la región San Martín, se presentan en Cuadro 6, Figura 2. Se estimó que los sistemas evaluados muestran una baja contribución en la captura de carbono a nivel de biomasa arbórea viva presentando valores desde 0.05 t.C/ha para el sistema de Pachiza de 5 años hasta 6.8 t.C/ha en el sistema de Choclito con 20

años, estos resultados pueden deberse que algunos sistemas evaluados se encuentran en condiciones de abandono, repercutiendo en la poca acumulación de biomasa. Por otro lado, la biomasa de hojarasca presentó un mayor aporte a la reserva de carbono total, en los diferentes sistemas agroforestales evaluados, mostrándose valores que fluctuaron de 4.00 t.C/ha en el sistema de Pachiza de 5 años y 9.97 t.C/ha en el sistemas de Juanjui con 20 años y estos resultados pueden deberse a las diferente edades y la diversidad de especies heterogénea, en donde se desarrollan cada sistema agroforestal (LAPEYRE *et al.* 2004).

Cuadro 6. Carbono capturado en biomasa herbácea-arbustiva y hojarasca en toneladas por hectárea de todos los sistemas agroforestales.

Sistemas	t C ha-1 año-1	
	Herbácea arbustiva	Hojarasca
Juanhui-20 años	1.15	9.97
Choclito-20 años	6.8	4.5
Pachiza-12 años	2.45	7.14
Huicungo-12 años	0.28	8
Pachiza-05 años	0.05	4
Juanjui-05 años	0.65	6.7

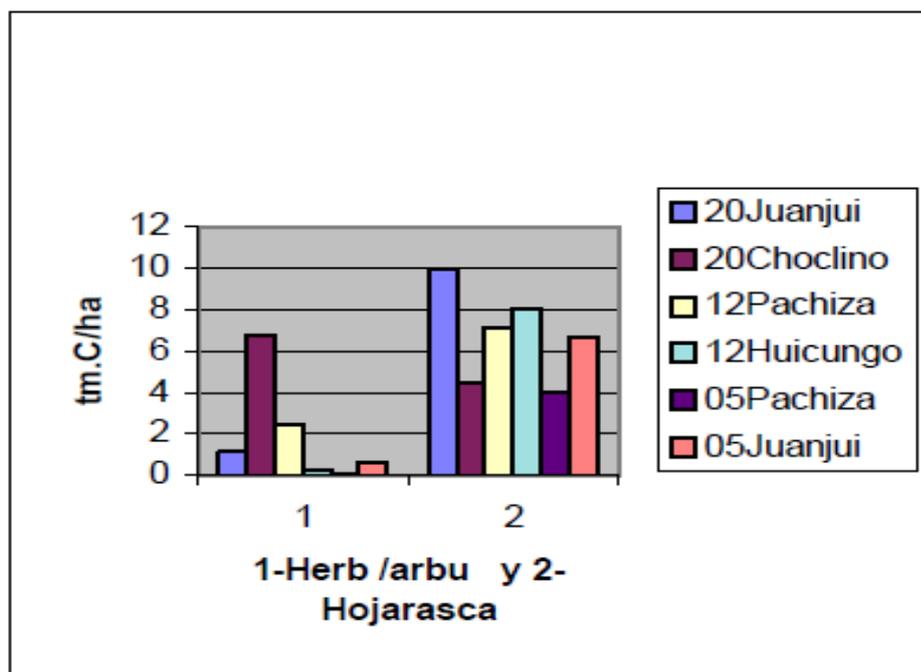


Figura 2. Niveles de carbono en sotobosque y hojarasca a nivel de todos los sistemas.

## 2.9. Biomasa

La biomasa forestal se define como el peso (o estimación equivalente) de materia orgánica que existe en un determinado ecosistema forestal por encima y por debajo del suelo. Normalmente es cuantificada en toneladas por hectárea de peso verde o seco. Es frecuente separarla en componentes, donde los más típicos corresponden a la masa del fuste, ramas, hojas, corteza, raíces, hojarasca y madera muerta. Por otra parte la FAO (1998) considera que la biomasa es un elemento principal para determinar la cantidad de carbono almacenado en el bosque. La biomasa forestal permite elaborar previsiones sobre el ciclo mundial del carbono, que es un elemento de importancia en los estudios sobre el cambio climático. Además, para una parte de la población humana que vive en las zonas rurales de los países en desarrollo, la biomasa es una fuente primordial de combustible para cocinar y para calefacción.

Diversos estudios se reportan en el mundo sobre la biomasa de bosques naturales y plantaciones forestales, pero realmente es insuficiente el conocimiento que se tiene sobre la biomasa total existente en los bosques y plantaciones forestales, pues ésta se reduce casi exclusivamente al proporcionado por los métodos tradicionales de los inventarios, donde se considera únicamente el volumen de madera de determinadas especies, por lo que la cantidad real de biomasa disponible queda sustancialmente subestimada al no considerarse el rabeón, ramas, hojas, tocón, raíces, biomasa muerta y el matorral que constituye el sotobosque, materias primas susceptibles de ser utilizadas en un mercado donde no prime la forma y tamaño del producto.

Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos (CHAPIN, 2002).

### **2.9.1. Formación de biomasa**

El modelo básico de captación y acumulación de la energía solar es el que llevan a cabo las especies vegetales verdes, única fuente energética renovable que conlleva asimismo un almacenamiento en forma de energía de alta calidad: la energía química. Este proceso ha mantenido la vida en la Tierra hasta nuestros días en forma de materia orgánica, que resulta ser energía solar almacenada y se denomina "energía de la biomasa" (CHAPIN, 2002).

### **2.9.2. Biomasa y sus formas**

Como consecuencia de la actividad fotosintética de los vegetales, se forma una masa viviente que hemos denominado biomasa. Sin embargo,

ésta es transformada posteriormente en los distintos niveles de seres vivos que conocemos.

Por tanto, se puede hablar de biomasa vegetal cuando ésta se produce directamente como consecuencia de la fotosíntesis.

La biomasa, se expresa en cuanto su peso después de secada en el horno (incluyendo o excluyendo la corteza), de las partes leñosas (tronco, corteza, ramas grandes y pequeñas) de todos los árboles vivos excluyendo los tocones y raíces (CHAPIN, 2002).

## **2.10. Los bosques tropicales en el aspecto político**

### **2.10.1. El Protocolo de Kyoto**

Dicho protocolo, firmado en 1997 en Kyoto tiene como objetivo que los países desarrollados de reduzcan en promedio 5.2% de las emisiones de GEI con respecto a las emitidas en 1990, el primer periodo de compromiso está fijado entre los años 2008 y 2012.

Dentro de las herramientas propuestas en el protocolo de Kyoto se encuentra el mecanismo de desarrollo Limpio (MDL) , este permite a países desarrollados invertir en proyectos en países en vías de desarrollo , que mitiguen o capturen gases invernadero , esto se lograría a través de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER's).

El propósito del MDL es ayudar a los países en desarrollo a lograr un desarrollo sostenible, así como ayudar a los países con metas de reducción a cumplir con sus compromisos.

Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Con la ratificación de Rusia en Noviembre de 2004, después de conseguir que la UE pague la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor.

Además del cumplimiento que estos países hicieron en cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero se promovió también la generación de un desarrollo sostenible, de tal forma que se utilice también energías no convencionales y así disminuya el calentamiento global.

### **2.10.2. Mecanismo de desarrollo limpio**

El MDL no es tan sólo un instrumento para mitigar el cambio climático; sino también un medio para ayudar a los países en desarrollo en su aspiración a un desarrollo sostenible, limpio y ecológicamente sano. El propósito más ambicioso es hacer que el MDL contribuya efectivamente a la generación y la transferencia de la tecnología y las inversiones que se requieren para romper el nexo entre crecimiento económico y combustibles fósiles en los países en desarrollo. El MDL se basa en proyectos, y su importancia radica en que es la primera estrategia mundial de mercado para promover servicios medioambientales. Esto significa que los sistemas de agricultura ecológica pueden tener nuevas funciones económicas además de la producción de alimentos y fibras (OYHANTÇABAL, 2005).

El MDL es el único que involucra a países en desarrollo, el cual permite que proyectos de inversión elaborados en éstos países puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de Certificados de

Emisiones Reducidas (CER), mitigando la emisión o secuestrando GEI de la atmósfera (ULLOA, 2004). Por otro lado, NORBERTO (2006), menciona que los CER son certificados obtenidos como producto de un proyecto realizado en países en vías de desarrollo donde se reducen o fijan emisiones de GEI en comparación a un escenario base. Los CER pueden expresarse en t.CO<sub>2</sub>, o t.C (una t.C equivale a 3,7 t.CO<sub>2</sub>).

### **2.11. Sistema agroforestal**

Un Sistema Agroforestal es un sistema agropecuario cuyos componentes son árboles, cultivos o animales.

La Agroforestería implica una serie de técnicas que incluyen la combinación, simultánea o secuencial, de árboles y cultivos alimenticios, árboles y ganado (árboles en los pastizales o para forraje), o todos los tres elementos. La Agroforestería incluye un conjunto de prácticas que implican una combinación de prácticas agropecuarias que se realizan en el mismo lugar y al mismo tiempo (prácticas simultáneas), o aquellas desarrolladas en el mismo sitio pero en épocas diferentes (prácticas secuenciales). El “sitio” puede ser tan pequeño como un simple jardín o una parcela cultivada, o tan extenso como un área de pastizal (CATIE, 1998).

#### **2.11.1. Función de los sistemas agroforestales**

La Agroforestería es frecuentemente señalada como una solución a los problemas de degradación de la tierra y del agua, y como una respuesta a la escasez de alimento, leña, ingreso, forraje animal y materiales de construcción. La amplitud y la variedad de sistemas y prácticas agroforestales implican que la Agroforestería puede ofrecer soluciones parciales para muchos problemas productivos y de uso de la tierra en las zonas rurales.

Es conocida la potencialidad de los árboles fijadores de nitrógeno para mejorar la fertilidad de las tierras cultivadas y de las áreas de pastizal; la resistencia de ciertos árboles a la sequía (muy importante en las zonas áridas); la función de las cortinas rompe vientos en la protección de las tierras cultivadas y de las áreas de pastizal; la contribución de los árboles forrajeros ricos en proteína para la producción ganadera, y el potencial comercial de algunos tipos de árboles cultivados.

Además, las prácticas agroforestales son apropiadas para una amplia variedad de sitios, tales como tierras con pendiente o tierras planas.

La Agroforestería tiene las siguientes funciones ambientales:

- Reducción de la erosión del suelo y mantenimiento de la fertilidad
- Mantenimiento de la cantidad y calidad del agua
- Retención de carbono y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Mantenimiento y ordenación de la diversidad biológica en el paisaje agrícola, etc.

### **2.11.2. Clasificación de los sistemas agroforestales**

Los SAF se clasifican de acuerdo a su base estructural (composición de especies y arreglo en el espacio y tiempo), su base funcional (función del componente leñoso), su base socioeconómica (objetivo comercial) y base ecológica (aptitud del sistema a ciertas condiciones agroclimáticas) (CATIE, 2001).

De acuerdo a su base estructural los SAF se pueden agrupar en diferentes prácticas agroforestales tales como: sistemas agrosilvícolas,

sistemas silvopastoriles, sistemas agrosilvopastoriles y sistemas especiales (Nair, 1997; Jiménez y Muschler, 2001, citado por PÉREZ, 2006).

Cuadro 7. Sistemas agroforestales de acuerdo a los componentes agrícolas y forestales.

Sistemas	Tipo de uso
Sistemas agro silvícolas	Agricultura migratoria, barbecho mejorado, cultivo en plantaciones forestales y taungya, árboles en parcelas de cultivos, leñosas como soporte vivo para cultivos, huertos caseros, cultivo en callejones
Sistemas silvopastoriles	Cercas vivas, banco forrajeros, árboles dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones dispersos en potreros, pastoreo en plantaciones forestales y pasturas en callejones
Sistemas especiales	Silvoentomología y silvoacuacultura

Fuente: Fair, 1997; Jiménez y Muschler, 2001, citado por PEREZ (2006).

### 2.11.3. Importancia de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales son importantes porque aumenta o mantiene la productividad de la tierra sin causar degradación, el cual puede contribuir a solucionar los problemas de uso de los recursos naturales debido a la función biológica y socioeconómica que puedan cumplir. Favoreciendo en aspectos tales como el mantenimiento del ciclaje de nutrientes y al aumento de la diversidad de especies, así mismo los árboles protegen al suelo de los efectos del sol y las fuertes lluvias (CONIF, 1998).

Los sistemas agroforestales permiten actividades agropecuarias en condiciones de altas fragilidad y limitaciones productivas, simultáneamente intenta lograr una gestión económica más eficiente, alterando al mínimo la estabilidad ecológica la cual contribuye a alcanzar la sostenibilidad de los

sistemas de producción y como consecuencia mejorar el nivel de vida de la población rural, y presenta los siguientes objetivos:

- **Objetivo ecológico.** Con estas prácticas no solo son conservados los suelos de laderas sino que se logra proteger importantes cursos fluviales y cuencas hidrográficas.
- **Objetivo económico.** No se ha realizado evaluaciones económicas integrales en sistemas agroforestales tradicionales, pero se pueden inferir los beneficios económicos múltiples comparado con actividades agrícolas aisladas, en los huertos caseros el agricultor obtiene una producción diversificada en pequeñas áreas el cual obtiene alimento para el autoconsumo y haciendo una dependencia mínima del mercado, significando un ahorro económico e incluso un ingreso por venta de los excedentes.
- **Objetivo social.** Los beneficios sociales explícitos son motivaciones principales para la implementación de los sistemas agroforestales el cual contribuye a diversificar la producción, fortalece la base económica y por ende eleva el nivel de vida del poblador rural (RENDA *et al.* 1997).

## 2.12. Descripción de las especies en estudio

### 2.12.1. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (*leucaena*)

Reino : Plantae  
División : Magnoliophyta  
Clase : Magnoliopsida  
Sub clase: Rosidae  
Orden : Fabales  
Familia : Mimosaceae  
Género : *Leucaena*  
Especie : *Leucocephala*

*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit pertenece a la familia mimosaceae, es una especie originaria de México, y se ha propagado por todos los trópicos del nuevo y viejo mundo se caracteriza por ser un árbol o arbusto de porte bajo de 1 a 10 metros de altura, aunque puede alcanzar hasta 20 metros. Presenta una raíz principal profunda, fuerte, penetrante, de rápido crecimiento, con algunas raíces laterales de menor diámetro. El largo de la raíz se asocia casi siempre con la altura del árbol (LEZCANO, 2005).

Su capacidad de adaptación le permite desarrollarse desde el nivel del mar en zonas donde ocurren precipitaciones de 760 mm; prefiere los suelos neutros con adecuado contenido de calcio y pH mayor a 5.5; aunque también se adapta a suelos arcillosos, pesados y salinos (DE LA CRUZ, 2010).

#### **2.12.1.1. Importancia del uso de la *Leucaena leucocephala***

Dada su conformación (porte bajo y denso, raíces profundas y pivotantes) es adecuada para el establecimiento de cercos vivos; así mismo para prácticas de conservación de suelos en general.

Otra característica de suma importancia es de fijar nitrógeno atmosférico, tiene buen valor forrajero; ya que posee alta palatabilidad y digestibilidad. Es además fuente de leña de buen poder calorífico y en la medicina natural, las hojas tienen propiedades curativas para los malestares bronquiales. Por otro lado, las semillas molidas son utilizadas como repelentes de insectos y finalmente como ornamental y tiene potencial melífero (LAMPRECHT, 1990).

#### **2.12.1.2. Distribución ecológica de la *Leucaena leucocephala***

La *Leucaena leucocephala* es un arbusto de América tropical se le cultiva en muchos lugares de Sudamérica como ornamental y en el Perú existe

de modo natural en el bosque ribereños de la costa y sierra (departamento de Lima, Ica, Tacna, entre otros) (LAMPRECHT, 1990).

La *Leucaena leucocephala* es un arbusto con más de 50 especies que se encuentran distribuidas ampliamente en América Tropical y Polinesia, en el Perú existen tres especies (MOSTACERO y MEJIA, 1993).

### 2.12.2. Bolaina blanca

Según Engler y Praunt (1989) citado por MOSTACERO *et al.* (2002) la clasificación botánica de bolaina blanca es la siguiente:

Reino : Plantae  
 Sub reino: Fanerógamas  
 División : Angiospermae  
 Clase : Dicotyledoneae  
 Subclase: Archichlamydeae  
 Orden : Malvales  
 Familia : Sterculiaceae  
 Género : *Guazuma*  
 Especie : *crinita* Martius.  
 Nombre científico: *Guazuma crinita* Mart.  
 Nombre común : bolaina blanca

#### 2.12.2.1. Distribución hábitat

La especie bolaina blanca tiene distribución muy amplia en el Neotrópico, desde Centroamérica a la región Amazónica, hasta el sur de Brasil, Bolivia y Perú, mayormente hasta los 1500 msnm. Es característico de suelos Ultisol, Entisol, Inceptisol y pH de extremada a ligeramente ácido. La especie abunda en la Amazonía Peruana.

Se le observa en ámbitos con pluviosidad elevada y constante, pero también en zonas con una estación seca marcada. Es una especie heliófita, pionera de rápido crecimiento, característica de la vegetación secundaria temprana, muy abundante en la cercanía a caminos y zonas con alteración antropogénica. Suele presentarse en suelos limosos a arenosos, muchas veces de escasa fertilidad, a veces pedregosos; no tolera el anegamiento, sobre todo cuando es una plántula (REYNEL *et al.* 2003). La especie en el Perú se encuentra en los departamentos de Loreto, Amazonas, Ucayali, Huánuco, San Martín, Madre de Dios, Junín y Cerro de Pasco, entre 0 y 1,000 msnm. Se encuentran generalmente en bosques secundarios y a orillas de los ríos, a veces formando rodales naturales homogéneos (INIA –OIMT, 1996). La especie se ubica dentro de las zonas ecológicas bosque húmedo premontano (bh-PM) y bosque muy húmedo subtropical (bmh-ST). Su rango ecológico soporta precipitaciones de 1800 a 2500 mm, temperatura media anual de 25°C (REYNEL *et al.* 2003).

#### 2.12.2.2. Descripción morfológica

Según REYNEL *et al.* (2003) describe las características morfológicas de bolaina blanca como sigue:

- **Árbol**, de 25-80 cm de diámetro y 15-30 m de altura total, con fuste cilíndrico, la ramificación en el tercer tercio, la base del fuste recto.
- **Corteza externa**, lisa a finamente agrietada, color marrón claro a grisáceo.
- **Corteza interna**, fibrosa y conformando un tejido finamente reticulado, color amarillo claro, oxida rápidamente a marrón; se desprende en tiras al ser jalada.

- **Ramitas terminales**, con sección circular, color oscuro cuando seca, de unos 3-4 mm de diámetro, usualmente con pubescencia ferrugínea hacia las partes apicales; la corteza se desprende en tiras fibrosas al ser jalada.
- Hojas simples, alternas y dísticas, de 10-18 cm de longitud, y 5-7 cm de ancho, el pecíolo de 1.5-2 cm de longitud, pulvinulado, las láminas ovadas, frecuentemente asimétricas, aserradas, la nervación palmeada, los nervios secundarios prominulos en haz y envés, el ápice agudo y acuminado, la base cordada, las hojas cubiertas de pubescencia de pelos estrellados y escamosos (10 x) sobre todo por el envés.
- **Inflorescencias**, panículas axilares de unos 8-12 x 3-6 cm con muchas flores.
- **Flores pequeñas**, de 8-12 mm de longitud, hermafroditas, con cáliz y corola presentes, los pedicelos de 4-8 mm de longitud, el cáliz de 2-3 mm de longitud, la corola de 6-12 mm de longitud, de color rosado, con cinco pétalos, cada uno de ellos en forma de cuchara y con dos largos apéndices en el extremo, el androceo formado por cinco columnas estaminales que portan en su extremo numerosas anteras, el gineceo con ovario súpero, ovoide, pequeño.
- **Frutos**, cápsulas globosas de unos 4-8 mm de diámetro con la superficie densamente cubierta de pelos largos, de unos 3-4 cm de longitud.

### 2.12.2.3. Características de la madera

El tronco recién cortado presenta las capas externas de madera (albura) de color blanco similar a las capas internas (duramen), observándose

entre ambas capas un leve y gradual contraste de color. En la madera seca al aire la albura se torna de color blanco y el duramen marrón muy pálido.

- Olor: No distintivo.
- Lustre o brillo: Moderado a elevado.
- Grano: Recto.
- Textura: Media.
- Veteado o figura: Satinado brillante en la sección radial por contraste de los radios. Líneas verticales vasculares.
- Madera liviana, que presenta contracciones lineales medias y la contracción volumétrica estable. Para la resistencia mecánica se sitúa en el límite de la categoría baja con la categoría media (INIA –OIMT, 1996).

#### **2.12.2.4. Usos de la madera**

La madera es de buena calidad, aunque blanda y liviana, tiene buena durabilidad. Se le usa en carpintería, elaboración de utensilios pequeños como paletas de chupetes, mondadientes, palos de fósforos y artesanía; en años recientes se le usa crecientemente en la industria de los tableros contrachapados.

La corteza interna fibrosa es empleada localmente como material de amarre (INIA –OIMT, 1996).

#### **2.12.2.5. Productividad y rentabilidad**

En función de las condiciones de establecimiento se puede apreciar grandes diferencias en el crecimiento. Estas diferencias se basan en el régimen de humedad, la fertilidad y la textura del suelo, y el antecedente de las parcelas (pastizal, bosque secundario maduro, bosque descremado) (INIA – OIMT, 1996).

### 2.12.3. Pino chuncho

- Reino : Plantae  
Familia : Caesalpinaceae  
Género : *Schizolobium*  
Especie : *amazonicum*

#### 2.12.3.1. Características silviculturales

Especie leguminosa fijadora de nitrógeno en el suelo, rapidez de regeneración natural en espacios abiertos, poda natural.

#### 2.12.3.2. Ecología (características específicas del sitio)

- Temperamento ecológico: Heliófila Durable de Crecimiento Rápido.
- Estrategia de crecimiento: Especie de rápido crecimiento, con requerimiento pleno de luz.
- Estrato del bosque donde domina o se establece: Estrato Medio, Codominante.
- Vectores de dispersión de las semillas: Principalmente por el viento.
- Textura del suelo: De Media a Fina (de Franco Arenoso hasta arcillosos).
- Drenaje del suelo: De moderado a bueno.
- Reacción del suelo a la acidez: De extremada a ligeramente ácidos (pH 4 – 6.5).
- Tolerancia a suelos especiales: Suelos degradados, pobres en nutrientes.

- Altitud (piso altitudinal) msnm. : 0 – 1,200.

### 2.12.3.3. Usos

- Conservación: Para recuperación de tierras degradadas, mejora y conservación de suelos, re vegetación y ornamental
- Madera: Muebles sencillos, machihembrado, potencial para pulpa y papel, cajonería, palitos de fósforo y mondadientes
- No maderable: Apreciado por su valor melífero y polinífero (ACEVEDO y KIKATA, 1994).

### 2.12.4. Cacao

Reino : Vegetal

División : Magnoliópsida

Clase : Angiospermae

Subclase: Dicotiledóneae

Orden : Malvales

Familia : Esterculiáceae

Género : *Theobroma*

Especie : *cacao* L.

Nombre común : Cacao

Nombre científico: *Theobroma cacao* L.

#### 2.12.4.1. Cacao CCN-51

El cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51 es fruto de varios años de investigación en hibridación de plantas. Es importante señalar que el origen genético de este clon es fruto del cruzamiento entre IMC-67 (Amazónico) x ICS-95 (Trinitario), y la descendencia de estos fue cruzada con otro cacao del oriente. Por lo tanto, el CCN-51 corresponde a lo que se conoce como un

híbrido doble. Lo que hay que resaltar es que solamente la planta número 51 fue la que se destacó por sus excelentes características agronómicas y sanitarias, motivo por el cual fue clonada en forma masiva (VERA, 1993).

#### **2.12.4.2. Características del cacao CCN-51**

Se ha demostrado que es un material auto compatible que posee una habilidad combinatoria general, lo que significa que posee la facilidad de combinarse con otros materiales genéticos que inclusive pueden ser auto incompatible. Esta característica unida a una eficiente polinización entomófila (se ha demostrado que más del 95% de la polinización y formación de mazorcas en cacao es producto de la polinización realizada por insectos especialmente del género *Forcipomyja* spp.) eleva los niveles de producción de fruto, otorgándole ventajas frente a otros materiales genéticos. Se destaca también su altos niveles de resistencia a la Escoba de Bruja *Crinipellis perniciosa* y Mal del Machete *Ceratocystis Fimbriata* principales enfermedades de importancia económica del cacao. Adicionalmente en condiciones de baja humedad relativa es tolerante a *Moniliasis Moniliaroreri*. Estos atributos genéticos junto a la implementación de buenas prácticas de manejo de la plantación, han permitido que este clon exprese en mejor forma su potencial productivo (3 -4 Tm/Ha) (SEMINARIO, 2006).

#### **2.12.5. Frejol de palo**

Clase : Angiosperma  
 Subclase: Dicotyledoneae  
 Orden : Leguminosae  
 Familia : Papilionaceae  
 Género : *Cajanus*  
 Especie : *Cajan* L.

### **2.12.5.1. Características**

Es una leguminosa de granos comestibles que se puede cultivar tanto anual como perenne. Es una planta con capacidad de fijar una elevada cantidad de nitrógeno en el suelo. Además, su raíz penetrante es bastante útil para descompactar los suelos.

Planta que mide de 1 a 3 m de altura, con soportes de 0.5 a 3 cm, hojas alargadas divididas en 3, agudas en la punta con pelos en el reverso. Las flores tienen pétalos amarillos y miden 2 cm, y tienen un cáliz cubierto de vellos. El fruto es una vaina con 5 semillas, de 5 a 8cm de largo, de ancho las semillas miden de 7 a 8mm. Su tallo es resistente, de forma cilíndrica y de color verde variando a verde púrpura, su hábito de crecimiento puede ser determinado e indeterminado.

Las hojas son trifoliadas, alternas, distribuidas en forma espiral a lo largo del tallo, su forma es oblonga de 5-10 cm de largo por 2-4 cm de ancho, pueden tener estipulas o no, las cuales son lineales (2-3 mm) o filiformes (1-2 mm). Las flores se presentan en racimos con 5-10 flores sésiles casi siempre, se localizan en las axilas o en la parte terminal de las ramas.

### **2.12.5.1. Aspectos ecológicos**

La planta de frijol de palo mejora los suelos, por su difuso y profundo sistema radicular contribuyendo con la disminución de la erosión, especialmente cuando se cultiva como perenne después que la planta se ha establecido y además incorpora nitrógeno atmosférico al suelo, mediante una simbiosis de la planta con bacterias del género *Rhizobium* (MORDAN, 1983).

### 2.12.6. Guaba

Reino :	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase :	Magnoliopsida
Orden :	Fabales
Familia :	Fabaceae
Género:	<i>Inga</i>
Especie:	<i>Edulis</i>

#### 2.12.6.1. Descripción

Es un árbol pequeño de 3-8 m. de altura; fuste de 15-40 cm. de DAP, muy ramificado, casi desde la base y corteza externa lisa de color pardo grisáceo. Hojas compuestas, alternas, paripinnadas, con estípulos decíduas y ráquis alado pardo tometoso.

Foliolos subsésiles, opeustos de 4-6 pares, con glándulas, entre los foliolos; láminas cartáceas abaxialmente pardo puberulento, elípticas a oblongo-elípticas de 3-15 cm. de largo y 1,5-8 cm. de ancho, foliolos terminales de mayor tamaño que los basales, márgenes enteros o ligeramente ondulados, ápice generalmente acuminado y base redondeada o truncada, haz y envés usualmente pubescentes, haz verde oscuro con nerviación densamente pubescente, envés verde claro con nerviación prominente muy pubescente; contiene una fruta en forma de vaina de color verde oscuro en cuyo interior se encuentra el fruto.

El color de las motas es blanco y el de las semillas es un verde-café oscuro. Las motas de la guaba son muy dulces. Algunas variedades tienen la envoltura muy dura otras se pueden abrir directamente con las manos.

#### **2.12.6.1. Distribución**

Es una especie nativa de América tropical, distribuida en todos los países de la cuenca amazónica. En el Perú, se cultiva en toda la selva.

#### **2.12.6.2. Condiciones ambientales**

Las condiciones ambientales adaptativas son: biotemperatura media anual máxima de 25,1°C y biotemperatura media anual mínima de 17,2°C. Promedio máximo de precipitación total por año de 3419 mm. y promedio mínimo de 936 mm. Altitud variable desde el nivel del mar hasta 2 000 msnm.

#### **2.12.6.3. Suelos**

La planta se adapta a todos los tipos de suelos existentes en la amazonía, desde los más fértiles entisoles, inceptisoles, histosoles y alfisoles, hasta los más ácidos e infértiles oxisoles, ultisoles e inclusive los espodosoles arenosos.

Desarrolla bien en terrenos no inundables. Tolera hidromorfismo y período secos prolongados (INIA-OIMT.1996).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de ejecución**

La parcela de investigación se encuentra en el sector de Saipai-Santa Lucia, perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) (Anexo 1).

#### **3.2. Ubicación geográfica**

El caserío de Saipai se encuentra ubicado en la región geográfica de Ceja de Selva o región natural Selva Alta o Rupa Rupa en las coordenadas 388252 E y 8990937 N, a una altitud de 660 m.s.n.m.

#### **3.3. Ubicación política**

País	: Perú
Región	: Huánuco.
Provincia	: Leoncio Prado.
Distrito	: José Crespo y Castillo
Caserío	: Saipai-Santa Lucia

#### **3.4. Ubicación ecológica**

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida o formaciones vegetales del mundo y el diagrama bioclimático de HOLDRIGE (1987), la zona de estudio se encuentra dentro de la zona ecológica: bosque muy húmedo Premontano Tropical (bmh. PT).

### **3.5. Características generales de la zona**

#### **3.5.1. Clima**

El clima característico es de trópico húmedo. La temperatura media anual es de 24°C, y las precipitaciones sobrepasan los 2,630 mm/año (ESTACIÓN TULUMAYO – UNAS, 2013).

#### **3.5.2. Fisiografía**

La fisiografía que presenta el área de estudio presenta en su mayoría zonas de planicie y colinas bajas con zonas de suelos accidentados propios de la selva alta, con suelo con aptitudes agronómicas (VASQUEZ *et al.* 2008).

#### **3.5.3. Suelo**

##### **3.5.3.1. Características físicas**

Textura parcela 1: franco arcilloso

Textura parcela 2: arcilloso

Textura parcela 3: franco arcilloso (Anexo 2)

##### **3.5.3.2. Características químicas**

Parcela 1: pH: 4.68, M.O(%): 2.02, N (%): 0.09

P (ppm): 0.15, K<sub>2</sub>O (Kg/ha): 186.83

Parcela 2: pH: 4.75, M.O(%): 1.34, N (%): 0.06

P (ppm): 0.84, K<sub>2</sub>O (Kg/ha): 159.01

Parcela 3: pH: 4.61, M.O(%): 2.69, N (%): 0.12

P (ppm): 0.03, K<sub>2</sub>O (Kg/ha): 188.16 (Anexo 2)

#### **3.5.4. Vegetación**

La extracción de árboles en años pasados, propios de la zona (caoba, tornillo, cedro, capirona, lupuna, etc) para la crianza de ganado, siembra de cultivos ilegales y de pan llevar, ha generado en la actualidad la existencia de especies vegetales foráneas, asimismo se observa la existencia de sólo una especie frutal en el área que es la guayaba. Por otro lado encontramos en gran cantidad pastos en asociación con kutzu (VASQUEZ *et al.* 2008).

#### **3.5.5. Actividades socioeconómicas**

La principal actividad en la zona es la agricultura, casi el 100% de la población se dedica a la producción de arroz, cocona, papaya, plantaciones con métodos de cultivo de sistemas agroforestales, tomando conciencia con el medio ambiente.

### **3.6. Materiales y equipos**

#### **3.6.1. Material vegetativo**

Se adquirió 8 plántulas de leucaena (*Leucaena leucocephala*), guaba (*Inga edulis*) y pinochuncho (*Schizolobium amazonicum*) por especie de planta y 174 plantas de bolaina blanca (*Guazuma crinita Mart*), con 4 meses de crecimiento.

Se requirió 1 kg semillas de frejol de palo y 1239 plantas de cacao (*Theobroma cacao L.*) con un tiempo de 3 meses, previamente injertados con la variedad CCN-51.

### **3.6.2. Materiales de campo**

Balanza, bolsas de papel, bolsas plásticas, cinta diamétrica, cilindros de Uhland, costales de polietileno de 50 kg, dimensionador de 1 m x 1 m y de 0,5 m x 0,5 m, libreta de campo, machetes, plumón indeleble, brújula, lapiceros, pala recta, barreno, rafia, tijera de podar, wincha de 30 y 50 m.

### **3.6.3. Equipos de campo**

GPS (Sistema de Posición Geográfica), cámara fotográfica digital.

### **3.6.4. Equipos de gabinete**

Balanza analítica, computadora, estufa, equipos de laboratorios de suelos.

## **3.7. Metodología**

Para la investigación se plantearon tres fases: fase de pre campo, fase de campo y fase de gabinete.

### **3.7.1. Fase de pre campo**

#### **3.7.1.1. Determinación de la zona de estudio**

El área en donde se instalaron las parcelas son áreas degradadas que han sido modificadas a través de cultivos de pan llevar y cultivos ilícitos, ocasionando empobrecimiento de suelos, desequilibrio en la biodiversidad, reducción de la capacidad productiva del suelo y los caudales del agua.

#### **3.7.1.2. Diagnóstico rápido**

El diagnóstico rápido se realizó mediante el recorrido por el terreno y se observó el estado actual del suelo. Esto labor fue necesaria para conocer

las características físicas de las parcelas antes de comenzar con la instalación de los sistemas agroforestales.

### 3.7.1.3. Delimitación de parcelas

Se seleccionaron tres parcelas cada una de 55 m x 85 m, en cada una de las cuales se establecieron las siguientes especies maderables y fijadoras de nitrógeno: leucaena (*Leucaena leucocephala*), guaba (*Inga edulis*) y pino chuncho (*Schizolobium amazonicum*). En cada parcela se incorporó el mismo tipo y número de especies cacao CCN-51 (*Theobroma cacao*) y frejol de palo (*Cajanus Cajan*) y al alrededor de la parcela cada 5 metros se plantó bolaina blanca (*Guazuma crinita Mart.*)

Cuadro 8. Especies, distanciamiento y método de siembra

PARCELA	ESPECIE	METODO	DISTANCIAMIENTO (m)
1	Guaba	Tres bolillos	24
	Frejol de palo	Tres bolillos	12
	Cacao	Tres bolillos	3
	Bolaina	Contorno	5
2	Pino chuncho	Tres bolillos	24
	Frejol de palo	Tres bolillos	12
	Cacao	Tres bolillos	3
	Bolaina	Contorno	5
3	Leucaena	Tres bolillos	24
	Frejol de palo	Tres bolillos	12
	Cacao	Tres bolillos	3
	Bolaina	Contorno	5

Fuente: Elaboración propia

Lo que caracterizó a estas parcelas es que cada uno tiene una especie arbórea diferente y todas tienen las mismas características (suelo, pendiente, clima, etc.) a diferencia de las especies agrícolas. Las parcelas estuvieron separadas por calles de 5 metros, además las plantas de bolaina se utilizaron como barreras de protección. Las seis especies se instalaron

aproximadamente en un mes para que los datos de evaluación y comparación al final de la investigación no presenten problemas (Anexo 3).

### 3.7.2. Fase de campo

#### 3.7.2.1. Plantación

Se procedió a la siembra y plantación de las especies como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 9. Número de plantas para la siembra/plantación

Parcela	Guaba	Pino chuncho	Leucaena	Bolaina blanca	Frejol de palo	Cacao CCN-51
1	8	0	0	56	28	413
2	0	8	0	56	28	413
3	0	0	8	56	28	413

FUENTE: Elaboración propia

Para la plantación de *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis*, *Schizolobium amazonicum*, *Guazuma crinita Mart* y *Theobroma cacao*, se procedió a transplantar en huecos de 15 cm de diámetro por 30 cm de profundidad, todos con el método tres bolillos.

Para la siembra del frejol de palo se colocaron tres semillas por hoyo.

Cuadro 10. Tratamientos del experimento.

TRATAMIENTOS	COMPONENTES
PARCELA 1	Guaba, frejol de palo, bolaina blanca, cacao
PARCELA 2	Pino chuncho, frejol de palo, bolaina blanca, cacao
PARCELA 3	Leucaena, frejol de palo, bolaina blanca, cacao

### 3.7.2.2. Limpieza

La limpieza de cada parcela se hizo de forma manual plateando cada mes las 6 especies de plantas, evitando la proliferación de alguna tipo de maleza.

### 3.7.2.3. Determinación de biomasa vegetal aérea total (BVT)

La metodología seguida para el presente trabajo, corresponde a lo establecido por ARÉVALO *et al.*, (2003); donde, para determinar la biomasa vegetal aérea total se utilizó la siguiente ecuación:

$$BVT(t/ha) = (BAVT + BAH + Bh)$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total (t/ha)

BAVT = Biomasa arbórea vegetal total

BAH = Biomasa arbustiva y herbácea

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca

#### 3.7.3.3.1. Biomasa arbórea

Para calcular la biomasa de los árboles se utilizó el siguiente modelo:

$$BA = 0,1184 \times (dap)^{2,53}$$

Donde:

BA = Biomasa arbórea (Kg/árbol)

Dap = Diámetro a la altura del pecho (cm)

0,1184= Constante

2,53 = Constante

Luego, para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumó la biomasa de todos los árboles medidos y registrados (BTAV) en la parcela de 4 m x 25 m.

$$\text{BAVT (t/ha)} = \text{BTAV} \times 0,1 \text{ ó } \text{BAVT (t/ha)} = \text{BTAV} \times 0,02$$

Donde:

BAVT = Biomasa arbórea vegetal total (t/ha)

BTAV = Biomasa total (Kg) en la parcela de 4 m x 25 m ó 5 m x 100 m

0,1 = Factor de conversión en la parcela de 4 m x 25 m

0,02 = Factor de conversión en la parcela de 5 m x 100 m

### **3.7.3.3.2. Biomasa arbustiva y herbácea**

La determinación de la biomasa arbustiva y herbácea se determinó por muestreo directo, cortándose la vegetación a nivel del suelo y se registró el peso fresco total por metro cuadrado, del cual se obtuvo una submuestra de peso conocido que se desecó en estufa a 75°C hasta obtener el peso seco constante.

$$\text{BAH (t/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT}) \times 0,01$$

Donde:

BAH = Biomasa arbustiva/herbácea, materia seca (t/ha)

PSM = peso seco (g) de la muestra colectada

PFM = Peso fresco (g) de la muestra colectada

PFT = Peso fresco total (g) por metro cuadrado

0,01 = Factor de conversión

### **3.7.3.3.3. Biomasa de hojarasca**

Se recolectó y se pesó la hojarasca acumulada en los subcuadrantes de 0,5 m x 0,5 m, y de esta se tomó una submuestra de valor

arbitrario, que se envió a laboratorio para el secado en estufa hasta alcanzar el peso constante. Luego, para determinar la biomasa de hojarasca se utilizó la siguiente ecuación:

$$Bh \text{ (t/ha)} = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0,04$$

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca (t/ha)

PSM = Peso seco de la muestra colectada

PFM = Peso fresco de la muestra colectada

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado

0,04 = Factor de conversión

#### **3.7.2.4. Cálculo del peso del volumen del suelo**

Para calcular el peso del volumen del suelo por horizonte de muestreo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$PVs \text{ (t/ha)} = DA \times Ps \times 10000$$

Donde:

PVs = Peso del volumen del suelo (t/ha)

DA = Densidad aparente

Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo (m)

10000 = Constante

#### **3.7.3.4.1. Densidad aparente del suelo**

Para determinar la densidad aparente del suelo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$DA \text{ (g/cc)} = PSN/VCH$$

Donde:

DA = Densidad aparente (g/cc)

PSN = Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH = Volumen del cilindro (constante)

### 3.7.2.5. Cálculo del carbono total

Para determinar el carbono almacenado en las parcelas demostrativas, se utilizó la siguiente ecuación:

$$CT \text{ (t/ha)} = CBV + CS$$

Donde:

CT = Carbono total de la parcela demostrativa (t/ha)

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total

CS = Carbono en el suelo

#### 3.7.2.5.1 Carbono en la BVT

Para estimar la cantidad de carbono en la biomasa vegetal total, se utilizó la siguiente ecuación:

$$CBV \text{ (t/ha)} = BVT \times 0,45$$

Donde:

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total (t/ha)

BVT = Biomasa vegetal total

0,45 = Constante

#### 3.7.2.5.2 Carbono en el suelo

La cantidad de carbono almacenado en el suelo se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$CS \text{ (t/ha)} = (PVs \times \%C)/100$$

Donde:

CS = Carbono en el suelo (t/ha)

PVs = Peso del volumen del suelo

%C = Resultados de carbono en porcentaje analizados en laboratorio

100 = Factor de conversión

### **3.7.2.6. Evaluación**

Se realizó 3 evaluaciones cada 4 meses.

### **3.7.3. Fase de gabinete**

Se realizaron los respectivos cálculos y los respectivos análisis de las muestras para la determinación de carbono almacenado, para ello se realizó la prueba de normalidad de Shapiro Wilk, para saber si los datos tenían una distribución normal, luego se realizó la prueba de homogeneidad de la varianza basándose en la media para saber si los datos eran iguales, posterior a ello se utilizó la prueba paramétrica ANOVA para saber si las medias poblacionales eran iguales o al menos unos era diferente; finalmente se hizo la prueba post hoc de Duncan.

Para los casos que cumplieren que no tuviesen una distribución normal se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal - Wallis.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Carbono almacenado en la biomasa arbórea, arbustiva y herbácea

En el cuadro 11 y Figura 3 se muestran los resultados obtenidos en los componentes evaluados con la asociación de diferentes cultivos forestales y agrícolas en el distrito de José Crespo y Castillo; se observa que en la parcela 1 (*Theobroma cacao L.*, con *inga edulis* y *Cajanus cajan*), el mayor aporte de carbono retenido en la biomasa arbórea en las dos evaluaciones realizadas fue 30.42 t.C/ha y 60.85 t.C/ha y de 8.90 t.C/ha, 16.97 t.C/ha, 23.98 t.C/ha en el suelo en las tres evaluaciones realizadas respectivamente. Al mismo tiempo se puede observar que los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbórea son en pequeñas cantidades de 4.27 t.C/ha y 4.69 t.C/ha en biomasa arbustivo/herbácea y 1.48 t.C/ha y 1.85 t.C/ha en biomasa de hojarasca en las dos evaluaciones realizadas, respectivamente.

Cuadro 11. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 1 (sistema agroforestal) en el primer año de instalación.

TRATAMIENTOS	SISTEMAS DE USO DE TIERRA (SUT)	EVALUAC.	Componente				Total (t.C/ha)
			Arbóreo	Herbáceo/ Arbustivo	Hojarasca	Suelo	
<b>Agroforestal</b>							
PARCELA 1	SAF	1°	0.00	0.00	0.00	8.90	8.90
	<i>Theobroma cacao L., con inga edulis y Cajanus cajan</i>	2°	30.42	4.27	1.48	16.97	53.13
		3°	60.85	4.69	1.85	23.98	91.37

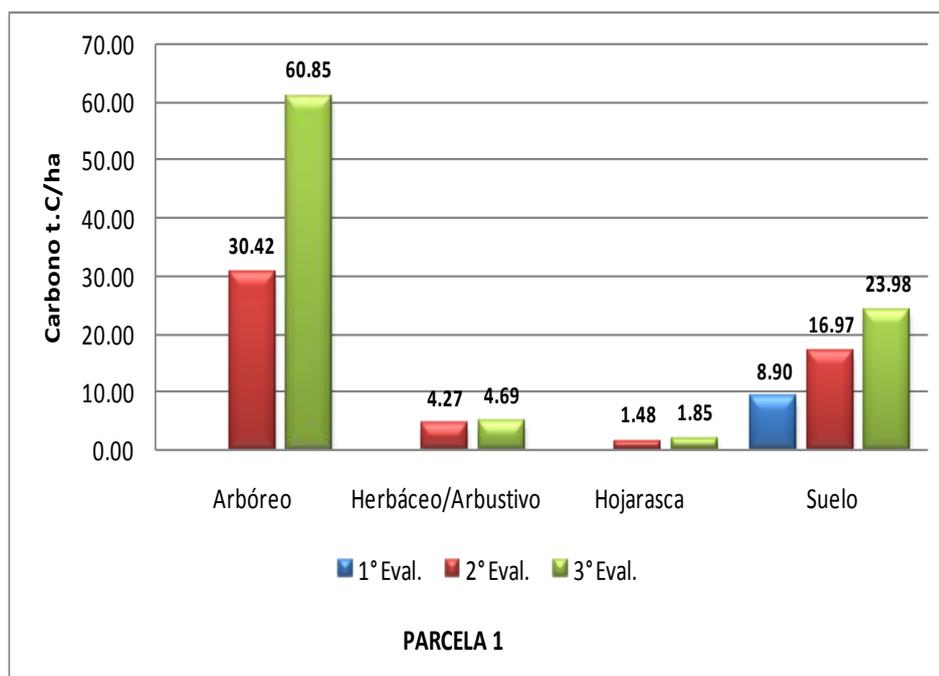


Figura 3. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 1.

En el Cuadro 12 podemos observar que la cantidad de carbono almacenado en los diferentes componentes del tratamiento 1 (parcela 1) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) en las dos

evaluaciones realizadas, tanto en biomasa arbórea, arbustiva y hojarasca alcanzan valores homogéneos de carbono almacenado. Por su parte el carbono en el suelo tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas en las tres evaluaciones realizadas. Sin embargo en la última evaluación se observan valores más altos, en cuanto a carbono almacenado.

Cuadro 12. Prueba de DUNCAN a nivel carbono total almacenado por componentes en la parcela 1.

TRATAMIENTOS	Evaluac.	Componente							
		Arbóreo	Sig $\alpha=0.05$	Herbáceo/ Arbustivo	Sig $\alpha=0.05$	Hojarasca	Sig $\alpha=0.05$	Suelo	Sig $\alpha=0.05$
	1							8.9	0.12
PARCELA 1	2	67.6	0.24	9.49	0.19	3.29	0.555	16.97	0.564
	3	135.2	0.35	10.41	0.25	4.12	0.17	23.98	0.148

En el cuadro 13 y Figura 4 se muestran los resultados obtenidos en los componentes evaluados con la asociación de diferentes cultivos forestales y agrícolas; se observa que en la parcela 2 (*Theobroma cacao* L., *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*), el mayor aporte de carbono retenido en la biomasa arbórea en las dos evaluaciones realizadas fue 35.39 t.C/ha y 74.87 t.C/ha y 11.37 t.C/ha, 14.42 t.C/ha, 25.39 t.C/ha en el suelo en las tres evaluaciones realizadas respectivamente. Al mismo tiempo se puede observar que los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbóreo son en pequeñas cantidades de 5.21 t.C/ha y 5.27 t.C/ha en biomasa arbustivo/herbáceo y 1.33 t.C/ha y 1.71 t.C/ha en biomasa de hojarasca en las dos evaluaciones realizadas, respectivamente.

Cuadro 13. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 2 (sistema agroforestal) en el primer año de instalación.

TRATAMIENTOS	SISTEMAS DE USO DE TIERRA (SUT)	EVALUAC.	Componente				Total (t.C/ha)
			Arbóreo	Herbáceo/ Arbustivo	Hojarasca	Suelo	
<b>Agroforestal</b>							
PARCELA 2	SAF <i>Theobroma cacao L., Schizolobium amazonicum y Cajanus cajan</i>	1°	0.00	0.00	0.00	11.37	11.37
		2°	35.39	5.21	1.33	14.42	56.35
		3°	74.87	5.27	1.71	25.39	107.24

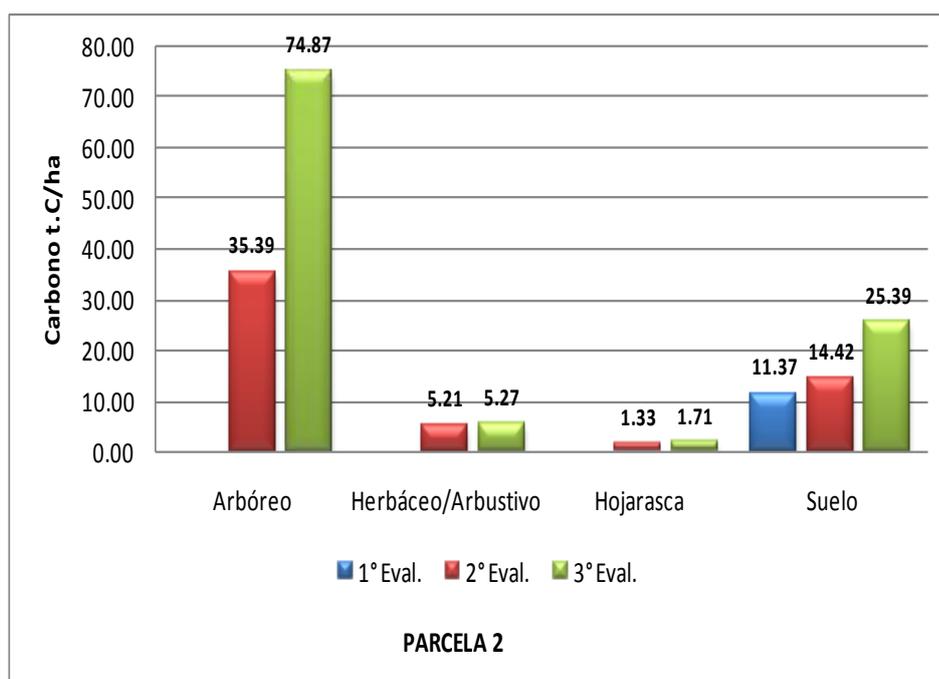


Figura 4. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 2.

En el Cuadro 14 podemos observar que la cantidad de carbono almacenado en los diferentes componentes del tratamiento 2 (parcela 2) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ) en las dos evaluaciones realizadas, tanto en biomasa arbórea, arbustiva y hojarasca

alcanzan valores homogéneos de carbono almacenado. Por su parte el carbono en el suelo tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas en las tres evaluaciones realizadas. Sin embargo en la última evaluación se observan valores más altos, en cuanto a carbono almacenado.

Cuadro 14. Prueba de DUNCAN a nivel carbono total almacenado por componentes en la parcela 2.

TRATAMIENTOS	Evaluac.	Componentes							
		Arbóreo	Sig $\alpha=0.05$	Herbáceo/ Arbustivo	Sig $\alpha=0.05$	Hojarasca	Sig $\alpha=0.05$	Suelo	Sig $\alpha=0.05$
	1							16.97	0.12
PARCELA 2	2	78.65	0.24	11.59	0.19	2.95	0.555	14.42	0.564
	3	166.4	0.35	11.71	0.25	3.91	0.17	25.83	0.148

En el cuadro 15 y Figura 5 se muestran los resultados obtenidos en los componentes evaluados con la asociación de diferentes cultivos forestales y agrícolas; se observa que en la parcela 3 (*Theobroma cacao L.*, *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*), el mayor aporte de carbono retenido en la biomasa arbórea en las dos evaluaciones realizadas fue 39.97 t.C/ha y 61.58 t.C/ha y 9.78 t.C/ha, 16.67 t.C/ha, 25.83 t.C/ha en el suelo en las tres evaluaciones realizadas respectivamente. Al mismo tiempo se puede observar que los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbóreo son en pequeñas cantidades de 5.64 t.C/ha y 5.69 t.C/ha en biomasa arbustivo/herbáceo y 1.54 t.C/ha y 2.28 t.C/ha en biomasa de hojarasca en las dos evaluaciones realizadas, respectivamente.

Cuadro 15. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 3 (sistema agroforestal) en el primer año de instalación.

TRATAMIENTOS	SISTEMAS DE USO DE TIERRA (SUT)	EVALUAC.	Componente				Total (t.C/ha)
			Arbóreo	Herbáceo/ Arbustivo	Hojarasca	Suelo	
PARCELA 3	Agroforestal SAF <i>Theobroma cacao L., Leucaena leucocephala y Cajanus cajan</i>	1°	0.00	0.00	0.00	9.78	9.78
		2°	39.97	5.64	1.54	16.67	63.82
		3°	61.58	5.69	2.28	25.83	95.39

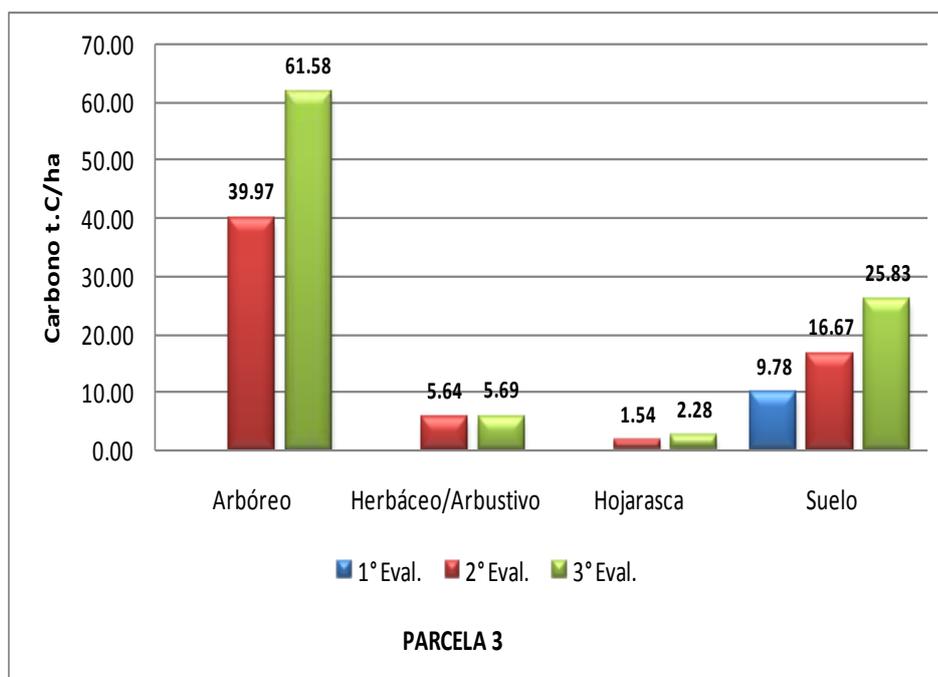


Figura 5. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 3.

En el Cuadro 16 podemos observar que la cantidad de carbono almacenado en los diferentes componentes del tratamiento 3 (parcela 3) no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), en las dos evaluaciones realizadas, tanto en biomasa arbórea, arbustiva y hojarasca alcanzan valores homogéneos de carbono almacenado. Por su parte el carbono en el suelo

tampoco presentó diferencias estadísticamente significativas en las tres evaluaciones realizadas. Sin embargo en la última evaluación se observan valores más altos, en cuanto a carbono almacenado.

Cuadro 16. Prueba de DUNCAN a nivel carbono total almacenado por componentes en la parcela 3.

TRATAMIENTOS	Evalua.	Componente							
		Arbóreo	Sig $\alpha=0.05$	Herbáceo/ Arbustivo	Sig $\alpha=0.05$	Hojarasca	Sig $\alpha=0.05$	Suelo	Sig $\alpha=0.05$
	1							23.98	0.12
PARCELA 3	2	88.82	0.24	12.54	0.19	3.42	0.555	16.67	0.564
	3	136.84	0.35	12.66	0.25	5.07	0.17	25.83	0.148

#### 4.2. Carbono almacenado en el suelo y en la biomasa vegetal en los tres sistemas agroforestales

En el Cuadro 17 y Figura 6, se muestra el carbono almacenado en la biomasa vegetal y en el suelo en los tres sistemas agroforestales con la asociación de diferentes especies forestales y agrícolas; se observa el mayor contenido de carbono en cuanto a biomasa vegetal en la parcela 2 siendo de 41.93 t.C/ha, 81.85 t.C/ha en las dos evaluaciones realizadas respectivamente correspondiente a un sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao* L., *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan* ; y la mayor cantidad de carbono en el suelo se encuentra en la parcela 3 correspondiente a un sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao* L., *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*; con 9.78 t.C/ha, 16.67 t.C/ha y 25.83 t.C/ha en las tres evaluaciones respectivamente.

Cuadro 17. Carbono existente en la biomasa vegetal y el suelo en los tres sistemas agroforestales.

TRATAMIENTOS	SISTEMAS DE USO DE TIERRA (SUT)	EVALUAC.	CBV t/ha	CS t/ha	Total (t.C/ha)
<b>Agroforestal</b>					
PARCELA 1	SAF <i>Theobroma cacao</i> L., con <i>inga edulis</i> y <i>Cajanus cajan</i>	1°	0.00	8.90	8.90
		2°	36.17	16.97	53.13
		3°	67.38	23.98	91.37
<b>Agroforestal</b>					
PARCELA 2	SAF <i>Theobroma cacao</i> L., <i>Schizolobium amazonicum</i> y <i>Cajanus cajan</i>	1°	0.00	11.37	11.37
		2°	41.93	14.42	56.35
		3°	81.85	25.39	107.24
<b>Agroforestal</b>					
PARCELA 3	SAF <i>Theobroma cacao</i> L., <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Cajanus cajan</i>	1°	0.00	9.78	9.78
		2°	47.15	16.67	63.82
		3°	69.55	25.83	95.39

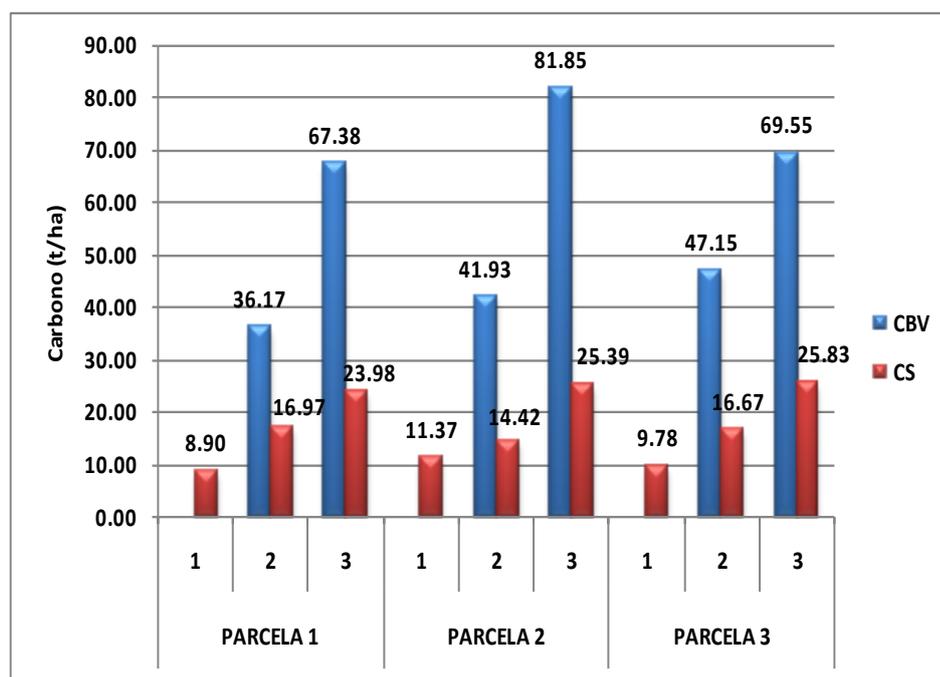


Figura 6. Carbono almacenado en la biomasa vegetal y en el suelo en los tres sistemas agroforestales.

### 4.3. Carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales

En Cuadro 18 y Figura 7 se muestran los resultados obtenidos del contenido de carbono en toneladas por hectárea (t.C/ha) en las tres evaluaciones realizadas en los tres sistemas agroforestales instalados con diferentes especies arbóreas y de cultivo.

En las tres parcelas agroforestales se observa que el tratamiento que contiene la mayor cantidad de carbono total almacenado es la parcela 2 en las tres evaluaciones realizadas, siendo de 11.37 t.C/ha, 56.35 t.C/ha, 107.24 t.C/ha respectivamente conformado por un sistema agroforestal de *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*, seguido de la parcela 3 conformado por *Theobroma cacao L.*, *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan* con 9.78 t.C/ha , 63.82 t.C/ha, 95.39 t.C/ha y la parcela 1 conformado por *Theobroma cacao L.*, con *Inga edulis* y *Cajanus cajan* con 8.90 t.C/ha, 53.13 t.C/ha, 91.37 t.C/ha respectivamente, observando que durante los primeras evaluaciones en los tres tratamientos (parcela1,2,3) se mantiene un promedio homogéneo, siendo a partir de la tercera evaluación cuando se comienza a tener un mayor potencial de carbono almacenado.

Cuadro 18. Carbono total almacenado en los tres sistemas agroforestales en el primer año de instalación.

TRATAMIENTOS	SISTEMAS DE USO DE TIERRA (SUT)	EVALUACIONES	t.C/ha
	<b>Agroforestal</b>		
PARCELA 1	SAF <i>Theobroma cacao L.</i> , con <i>inga edulis</i> y <i>Cajanus cajan</i>	1°	8.9
		2°	53.13
		3°	91.37
	<b>Agroforestal</b>		
PARCELA 2	SAF <i>Theobroma cacao L.</i> , <i>Schizolobium amazonicum</i> y <i>Cajanus cajan</i>	1°	11.37
		2°	56.35
		3°	107.24
	<b>Agroforestal</b>		
PARCELA 3	SAF <i>Theobroma cacao L.</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Cajanus cajan</i>	1°	9.78
		2°	63.82
		3°	95.39

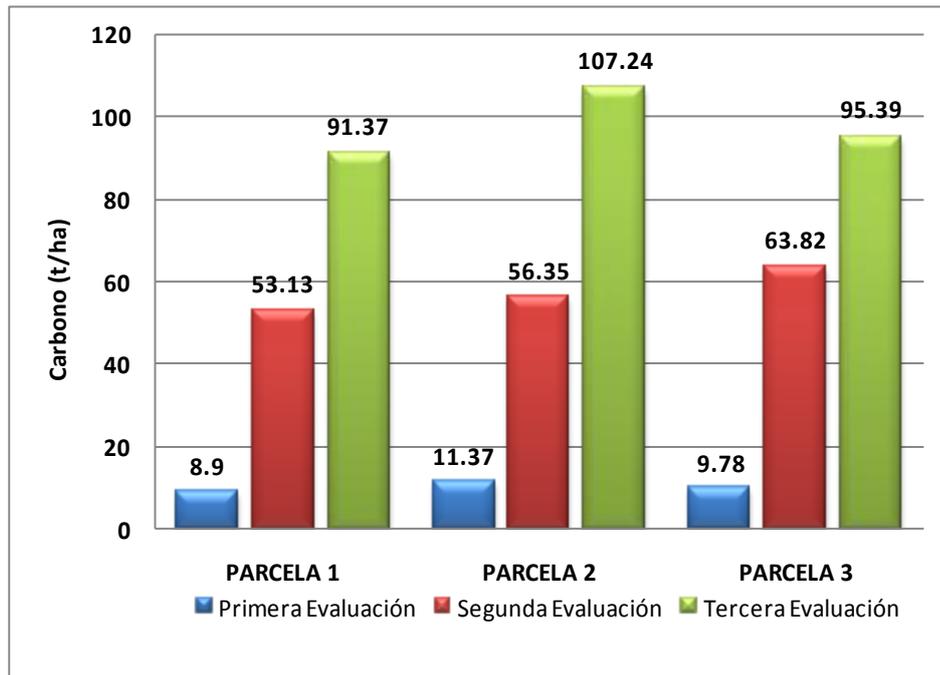


Figura 7. Carbono total almacenado en tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación.

En el Cuadro 19 podemos observar que la cantidad de carbono almacenado en los tres tratamientos (parcela1,2,3) no presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0.05$ ), lo que indica que los tres sistemas agroforestales se mantuvieron con cantidades de carbono total almacenado homogéneos. Sin embargo, al finalizar la investigación numéricamente la PARCELA 2 (*Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*) presentan valores mayores en cuanto a carbono almacenado; esto se debe a que la cantidad de carbono que almacenan las plantas depende de la edad que éstas tengan, el número de individuos y el tipo de asociación de especies utilizadas en los diferentes sistema de uso de tierra (SUT).

Cuadro19. Prueba de DUNCAN a nivel de carbono total en los tres sistemas agroforestales.

<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>Promedio Carbono total (t.C/ha)</b>	<b>Significancia <math>\alpha=0.05</math></b>
PARCELA 1	51.13 N. S.	0.853
PARCELA 2	58.32 N.S.	0.853
PARCELA 3	56.33 N. S.	0.853

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Carbono almacenado en la biomasa arbórea, arbustiva y herbácea

En los tres tratamientos (parcela 1, 2, 3) con la asociación de diferentes cultivos forestales y agrícolas instalados en el distrito de José Crespo y Castillo, se observa que en el componente arbóreo en las dos evaluaciones y suelo en las tres evaluaciones realizadas el mayor potencial de carbono almacenado se encuentra en la parcela 2 cuyo sistema agroforestal está conformado por *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan* como se muestran en los gráficos y cuadros anteriormente indicados. Por ello DUPOUEY *et al.* (1999) menciona que en bosques de Francia, la media total del carbono del ecosistema es de 137 t.C/ha; de este total, el suelo representa el 51 % (71 t.C/ha), los restos vegetales superficiales 6% y las raíces 6 %. Estos datos son muy cercanos a los proporcionados por el IPCC (2000), para los bosques en Tennessee (Estados Unidos de América); mientras que en bosques tropicales cerca de Manaus (Brasil), se determinó que el total de carbono es 447 t.C/ha, donde el depósito de carbono en el suelo orgánico es de 162 t.C/ha (36 % del total).

Con respecto al componente herbáceo y hojarasca el mayor aporte de carbono retenido se encuentra en la parcela 3 cuyo sistema agroforestal está conformado por *Theobroma cacao L.*, *Leucaena leucocephala*

y *Cajanus cajan.*, estos resultados coinciden con los obtenidos por (CALLO *et al.* 2002), quien indica que los restos vegetales superficiales representan el 6%. Así mismo LOGUERCIO (2005), y DELANEY (2005), afirman que la vegetación, en particular los bosques, almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico). Además, MARQUEZ (2000), menciona que los ecosistemas forestales almacenan carbono en cuatro fuentes: biomasa arriba del suelo, biomasa abajo del suelo, hojarasca, otra materia vegetal muerta y en el suelo. Por otro lado, el carbono almacenado en el componente hojarasca, en los tres sistemas agroforestales, tiende a ser menor, ya que este se incrementa en bosques secundarios y primarios de mayor edad, esto se debe porque en estos sistemas existe un aporte constante y de mayor cantidad de restos vegetales, es por ello que en la investigación realizada no se observa gran aporte de carbono a nivel de hojarasca.

## **5.2. Carbono almacenado en el suelo y en la biomasa vegetal en los tres sistemas agroforestales**

En el cuadro y figura anterior se observa que el carbono almacenado en la biomasa vegetal en los tres sistemas agroforestales es mayor respecto al carbono almacenado en el suelo durante el primer año de instalación. Así mismo WOOMER *et al.* (1998) indica que la Amazonía, es el ecosistema que contiene la mayor cantidad de carbono (305 t.C/ha, de las cuales el 28 % se encuentra en el suelo). El carbono del suelo en pasturas es estimado en 70 t.C/ha, cifra similar a las cantidades almacenadas en los suelos forestales; por lo que muchas áreas de tierras de pastoreo en las zonas tropicales y áridas, ofrecen variadas posibilidades de secuestro de carbono (TRUMBMORE *et al.*, 1995 y BALESIDENT *et al.*, 1999). Por otro lado

CATRIONA (1998), manifiesta que en los bosques tropicales, los sumideros de carbono en el suelo varían entre 60 y 115 t.C/ha. Además cabe recalcar que los ecosistemas forestales y agroforestales, almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa y en el suelo.

Por ello se puede verificar la importancia de la biomasa arbórea viva, la cual proporciona el mayor porcentaje de carbono a la cantidad total de reservas que muestra cada sistema (CALLO – CONCHA *et al.* 2001).

### **5.3. Carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales**

En cuadro y figura anterior se muestran los resultados obtenidos del contenido de carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales durante el primer año de instalación, observando que el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan* almacena mayor cantidad de carbono en sus cuatro componentes (biomasa arbórea, arbustiva/herbácea, hojarasca y suelo), indicando que la cantidad de carbono que almacena un sistema depende de la edad de las mismas. Es por ello que al comparar diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú; LAPEYRE *et al.* (2004), determina que la reserva de carbono en un sistema de café-guaba con edad de cuatro años y un sistema de cacao con especies forestales de 15 años, ambos sistemas agroforestales presentan valores de 19 t.C /ha y 47 t.C/ha respectivamente. Asimismo el carbono almacenado tiende a incrementarse con la edad de los sistemas forestales y agroforestales; tal como lo describen ALEGRE *et al.*, (2002). Es decir, los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan los valores más altos de acumulación de carbono; puesto que los árboles, al crecer, absorben carbono de la atmósfera y que lo fijan en su

madera (FONAM, 2005). A su vez SÁNCHEZ *et al.* (1999) manifiestan que la tasa de absorción de carbono en los sistemas agroforestales, puede ser muy alta ya que la captura de carbono se efectúa tanto por los árboles como por los cultivos: de 2 a 9 t.C/ha, dependiendo de la duración (15 a 40 años). Estos valores están por encima de los valores que presentan los sistemas puramente agrícolas de corta duración; lo cual nos demuestra la importancia del establecimiento de éstos sistemas para la recuperación del potencial de captura de carbono en áreas anteriormente perturbadas por tumba y quema y usados para agricultura. Los sistemas agroforestales pueden recuperar ambientalmente áreas perturbadas y tener un sistema productivo cíclico a corto y mediano plazo, con un adecuado y mejor manejo de las tierras.

Por otro lado el carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales instalados es variable, siendo sistemas de la misma edad, ya que el potencial de almacenamiento de carbono depende del tipo de especies, clima, condiciones de suelo y manejo de los sistemas. Así mismo (ARÉVALO *et al.* 2003), menciona que la cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinado por las condiciones del suelo y clima.

Sin embargo, en los sistemas agrícolas o ganaderos, los sumideros de carbono en el suelo son considerablemente pequeños, mientras que en sistemas agroforestales aumenta. Los sumideros superficiales de carbono en sistemas agroforestales son similares a aquellos encontrados en bosques secundarios (BROWN y LUGO, 1992). Los sistemas agroforestales, ofrecen muchas ventajas, especialmente para los pequeños agricultores (FAO, 2002).

Por otro lado CALLO – CONCHA *et al.*, (2001), indica que los resultados de captura de carbono a nivel de la biomasa arbórea viva en cada uno de los sistemas agroforestales evaluados en la región San Martín, muestran una contribución muy positiva de captura de carbono a nivel de biomasa arbórea viva presentando valores desde 12.09 t.C/ha para el sistema de Pachiza de 5 años hasta 35.5 t.C/ha presentado por el sistema de Huicungo de 12 años. Estos resultados nos indican que la captura de carbono no está relacionada a la edad de los sistemas sino a la diversidad de las especies propias de cada sistema con diferentes edades, mostrándose un desarrollo heterogéneo en cada sistema agroforestal. También está en función de las prácticas silviculturales, manejo adecuado de la plantación mediante podas y otras prácticas culturales.

## VI. CONCLUSIONES

1. El componente arbóreo es el que almacena mayor cantidad de carbono respecto al suelo en los tres sistemas agroforestales con 60.85 t.C/ha, 79.87 t.C/ha y 61.58 t.C/ha, respectivamente durante el primer año de su instalación.
2. El aporte de carbono en fuentes de biomasa herbácea es en pequeñas cantidades, siendo de: 4,69 t.C/ha, 5.27 t.C/ha y 5.69 t.C/ha y, en biomasa de hojarasca de: 1.85 t.C/ha, 1.71 t.C/ha, y 2.28 t.C/ha, respectivamente en los tres sistemas agroforestales.
3. El carbono almacenado en la biomasa vegetal es de 81.85 t.C/ha en el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*; y en el suelo fue de 25.83 t.C/ha en el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*.
4. La mayor cantidad de carbono almacenado es de 107.24 t.C/ha, en el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*.
5. La producción de carbono total (componente vegetal + suelo) no está en función de la edad de los SUT; pero si del tipo de asociación con especies forestales, agrícolas o frutales utilizados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar estudios comparativos en otras zonas de vida evaluando diferentes especies agrícolas y forestales que permitan elaborar una propuesta para incentivar sistemas agroforestales en la amazonía, con especies que presenten mayor potencial para el secuestro de carbono.
2. Poner en práctica el pago por servicios ambientales para aquellos productores que manejen diversos tipos de ecosistemas en sus predios a través del establecimiento de SAF, reforestación y conservación de bosques que a la vez secuestren y almacenen carbono.
3. Tener en cuenta que la bolaina, no se desarrollan óptimamente en áreas cuya fisiografía presenten colinas, ya que éstas se desarrollan mejor en zonas de planicie.
4. Continuar con este tipo de investigación, evaluando SUT de diferentes edades, para determinar la dinámica real del carbono en la biomasa vegetal y en el suelo.
5. Difundir la implementación sistemas agroforestales en la zona, ya que se convierten en una opción económica y ecológica para mitigar el cambio climático.

## VIII. ABSTRACT

### **CARBON STOCK IN THREE AGROFORESTALES SYSTEMS (SAF) DURING THE FIRST YEAR OF INSTALLATION IN THE DISTRICT OF JOSÉ CRESPO AND CASTLE-HUANUCO.**

The increased concentration of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in the atmosphere of the earth is a global concern, and is considered as one of the six main gases involved in the greenhouse (GHG) which is contributing to a greater proportion to change; a way to mitigate climate change lies in reducing concentrations of CO<sub>2</sub> by implementing agroforestry systems that are able to capture CO<sub>2</sub> from the atmosphere and store it in the air and ground biomass, and soil, keeping it for long periods of time. The research was conducted at the Experimental Station of the Research Institute of the Peruvian Amazon located in the hamlet of Saipai, whose coordinates are 388252 E and 8990937 N, at an altitude of 660 meters, located in the department politically Huánuco province Leoncio Prado, district José Crespo and Castillo. The proposed objectives were: to quantify carbon stored in tree, shrub and litter biomass estimate the carbon stored in soil and plant biomass, quantify the carbon stored in the three agroforestry systems and identify the most promising agroforestry system of stored carbon. The carbon stock was assessed using the methodology of ARÉVALO et al. (2003). The results indicate that: 1) The tree component is the most carbon stored above ground in the three agroforestry systems, with 60.85

tC / ha, 79.87 tC / ha and 61.58 tC / ha, respectively, during the first year of installation; 2) The supply of carbon is herbaceous biomass sources in small amounts, being of 4.69 tC / ha, 5.27 tC / ha and 5.69 tC / ha and 1.85 litter biomass tC / ha, 1.71 tC / ha, and 2.28 tC / ha, respectively in the three agroforestry systems; 3) The carbon stored in plant biomass is 81.85 tC / ha in the agroforestry system comprised of *Theobroma cacao L.*, *S. amazonicum* and *Cajanus cajan*; and soil was 25.83 tC / ha in the agroforestry system comprised of *Theobroma cacao L.*, *Leucaena leucocephala* and *Cajanus cajan*; 4) Most of stored carbon is 107.24 tC / ha, in the agroforestry system comprised of *Theobroma cacao L.*, *S. amazonicum* and *Cajanus cajan*; 5) The production of total carbon (plant component + ground) is a function of the age of the SUT and type of association with forestry, agriculture or fruit used species.

**Keywords:** Carbon, biomass, agroforestry systems.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, M. M.; KIKATA, Y 1994. Atlas de maderas del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina – Perú (UNALM), Universidad de Nayoga – Japón. 52 p.
- ALEGRE, J.; ARÉVALO, L., RICSE, R. 2002. Reservas de Carbono con Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en dos Sitios de la Amazonia Peruana. ICRAF/INIA. Perú. [En línea]: Virtual centre, (<http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe7.htm>; 15 Nov. 2006).
- ARÉVALO, L., ALEGRE J., PALM, CH. 2003. Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24 p.
- BALESDENT, J., CHENU, C., BALABANE, M. 2000. Relationship of Soil Organic Matter Dynamics to Physical Protection and Tillage. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 06 Dic. 2006).
- BATET, S., ROVIRA, S. 2002. Cambio Climático. Departamento de Sostenibilidad del Centro UNESCO de Catalunya. [En línea]: One world, (<http://es.oneworld.net/article/archive/5728/>; 15 Ene. 2007).

- BELLO, M.A. y J.N. Labat. 1987. Los encinos (Quercus) del Estado de Michoacán, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. SARH y Centre D'Etudes Mexicaines et Centroamericaines. Collection Etudes Mesoamericaines. México. 98 p.
- BOLIN, B., DOOS, B., JAGER J., WARRICK, R. 1996. The Greenhouse effect, Climate Change and Ecosistemas. [En línea]: Biomeso, ([http://www.biomeso.net/bancoconocimiento/Cambio climático.asp](http://www.biomeso.net/bancoconocimiento/Cambio_climático.asp); 06 Dic. 2006).
- BOUKHARI, S. 2000. Bosques y Clima: Intereses en Juego. [En línea]: UNESCO, ([http://www.unesco.org/courier/1999\\_12/sp/planete/txt1.htm](http://www.unesco.org/courier/1999_12/sp/planete/txt1.htm); 29 Dic. 2006).
- BROWN, S. Y LUGO, A. 1992. Aboveground Biomass Estimates for Tropical Moist Forests of the Brazilian Amazon. Interciencia 17. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).
- CALLO – CONCHA, D. CRISHNAMURTHY y ALEGRE, J. 2001. Cuantificación del Carbono Secuestrado por Algunos SAF y Testigos, en Tres pisos Ecológicos de la Amazonía del Perú. Simposio Internacional Monitoreo de la Captura de Carbono en ecosistemas Forestales del 18 al 20 de octubre del 2001. Valdivia, Chile. 23 p.
- CATRIONA, P. 1998. Actualidad Forestal Tropical. Boletín de Manejo Forestal Producido por la Organización de Maderas Tropicales para Fomentar la Conservación y el Manejo Sostenible de los Recursos Forestales tropicales en la región de América Latina y el Caribe (Japón). Volumen 6, Número 4. 31 p.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). 2001. Módulos de enseñanza agroforestal. Turrialba, C.R.

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). Sistemas Agroforestales. 1998.

CENTRO HADLEY. 2002. El efecto invernadero. [En línea]: BBC, (<http://www.bbc.co.uk/spanish/especiales/clima/reduced.html>), 05 Ene. 2007).

CHAPIN, F. S., MATSON, P. A., MOONEY, H. A. 2002. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology. Springer - Verlag. New York. 436 p.

CHATURVENI, A. 1994. Sequestration of atmospheric carbon in India's forest. *Ambio* 23: 461.

CONIF (COORPORACION NACIONAL DE INVESTIGACION Y FOMENTO FORESTAL) 1998. Guías técnicas sobre sistemas forestales y agroforestales. Bogotá Colombia. 171 p.

COMISIÓN NACIONAL DEL AMBIENTE (CONAM). 2006. Bosque: Deforestación: Pérdida de Valor. [En línea]: CONAM, (<http://www.conam.gob.pe/geo/II31b.htm>), 17 Dic. 2006).

DELANEY, N. 2005. Medición de la Capacidad de Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en el Mercado Mundial de Carbono. [En línea]: FONDEF, (<http://www.fondef.cl/bases/fondef/proyecto.html>), 05 Ene. 2007).

DE MORAES, J., VOLKOFF, B., CERRI, C., BERNOUX, M. 1996. Soil Properties Under Amazon Forest and Changes due to Pasture Installation in Rondonia. Brasil. 81 p.

- DE LA CRUZ, N. 2010. Especies de leguminosas como Fito remediadoras en suelos contaminados. Tesis Dr. En ciencias agrícolas. Montesillos Texcoco México. Colegio de post graduados. 145 p.
- DUPOUEY, J., SIGUAND, G., BATEAU, V., THIMONIER, A., DHOLE, J.F., NEPVEU, G. 1999. Stocks et Flux de Carbone Dans les Forêts Françaises. C.R. Acad. Agric. Francia. 310 p.
- EVALUACIÓN DE ECOSISTEMAS DEL MILENIO. 2006. Captura de carbono: Sumidero de carbono. [En línea]: Greenfacts, ([www.greenfacts.org/es/glosario/abc/captura-carbono.htm](http://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/captura-carbono.htm), 25 abr. 2007).
- ESTACIÓN TULUMAYO, 2013. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.
- FLORESTA Y AGRICULTURA EN LA AMAZONÍA (FLOAGRI). 2006 Diagnóstico Regional, Perú. UNAS. Tingo María, Perú. 96 p.
- FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM). 2006. El cambio climático. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/cambio.asp>, 29 Dic. 2007).
- HIPKINS, M. 1984. Photosynthesis. In physiology. Malcolm b. Wilkin (De). Gral Britain. 219 p.
- INIA-OIMT.1996. Manual de identificación de especies forestales de la Sub-Región Andina. lima, Perú. 489 p.
- IPCC. 1996. Reporting Instructions Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, vol 1 and vol 2. [En línea]: GTZ, (<http://www.gtz.de/climate>, 06 Dic. 2006).

- IPCC. 2001b. Los Sumideros de Carbono [En línea]: CESCYL. ([www.cescyl.es/pdf/coleccionestudios/Pkioto.pdf](http://www.cescyl.es/pdf/coleccionestudios/Pkioto.pdf); 14 Oct. 2007)
- IPCC. 2000. Land Use, Change and Forestry. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. [En línea]: EIA, (<http://www.eia.doe.gov/emeu/iea/carbon.html>, 24 Feb. 2007).
- KANNINEN, M. 2000. Secuestro de Carbono en Bosques: El papel de los Bosques en el Ciclo Global de Carbono. [En línea]: Virtual centre, (<http://lead.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/articulovb.pdf>, 15 ene. 2007).
- LAL, R. 1999. Global Carbon Pools and Fluxes and the Impact of Agricultural Intensification and Judicious land Use. World Soil Resources Report 86. FAO, Roma. p. 45 - 52.
- LAMPRECHET, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido Deutsche Gesellschaft fur Technishe Zunsammenarbeite. Berlin, Alemania. 335 p.
- LAPEYRE, T. ALEGRE, J. y AREVALO, L. 2004. Determinación de las Reservas de Carbono de la Biomasa Aérea, en Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en San Martín, Perú. Ecología Aplicada. Volumen 3. Numero 1 - 2. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 44 p.
- LEZCANO, J. 2005. Microflora asociada a semillas almacenadas de *Leucaena leucocephala* Cv. Perú. Tesis. M.S.c. La Habana, Cuba. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. 59 p.
- LOGUERCIO, G. 2005. Cambio Climático: El rol de los bosques como sumideros de carbono. Secretaría Académica - CIEFAP. [En línea]:

CIEFAP, ([www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.html](http://www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.html) Ene. 2007).

MARTINO, D. 2006. Los Sumideros de Carbono en el Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kyoto. [En línea]: SEED, (<http://www.seed.slb.com/es/scictr/watch/climatechangecarbon.html>; 25 abr. 2007).

MARQUEZ, T. 2005. Cálculo de Biomasa y Captura de Carbono en Cuatro Sistemas Agroforestales de Café con Sombra, en Tarapoto. Informe de Prácticas Preprofesionales. Fac. Recursos Naturales Renovables: Mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 66 p.

MARQUEZ, L. 2000. Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono, en Uso del Suelo. Fundación Solar. Guatemala. 31 p.

MORDAN, M. Y SANTANA, C. 1983. Efecto de Diferentes Herbicidas en la Germinación y Crecimiento del Guandul (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. Tesis Perito Agrónomo. San Cristóbal, República Dominicana. Instituto Politécnico Loyola (I. P. L.).29 p.

MOSTACERO, J, MEJIA, C. F. 1993. Taxonomía de Fanerógamas Peruanas. CONCYTEC.

NORBERTO, C. 2006. Metodologías para el Análisis Costo-Beneficio de usos del Suelo y Fijación de Carbono en Sistemas Forestales para el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA/BIRF). B. Aires, Argentina. 20 p.

ORDÓÑEZ, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México D.F.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2005. Proyectos forestales de fijación de carbono. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/006/j2053s/j2053s09.html>); 15 feb., 2007).

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN (FAO). 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Dirección de Información VIALE DELLE TERME DI CARACALLA. Roma, Italia. 95 p.

OYHANTÇABAL, W. 2005. El Mecanismo para un desarrollo limpio en el Uruguay: Hacia una Nueva Relación entre Ganadería y Silvicultura. Unidad de Proyectos Agropecuarios de Cambio Climático del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca del Uruguay. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/009/a0413s/a0413s04.htm>); 15 Feb, 2007).

PEREZ, E. 2006. Caracterización de los sistemas silvopastoriles y su contribución socioeconómica a productores ganaderos de Copan, Honduras. Tesis Msc. Agroforestería. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 134 p.

RENDA, A., CALSADILLA, E., JIMENEZ, M., SANCHEZ, J. 1997. Objetivos generales de los sistemas agroforestales. Red Latinoamericana de cooperación técnica en sistemas agroforestales. Santiago. 4 p.

REYNEL, C.; PENNINGTON, R.; PENNINGTON, T.; FLORES, C.; DAZA, A. 2003. Árboles útiles de la Amazonia Peruana y sus usos. Lima, Perú. 50 p.

SALGADO L. 2004. El Mecanismo de Desarrollo Limpio en Actividades de Uso de la Tierra, Cambio de Uso y Forestería (LULUCF) y su Potencial en la Región Latinoamericana. División de Desarrollo Sostenible y

Asentamientos Humanos. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo. Santiago de Chile. 84 p.

SANCHEZ, P., BURESH, R., LEAKEY, B. 1999. Trees, soils and food Security. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).

SCHROEDER, P. 1994. Carbon Storage Benefits of Agroforestry Systems. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).

SEMINARIO DE CACAO 2007. Dictado por el Ingeniero Quiroz, J. Jefe del INIAP en la Estación Experimental Boliche.

TRUMBMORE, S.E., DAVIDSON, E.A., P., NEPSTAD, D.D., MARTINELLI, L.A. 1995. Belowground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. Global Biogeochemical Cycles: [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>; 05 Ene. 2007).

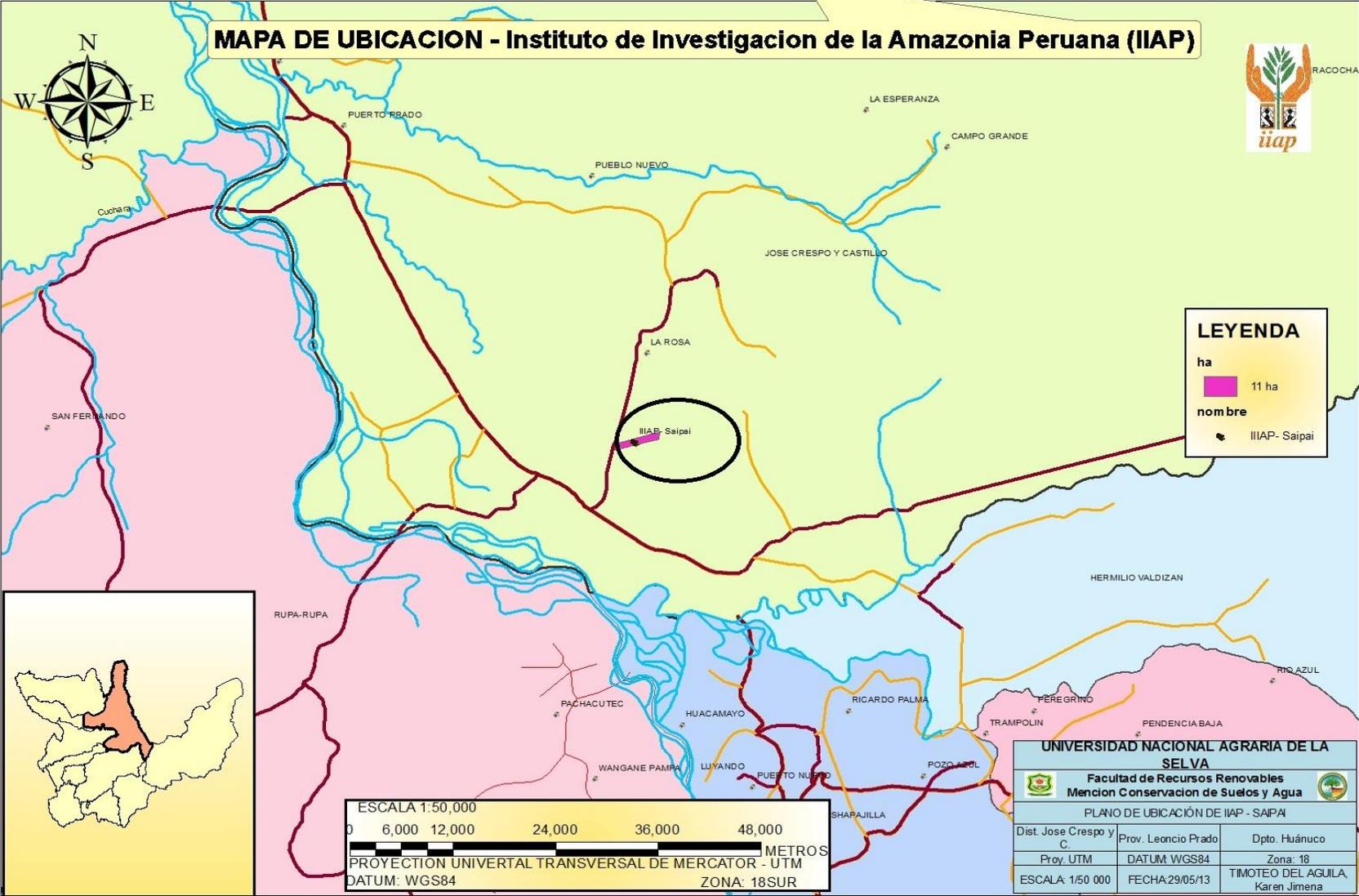
ULLOA, G. 2006. Protocolo de Kyoto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio en Bolivia. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Bolivia. 46 p.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, CLEAN DEVELOPMENT MECHANISM (UNFCCC). 1998. El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Unidas sobre el Cambio Climático. Publicado por la Secretaría del Cambio Climático con el apoyo de la Oficina de Información sobre las Convenciones del PNUMA. [En línea]: UNFCCC, (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>.; 15 Ene. 2007).

- VASQUEZ, R., RIOS, J., VALNCIA, F., MUÑOZ, M. 2008. Caracterización de los sistemas agroforestales de la cuenca media margen derecha del río Huallaga – Aucayacu – Perú, UNAS.
- VERA, J. 1993. Material de siembra y propagación. In manual del cultivo de cacao, “2da edición. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. p. 24-37.
- WOOMER, L., PALM, C, QURESHI, J., KOTTO-SAME, J. 1998. Carbon Sequestration and Organic Resource Management in African Smallholder Agriculture. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep.htm>; 29 Jul. 2006).

**ANEXO**

Anexo 1: Plano de ubicación



## Anexo 3: Análisis de suelos



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
 TINGO MARIA  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos  
 analisis.suelos@unasm.edu.pe

**ANALISIS DE SUELOS**

**SOLICITANTE: IIA P**      **PROCEDENCIA: SAIPAY - J.C. CASTILLO - LEONCIO PRADO - HUANUCO**

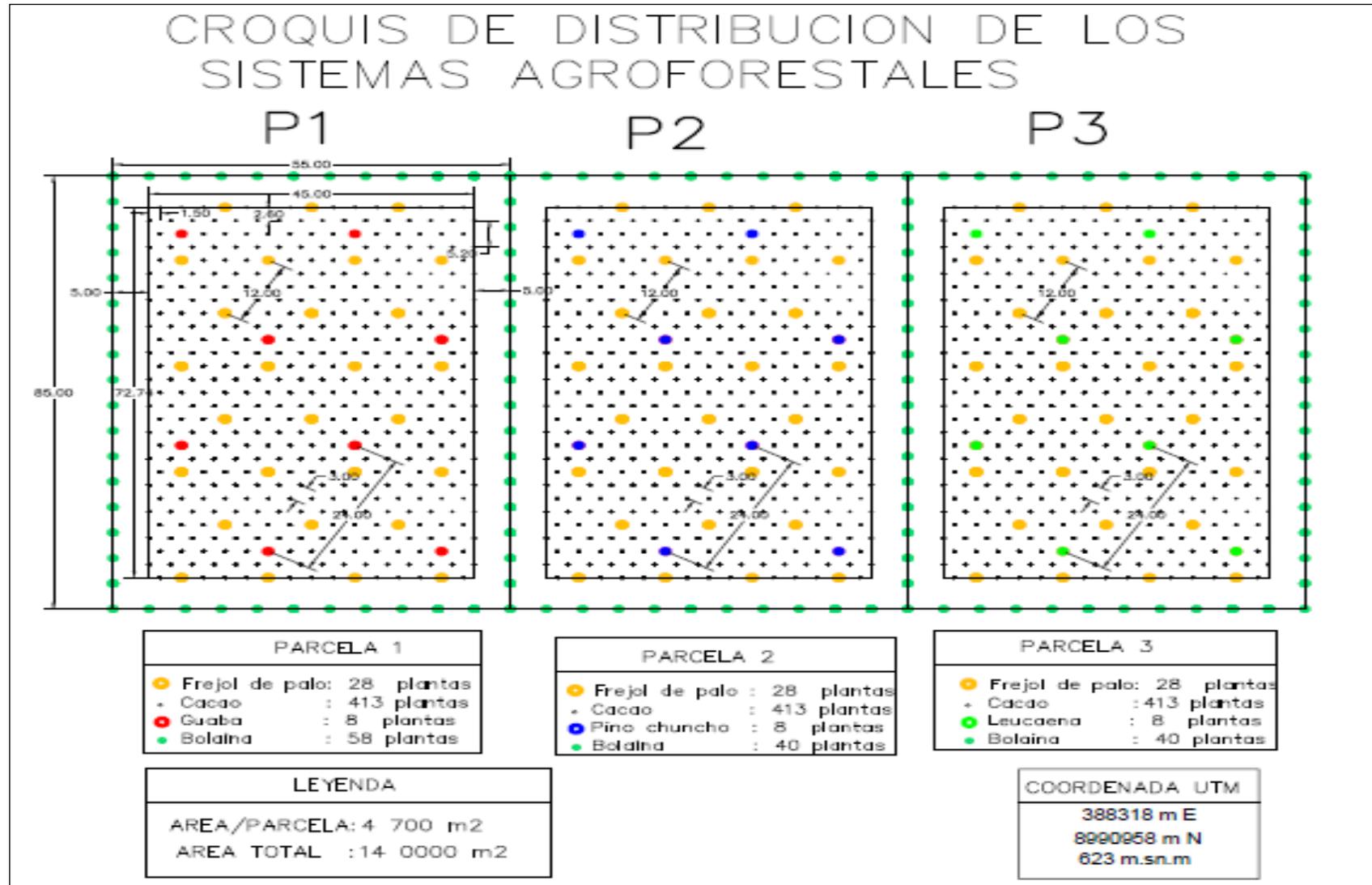


CODIGO	DESCRIPCION	ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K <sub>2</sub> O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						CICe	%	%	%
		Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al	H				
		%	%	%																	
S-0029	Parcela 1	33.68	35.04	31.28	Franco Arcilloso	4.68	2.02	0.09	0.15	185.83	---	4.21	0.77	0.00	0.00	3.18	1.55	9.70	51.28	48.74	32.80
S-0030	Parcela 2	29.68	41.04	29.28	Arcilloso	4.75	1.34	0.06	0.84	159.01	---	4.13	0.81	0.00	0.00	4.19	1.72	10.84	45.50	54.50	38.60
S-0031	Parcela 3	31.68	37.04	31.28	Franco Arcilloso	4.61	2.69	0.12	0.03	188.16	---	4.33	0.89	0.00	0.00	3.18	1.25	9.65	54.07	45.93	32.97

Fecha: Martes, 15 de Enero de 2014  
 Recibo N°: 383645  
 Muestreado por: El solicitante

  
  
 Bgo. M.Sc. Miguel Angel Huayta Rojas  
 JEFE DE LABORATORIO

## Anexo 3: Parcelas demostrativas



## Anexo 4: Análisis de carbono



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
 TINGO MARIA  
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos  
 analisis@suelos.unas@normal.com



### ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: IIAP

PROCEDENCIA: SAIPAY - J.C.CASTILLO - LEONCIO PRADO - HUANUCO

Cod Lab	Fundo	Datos	Cultivo	M.O	N	C
				(%)	(%)	(%)
S-0005	IIAP	T1 R1 A	Cacao	3.69	0.17	2.14
S-0006	IIAP	T1 R1 B	Cacao	2.35	0.11	1.36
S-0007	IIAP	T1 R2 A	Cacao	5.04	0.23	2.92
S-0008	IIAP	T1 R2 B	Cacao	3.02	0.14	1.75
S-0009	IIAP	T1 R3 A	Cacao	3.36	0.15	1.95
S-0010	IIAP	T1 R3 B	Cacao	0.34	0.02	0.20
S-0011	IIAP	T1 R4 A	Cacao	3.36	0.15	1.95
S-0012	IIAP	T1 R4 B	Cacao	0.67	0.03	0.39
S-0013	IIAP	T2 R1 A	Cacao	5.04	0.23	2.92
S-0014	IIAP	T2 R1 B	Cacao	1.68	0.08	0.97
S-0015	IIAP	T2 R2 A	Cacao	5.04	0.23	2.92
S-0016	IIAP	T2 R2 B	Cacao	3.02	0.14	1.75
S-0017	IIAP	T2 R3 A	Cacao	4.37	0.2	2.53
S-0018	IIAP	T2 R3 B	Cacao	1.68	0.08	0.97
S-0019	IIAP	T2 R4 A	Cacao	4.37	0.2	2.53
S-0020	IIAP	T2 R4 B	Cacao	1.34	0.06	0.78
S-0021	IIAP	T3 R1 A	Cacao	5.04	0.23	2.92
S-0022	IIAP	T3 R1 B	Cacao	1.01	0.05	0.59
S-0023	IIAP	T3 R2 A	Cacao	5.04	0.23	2.92
S-0024	IIAP	T3 R2 B	Cacao	1.34	0.06	0.78
S-0025	IIAP	T3 R3 A	Cacao	6.05	0.27	3.51
S-0026	IIAP	T3 R3 B	Cacao	1.34	0.06	0.78
S-0027	IIAP	T3 R4 A	Cacao	4.7	0.21	2.73
S-0028	IIAP	T3 R4 B	Cacao	1.68	0.08	0.97

  
 Elgo. M.Sc. Miguel Angel Huayra Rojas  
 JEFE DE LABORATORIO  


Fecha: Martes, 15 de Enero de 2014

Recibo N°: 383645

Muestreado por: El solicitante


**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

[analisisdesuelosunas@hotmail.com](mailto:analisisdesuelosunas@hotmail.com)

**ANALISIS DE SUELOS**
**SOLICITANTE: IIAP**
**PROCEDENCIA: SAIPAY - J.C.CASTILLO - LEONCIO PRADO - HUANUCO**

Cod. Lab	Fundo	Datos	Cultivo	M.O	N	C
				%	%	%
M1459	IIAP	T1R1 A	cacao	4.68	0.23	2.72
M1460	IIAP	T1R1 B	cacao	3.26	0.16	1.89
M1461	IIAP	T1R2 A	cacao	4.89	0.24	2.83
M1462	IIAP	T1R2 B	cacao	4.48	0.22	2.60
M1463	IIAP	T1R3 A	cacao	5.09	0.25	2.95
M1464	IIAP	T1R3 B	cacao	5.29	0.26	3.07
M1465	IIAP	T1R4 A	cacao	3.66	0.18	2.13
M1466	IIAP	T1R4 B	cacao	3.66	0.18	2.13
M1467	IIAP	T2R1 A	cacao	4.27	0.21	2.48
M1468	IIAP	T2R1 B	cacao	6.11	0.31	3.54
M1469	IIAP	T2R2 A	cacao	5.29	0.26	3.07
M1470	IIAP	T2R2 B	cacao	4.48	0.22	2.60
M1471	IIAP	T2R3 A	cacao	6.92	0.35	4.01
M1472	IIAP	T2R3 B	cacao	0.81	0.04	0.47
M1473	IIAP	T2R4 A	cacao	6.92	0.35	4.01
M1474	IIAP	T2R4 B	cacao	1.22	0.06	0.71
M1475	IIAP	T3R1 A	cacao	4.89	0.24	2.83
M1476	IIAP	T3R1 B	cacao	5.90	0.30	3.42
M1477	IIAP	T3R2 A	cacao	5.29	0.26	3.07
M1478	IIAP	T3R2 B	cacao	3.26	0.16	1.89
M1479	IIAP	T3R3 A	cacao	3.87	0.19	2.24
M1480	IIAP	T3R3 B	cacao	3.26	0.16	1.89
M1481	IIAP	T3R4 A	cacao	6.92	0.35	4.01
M1482	IIAP	T3R4 B	cacao	2.85	0.14	1.65


 Bgo.M.Sc. Miguel Angel Huayra Rojas

JEFE DE LABORATORIO



Fecha: Lunes, 01 de Septiembre de 2014

Recibo N° 383645

Muestreado por: El solicitante



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA  
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos  
analisisdesuelos.unas@hxtmail.com



**ANÁLISIS DE SUELOS**

**SOLICITANTE: IIAP**

**PROCEDENCIA: SAIPAY - J.C.CASTILLO - LEONCIO PRADO - HUANUCO**

Cod Lab	Fundo	Datos	Cultivo	M.O (%)	N (%)	C (%)
M2599	IIAP	T1 R1 A	Cacao	6.04	0.24	3.50
M2600	IIAP	T1 R1 B	Cacao	4.83	0.19	2.80
M2601	IIAP	T1 R2 A	Cacao	6.38	0.26	3.70
M2602	IIAP	T1 R2 B	Cacao	4.66	0.19	2.70
M2603	IIAP	T1 R3 A	Cacao	6.55	0.26	3.80
M2604	IIAP	T1 R3 B	Cacao	5.00	0.2	2.90
M2605	IIAP	T1 R4 A	Cacao	6.90	0.28	4.00
M2606	IIAP	T1 R4 B	Cacao	5.18	0.21	3.00
M2607	IIAP	T2 R1 A	Cacao	6.73	0.27	3.90
M2608	IIAP	T2 R1 B	Cacao	5.18	0.21	3.00
M2609	IIAP	T2 R2 A	Cacao	6.04	0.24	3.50
M2610	IIAP	T2 R2 B	Cacao	4.32	0.17	2.50
M2611	IIAP	T2 R3 A	Cacao	6.38	0.26	3.70
M2612	IIAP	T2 R3 B	Cacao	4.66	0.19	2.70
M2613	IIAP	T2 R4 A	Cacao	6.21	0.25	3.60
M2614	IIAP	T2 R4 B	Cacao	4.66	0.19	2.70
M2615	IIAP	T3 R1 A	Cacao	6.21	0.25	3.60
M2616	IIAP	T3 R1 B	Cacao	4.66	0.19	2.70
M2617	IIAP	T3 R2 A	Cacao	5.87	0.23	3.40
M2618	IIAP	T3 R2 B	Cacao	5.00	0.2	2.90
M2619	IIAP	T3 R3 A	Cacao	6.90	0.28	4.00
M2620	IIAP	T3 R3 B	Cacao	4.83	0.19	2.80
M2621	IIAP	T3 R4 A	Cacao	6.90	0.28	4.00
M2622	IIAP	T3 R4 B	Cacao	4.83	0.19	2.80

  
 Bigo. M.Sc. Miguel Angel Huayta Rojas  
 jefe de laboratorio  


Fecha: Lunes, 03 de Noviembre de 2014

Recibo N°: 83645

Muestreado por: El solicitante

**Anexo 5**  
**1. DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA PARCELA 1**  
**1.1. SUT: SAF CACAO CON GUABA-PRIMERA EVALUACIÓN**  
**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTO	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da (gr/cc)	PSV (t/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/TRAN
PARCELA 1	T1	1	H1	0.1	178.24	166.31	1.07	107.17	2.14	2.29	10.21
			H2	0.50	193.05	166.31	1.16	580.39	1.36	7.91	
	T2	1	H1	0.1	180.42	166.31	1.08	108.48	2.92	7	15.75
			H2	0.50	238.86	166.31	1.44	718.12	1.75	12.58	
	T3	1	H1	0.1	240.16	166.31	1.44	144.41	1.95	2.81	4.34
			H2	0.50	257.97	166.31	1.55	775.57	0.20	1.53	
	T4	1	H1	0.1	213.35	166.31	1.28	128.28	1.95	2.50	5.29
			H2	0.50	239.16	166.31	1.44	719.02	0.39	2.79	
<b>PROMEDIO</b>											<b>8.90</b>

**CARBONO TOTAL ALMACENADO**

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	0.00	10.21	10.21
2	0.00	15.75	15.75
3	0.00	4.34	4.34
4	0.00	5.29	5.29
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>8.90</b>	<b>8.90</b>

**1.2. SUT: SAF CACAO CON GUABA-SEGUNDA EVALUACIÓN**  
**DETERMINACION DE LA BIOMASA ARBOREA**

PARCELA O TRANSECTO 1: 4m x 25m  
 PROPIETARIO: IIAP  
 UBICACIÓN (UTM): 388283 E 8991084 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	dap (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.49		35.14	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.4		25.81	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.57		27.15	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.74		37.53	
5	Guaba	<i>Theobroma cacao</i>	12.44		69.70	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.67		47.27	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.97		39.82	
8	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	2.98		1.88	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.43		44.63	

10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.96	22.52	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.28	12.36	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.37	34.03	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	5.65	9.46	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.17	17.29	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.11	31.69	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.62	14.13	
<b>PROMEDIO</b>				<b>470.42</b>	<b>47.04</b>

PARCELA O TRANSECTO 2: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388287 E 8991088 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.1		23.54	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.18		80.67	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.02		78.22	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.52		45.61	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.58		35.99	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.77		48.40	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.72		59.94	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.61		58.53	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.36		18.47	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.85		21.75	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.07		16.69	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.88		15.58	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.34		18.35	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.77		37.83	
<b>PROMEDIO</b>					<b>559.57</b>	<b>55.96</b>

PARCELA O TRANSECTO 3: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388334 E 8991135 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	dap (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.64		46.94	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.1		52.24	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.94		22.38	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.21		12.02	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.95		30.30	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.94		50.36	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.49		57.01	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.14		31.96	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.3		12.46	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.76		48.29	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.68		36.95	

12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.99	30.65	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.42	69.42	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.65	59.04	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.54	26.91	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.25	42.71	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	5.4	8.44	
<b>PROMEDIO</b>				<b>638.07</b>	<b>63.81</b>

PARCELA O TRANSECTO 4: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388338 E 8991139 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.79		48.63	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.5		26.59	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.18		24.13	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.2		66.35	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.29		54.53	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.91		39.21	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.22		32.67	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.19		66.21	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	4.69		5.91	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.77		60.59	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.8		38.12	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.97		77.46	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.91		22.17	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.11		65.12	
15	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	9.52		35.42	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.93		15.86	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.47		26.36	
18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.82		15.23	
19	Guaba	<i>Theobroma cacao</i>	8.56		27.07	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.8		38.12	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.05		31.17	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.4		100.93	
23	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	14.19		97.24	
24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.68		20.57	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1035.69</b>	<b>103.57</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA ARBUSTIVA/HERBÁCEA**  
 AREA DE MUESTREO: 1m x 1m

SEGUNDA EVALUACION						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	BAH(t/Ha)
PARCELA 1	T1	1	1713	200	72.38	6.20
	T2	2	2461	200	66.87	8.23
	T3	3	4206	200	68.59	14.42
	T4	4	3655	200	49.86	9.11
<b>PROMEDIO</b>						<b>9.49</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE HOJARASCA**  
 AREA DE MUESTREO: 0.5 m x 0.5 m

SEGUNDA EVALUACION						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	Bh(TM/Ha)
PARCELA1	T1	1	80.4	70	48.06	2.21
	T2	2	122.2	70	36.07	2.52
	T3	3	158.33	70	43.6	3.94
	T4	4	139.67	70	56.26	4.49
<b>PROMEDIO</b>						<b>3.29</b>

**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTOS	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da (gr/cc)	PSV (TM/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/TRAN
PARCELA 1	T1	1	H1	0.1	190.4	166.31	1.14	114.48	2.72	3.11	13.84
			H2	0.50	188.8	166.31	1.14	567.61	1.89	10.73	
	T2	1	H1	0.1	192.3	166.31	1.16	115.63	2.83	3.27	18.13
			H2	0.50	190.1	166.31	1.14	571.52	2.60	14.86	
	T3	1	H1	0.1	191	166.31	1.15	114.85	2.95	3.39	21.23
			H2	0.50	193.3	166.31	1.16	581.14	3.07	17.84	
	T4	1	H1	0.1	189.1	166.31	1.14	113.70	2.13	2.42	14.66
			H2	0.50	191.1	166.31	1.15	574.53	2.13	12.24	
<b>PROMEDIO</b>											<b>16.97</b>

**DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT**

TRANSECTO	ARBOREA Ind de 2,5-30 cm dap	ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
1	47.04	6.20	2.21	55.45
2	55.96	8.23	2.52	66.71

3	63.81	14.42	3.94	82.17
4	103.57	9.11	4.49	117.17
<b>PROMEDIO</b>	<b>67.60</b>	<b>9.49</b>	<b>3.29</b>	<b>80.38</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>30.42</b>	<b>4.27</b>	<b>1.48</b>	<b>36.17</b>

### CARBONO TOTAL ALMACENADO

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	24.95	13.84	38.79
2	30.02	18.13	48.15
3	36.98	21.23	58.21
4	52.73	14.66	67.39
<b>PROMEDIO</b>	<b>36.17</b>	<b>16.97</b>	<b>53.13</b>

### 1.3. SUT: SAF CACAO CON GUABA-TERCERA EVALUACIÓN DETERMINACION DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 4m x 25m

PROPIETARIO: IIAP

UBICACIÓN (UTM): 388283 E 8991084 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.11		65.12	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.96		111.15	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.97		39.82	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.71		73.59	
5	Guaba	<i>Theobroma cacao</i>	25.14		413.31	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.24		81.61	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.16		65.80	
8	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	4.82		6.33	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.79		74.77	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.98		63.36	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.95		15.98	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.6		71.99	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.69		59.56	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.73		37.43	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.76		60.46	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.64		20.30	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1260.60</b>	<b>126.06</b>

PARCELA O TRANSECTO 2: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388287 E 8991088 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.88		38.91	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.21		97.59	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.32		118.05	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.82		61.25	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.37		100.40	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.26		67.18	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.61		104.69	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.2		135.96	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.39		25.73	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.16		65.80	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.67		36.85	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.35		68.43	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.43		120.20	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.8		74.92	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1115.97</b>	<b>111.60</b>

PARCELA O TRANSECTO 3: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388334 E 8991135 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.8		74.92	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.01		153.83	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.1		31.60	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.65		36.66	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.9		39.11	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.2		53.44	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.31		99.34	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.16		41.76	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.81		15.18	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.39		83.97	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.84		49.20	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.1		41.14	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.82		149.52	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.82		128.04	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.14		41.56	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.24		66.90	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.24		17.72	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1123.89</b>	<b>112.39</b>

PARCELA O TRANSECTO 4: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388338 E 8991139 N

N°	ESPECIE	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.71		73.59	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.41		34.40	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.82		38.32	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.65		124.59	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.65		88.15	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.7		73.45	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.85		91.46	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.03		94.49	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.39		12.92	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.83		149.74	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.75		74.18	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.09		113.61	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.76		28.70	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.76		126.81	
15	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	12.53		70.99	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.06		23.25	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.73		37.43	
18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.82		21.54	
19	Guaba	<i>Theobroma cacao</i>	13.3		82.55	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.11		52.36	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.35		43.77	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	21.27		270.77	
23	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	16.88		150.87	
24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.92		30.05	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1907.99</b>	<b>190.80</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA ARBUSTIVA/HERBÁCEA**  
AREA DE MUESTREO: 1m x 1m

TERCERA EVALUACION						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	BAH(t/Ha)
PARCELA1	T1	1	2757.33	200	75	10.34
	T2	2	1979.67	200	76	7.52
	T3	3	3541.33	200	61	10.80
	T4	4	3510	200	74	12.99
<b>PROMEDIO</b>						<b>10.41</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE HOJARASCA**

AREA DE MUESTREO: 0.5 m x 0.5 m

<b>SEGUNDA EVALUACION</b>						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	Bh(TM/Ha)
PARCELA1	T1	1	234.33	70	38	5.09
	T2	2	135.67	70	39	3.02
	T3	3	161.33	70	39	3.60
	T4	4	208	70	40	4.75
<b>PROMEDIO</b>						<b>4.12</b>

**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTOS	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da (gr/cc)	PSV (TM/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/TRAN
PARCELA 1	T1	1	H1	0.1	181.21	166.31	1.09	108.96	3.50	3.82	22.29
			H2	0.50	219.21	166.31	1.32	659.04	2.80	18.47	
	T2	1	H1	0.1	194	166.31	1.17	116.65	3.70	4.32	24.25
			H2	0.50	245.21	166.31	1.47	737.21	2.70	19.93	
	T3	1	H1	0.1	208.21	166.31	1.25	125.19	3.80	4.76	23.72
			H2	0.50	217.21	166.31	1.31	653.03	2.90	18.96	
	T4	1	H1	0.1	200	166.31	1.20	120.26	4.00	4.81	25.67
			H2	0.50	231	166.31	1.39	694.49	3.00	20.86	
<b>PROMEDIO</b>											<b>23.98</b>

**DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT**

TRANSECTO	ARBOREA		ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
	Ind de 2,5-30 cm dap				
1	126.06		10.34	5.09	141.49
2	111.6		7.52	3.02	122.14
3	112.39		10.80	3.60	126.79
4	190.8		12.99	4.75	208.54
<b>PROMEDIO</b>	<b>135.21</b>		<b>10.41</b>	<b>4.12</b>	<b>149.74</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>60.85</b>		<b>4.69</b>	<b>1.85</b>	<b>67.38</b>

**CARBONO TOTAL ALMACENADO**

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	63.67	22.29	85.96
2	54.96	24.25	79.21
3	57.06	23.72	80.78
4	93.84	25.67	119.51
<b>PROMEDIO</b>	<b>67.38</b>	<b>23.98</b>	<b>91.37</b>

**2. DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA PARCELA 2**  
**2.1 SUT: SAF CACAO CON PINOCHUNCHO-PRIMERA EVALUACIÓN**  
**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTO	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da	PSV	%CO	CS	PROM/ TRAN
							(gr/cc)	(t/ha)		(t/ha)	
PARCELA 2	T1	1	H1	0.1	231.91	166.31	1.39	139.44	2.92	4.08	11.41
			H2	0.50	250.45	166.31	1.51	752	1.97	7.34	
	T2	1	H1	0.1	209.31	166.31	1.26	125.86	2.92	3.68	15.91
			H2	0.50	232.24	166.31	1.40	698.21	1.75	12.23	
	T3	1	H1	0.1	175.37	166.31	1.05	105.45	2.53	2.67	10.16
			H2	0.50	255.65	166.31	1.54	768.59	0.97	7.49	
	T4	1	H1	0.1	181.23	166.31	1.09	108.97	2.53	2.76	7.99
			H2	0.50	223.78	166.31	1.35	672.78	0.78	5.23	
<b>PROMEDIO</b>											<b>11.37</b>

**DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT**

TRANSECTO	ARBOREA	ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
	Ind de 2,5-30 cm dap			
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**CARBONO TOTAL ALMACENADO**

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	0.00	11.41	11.41
2	0.00	15.91	15.91
3	0.00	10.16	10.16
4	0.00	7.99	7.99
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>11.37</b>	<b>11.37</b>

## 2.2 SUT: SAF CACAO CON PINOCHUNCHO-SEGUNDA EVALUACIÓN DETERMINACION DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 4m x 25m

PROPIETARIO: IIAP

UBICACIÓN (UTM): 388350 E 8991151 N

N°	N. COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.05		78.68	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.23		17.66	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.15		52.84	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.91		62.43	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.19		32.40	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.79		38.02	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.06		64.44	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.28		24.89	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.32		25.19	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.75		37.63	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.88		91.96	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.63		36.47	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.16		32.13	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.34		25.35	
<b>PROMEDIO</b>					<b>620.09</b>	<b>62.01</b>

PARCELA O TRANSECTO 2: 4m x 25m

UBICACIÓN (UTM): 388353 E 8991154 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.51		35.33	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.49		26.51	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.56		27.07	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.36		33.94	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.01		40.22	
6	Pinochuncho	<i>Schizolobium amazonicum</i>	15.45		120.60	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.91		29.96	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.91		92.46	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.63		87.83	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.19		53.32	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.33		12.62	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.53		122.18	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.78		60.72	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.34		25.35	
15	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	14.26		98.46	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.28		82.23	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.14		65.53	
<b>PROMEDIO</b>					<b>620.09</b>	<b>62.01</b>

PARCELA O TRANSECTO 3: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388466 E 8991251 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.03		78.37	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.71		89.14	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.77		60.59	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.69		47.50	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.67		27.96	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.98		63.36	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.68		59.43	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.55		45.94	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.95		50.47	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.25		42.71	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.37		43.98	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.3		67.73	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10		40.12	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.26		17.85	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.72		14.68	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.02		22.96	
<b>PROMEDIO</b>					<b>772.78</b>	<b>77.28</b>

PARCELA O TRANSECTO 4: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388403 E 8991204 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.2		32.49	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.25		12.22	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.38		25.65	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.37		43.98	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.32		43.45	
6	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	12.29		67.60	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.85		38.61	
8	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	13.97		93.48	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.39		34.21	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.12		41.35	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.46		26.28	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.96		39.71	
13	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	7.36		18.47	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.59		27.31	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.48		26.44	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.31		117.85	
17	Pinochuncho	<i>Schizolobium amazonicum</i>	13.09		79.29	

18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.03	51.41	
19	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.81	38.22	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.62	72.28	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.73	89.47	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.04	31.08	
23	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.61	36.28	
24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.53	45.72	
<b>PROMEDIO</b>				<b>1132.84</b>	<b>113.28</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA ARBUSTIVA/HERBÁCEA**  
 AREA DE MUESTREO: 1m x 1m

<b>SEGUNDA EVALUACION</b>						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	BAH(t/Ha)
PARCELA2	T1	1	3231	200	59.85	9.67
	T2	2	3625	200	60.67	11.00
	T3	3	4240	200	56.85	12.05
	T4	4	3920	200	69.5	13.62
<b>PROMEDIO</b>						<b>11.59</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE HOJARASCA**  
 AREA DE MUESTREO: 0.5 m x 0.5 m

<b>SEGUNDA EVALUACION</b>						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	Bh(TM/Ha)
PARCELA2	T1	1	109.87	70	35.69	2.24
	T2	2	114.44	70	54.54	3.57
	T3	3	157.78	70	37.44	3.38
	T4	4	123.33	70	36.92	2.60
<b>PROMEDIO</b>						<b>2.95</b>

**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTOS	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da (gr/cc)	PSV (TM/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/TRAN
PARCELA 2	T1	1	H1	0.1	193.5	166.31	1.16	116.35	2.48	2.89	23.16
			H2	0.50	190.5	166.31	1.15	572.73	3.54	20.27	
	T2	1	H1	0.1	189.3	166.31	1.14	113.82	3.07	3.49	18.49
			H2	0.50	191.9	166.31	1.15	576.93	2.60	15.00	
	T3	1	H1	0.1	191.2	166.31	1.15	114.97	4.01	4.61	7.33
			H2	0.50	192.8	166.31	1.16	579.64	0.47	2.72	
	T4	1	H1	0.1	189.8	166.31	1.14	114.12	4.01	4.58	8.70
			H2	0.50	193.1	166.31	1.16	580.54	0.71	4.12	
<b>PROMEDIO</b>											<b>14.42</b>

### DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT

TRANSECTO	ARBOREA	ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
	Ind de 2,5-30 cm dap			
1	62.01	9.67	2.24	73.92
2	62.01	11.00	3.57	76.58
3	77.28	12.05	3.38	92.71
4	113.28	13.62	2.60	129.50
<b>PROMEDIO</b>	<b>78.65</b>	<b>11.59</b>	<b>2.95</b>	<b>93.18</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>35.39</b>	<b>5.21</b>	<b>1.33</b>	<b>41.93</b>

### CARBONO TOTAL ALMACENADO

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	33.26	23.16	56.42
2	34.46	18.49	52.95
3	41.72	7.33	49.05
4	58.28	8.70	66.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>41.93</b>	<b>14.42</b>	<b>56.35</b>

### 2.3 SUT: SAF CACAO CON PINOCHUNCHO-TERCERA EVALUACIÓN DETERMINACION DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 4m x 25m  
PROPIETARIO: IIAP  
UBICACIÓN (UTM): 388350 E 8991151 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.87		174.27	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.3		33.39	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.27		98.64	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.79		148.84	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.03		51.41	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.15		96.55	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.4		162.91	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.17		53.08	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.93		76.86	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.77		74.48	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	19.63		221.02	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.22		66.63	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.71		59.81	

14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.47	45.06
<b>PROMEDIO</b>				<b>1362.96</b> <b>136.30</b>

PARCELA O TRANSECTO 2: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388353 E 8991154 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.55		71.27	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.18		53.20	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.87		61.90	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.61		46.60	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.36		68.57	
6	Pinochuncho	<i>Schizolobium amazonicum</i>	20.63		250.63	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.39		44.20	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.21		136.18	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.82		128.04	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.73		89.47	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.63		27.63	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	21.43		275.95	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.45		84.92	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.98		63.36	
15	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	17.9		175.01	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.59		123.38	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.43		120.20	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1362.96</b>	<b>136.30</b>

PARCELA O TRANSECTO 3: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388466 E 8991251 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.36		139.39	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.27		159.85	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.7		106.33	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.61		87.50	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.1		41.14	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.39		119.42	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.43		101.46	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.27		82.08	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.89		92.13	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.17		80.52	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.2		80.98	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.84		128.45	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.75		74.18	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.53		45.72	

15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.88	21.96
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.81	48.86
<b>PROMEDIO</b>				<b>1409.96</b>
				<b>141.00</b>

PARCELA O TRANSECTO 4: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388403 E 8991204 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.87		61.90	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.3		33.39	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.04		40.53	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.09		155.66	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.26		98.46	
6	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	12.35		68.43	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.35		68.43	
8	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	14.02		94.32	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.87		61.90	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.02		94.32	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.7		47.61	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.15		96.55	
13	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	12.57		71.56	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.5		57.14	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.22		53.68	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	22.44		310.06	
17	Pinochuncho	<i>Schizolobium amazonicum</i>	19.65		221.59	
18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.45		164.09	
19	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.3		67.73	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.57		166.96	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	18.78		197.61	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.85		61.64	
23	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.97		63.23	
24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.36		161.96	
<b>PROMEDIO</b>					<b>2518.79</b>	<b>251.88</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA ARBUSTIVA/HERBÁCEA**  
AREA DE MUESTREO: 1m x 1m

TERCERA EVALUACION						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	BAH(t/Ha)
PARCELA2	T1	1	3894.33	200	75	14.60
	T2	2	2317.67	200	76	8.81
	T3	3	3874.5	200	75	14.53
	T4	4	2371.33	200	75	8.89
<b>PROMEDIO</b>						<b>11.71</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE HOJARASCA**  
AREA DE MUESTREO: 0.5 m x 0.5 m

TERCERA EVALUACION						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	Bh(TM/Ha)
PARCELA2	T1	1	151.33	70	38	3.29
	T2	2	119.67	70	49	3.35
	T3	3	156.50	70	49	4.38
	T4	4	139.33	70	53	4.22
<b>PROMEDIO</b>						<b>3.81</b>

**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTOS	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Da			PSV (TM/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/ TRAN	
				Ps	PSN	VCH					
PARCELA 2	T1	1	H1	0.1	212.21	166.31	1.28	127.60	3.90	4.98	28.20
			H2	0.50	257.21	166.31	1.55	773.28	3.00	23.22	
	T2	1	H1	0.1	232	166.31	1.39	139.50	3.50	4.89	24.77
			H2	0.50	264.21	166.31	1.59	794.33	2.50	19.89	
	T3	1	H1	0.1	193	166.31	1.16	116.05	3.70	4.30	22.76
			H2	0.50	227.21	166.31	1.37	683.09	2.70	18.47	
	T4	1	H1	0.1	232.21	166.31	1.40	139.62	3.60	5.03	25.84
			H2	0.50	256	166.31	1.54	769.65	2.70	20.81	
<b>PROMEDIO</b>										<b>25.39</b>	

**DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT**

TRANSECTO	ARBOREA		ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
	Ind de 2,5-30 cm dap				
1	136.3		14.60	3.29	154.19
2	136.3		8.81	3.35	148.46
3	141		14.53	4.38	159.91
4	251.88		8.89	4.22	26499
<b>PROMEDIO</b>			<b>11.71</b>	<b>3.81</b>	<b>181.89</b>
<b>t.C/ha</b>			<b>74.87</b>	<b>5.27</b>	<b>81.85</b>

**CARBONO TOTAL ALMACENDO**

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	69.39	28.20	97.59
2	66.81	24.77	91.58
3	71.96	22.76	94.72
4	119.25	25.84	145.09
<b>PROMEDIO</b>		<b>81.85</b>	<b>107.24</b>

**3. DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA PARCELA 3**  
**3.1. SUT: SAF CACAO CON LEUCAENA-PRIMERA EVALUACIÓN**  
**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTO	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da (gr/cc)	PSV (t/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/TRAN
PARCELA 3	T1	1	H1	0.1	264.45	166.31	1.59	159.01	2.923	4.65	8.78
			H2	0.50	234.45	166.31	1.41	704.86	0.586	4.13	
	T2	1	H1	0.1	216.66	166.31	1.30	130.27	2.923	3.81	10.11
			H2	0.50	269.74	166.31	1.62	810.96	0.777	6.30	
	T3	1	H1	0.1	176.48	166.31	1.06	106.12	3.509	3.72	9.43
			H2	0.50	244.02	166.31	1.47	733.63	0.777	5.70	
	T4	1	H1	0.1	204.23	166.31	1.23	122.80	2.726	3.35	10.78
			H2	0.50	253.64	166.31	1.53	762.55	0.974	7.43	
<b>PROMEDIO</b>											<b>9.77</b>

**DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT**

TRANSECTO	ARBOREA Ind de 2,5-30 cm dap	ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**CARBONO TOTAL ALMACENADO**

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	0.00	8.78	8.78
2	0.00	10.11	10.11
3	0.00	9.43	9.43
4	0.00	10.78	10.78
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.00</b>	<b>9.7</b>	<b>9.77</b>

**3.2. SUT: SAF CACAO CON LEUCAENA-SEGUNDA EVALUACIÓN**  
**DETERMINACION DE LA BIOMASA ARBOREA**

PARCELA O TRANSECTO 1: 4m x 25m  
PROPIETARIO: IIAP  
UBICACIÓN (UTM): 388417 E 8991218 N

Nº	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
----	---------	--------------	----------	--------	--------------	----------

1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.99	50.94	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.82	48.97	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.51	13.54	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.13	41.45	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.93	39.41	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.45	44.85	
7	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	28.46	565.67	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.71	20.78	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.19	42.08	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.53	19.57	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.09	41.04	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.23	12.12	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.9	22.10	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.43	18.92	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.95	39.61	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.82	21.54	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.95	62.96	
<b>PROMEDIO</b>				<b>1105.55</b>	<b>110.56</b>

PARCELA O TRANSECTO 2: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388421 E 8991222 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.04		23.10	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.4		34.31	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.87		49.55	
4	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	8.17		24.06	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.16		114.95	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.4		100.93	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.13		65.39	
8	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	15.81		127.83	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.78		60.72	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.84		61.51	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.48		70.27	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.03		132.38	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	5.88		10.47	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.18		17.35	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.42		18.86	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.08		16.75	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.52		35.42	
18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.05		16.57	
<b>PROMEDIO</b>					<b>980.42</b>	<b>98.04</b>

PARCELA O TRANSECTO 3: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388457 E 8991258 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.15		41.66	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.71		47.72	
3	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	8.56		27.07	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.8		38.12	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.89		39.01	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.58		35.99	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.48		19.25	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.32		43.45	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.92		30.05	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.8		29.03	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.53		35.52	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.8		60.98	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.72		20.85	
14	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	8.36		25.50	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	5.9		10.56	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.66		20.44	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.13		65.39	
18	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	6.68		14.46	
19	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.43		44.63	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.1		23.54	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.93		15.86	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.47		19.18	
<b>PROMEDIO</b>					<b>708.25</b>	<b>70.83</b>

PARCELA O TRANSECTO 4: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388461 E 8991262 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	5.37		8.32	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.17		24.06	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.55		26.99	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.9		39.11	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.06		23.25	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.79		48.63	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.6		20.04	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.65		88.15	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.27		17.91	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.29		43.13	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.06		23.25	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.63		14.18	

13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.2	42.18	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.59	36.09	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.02	22.96	
16	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	5.75	9.89	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.29	54.53	
18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	6.63	14.18	
19	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.57	27.15	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.55	19.70	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.72	28.37	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.78	21.26	
23	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.68	28.04	
24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.95	30.30	
25	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.11	41.25	
26	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	4.53	5.41	
<b>PROMEDIO</b>				<b>758.33</b>	<b>75.83</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA ARBUSTIVA/HERBÁCEA.**  
 AREA DE MUESTREO: 1m x 1m

<b>SEGUNDA EVALUACION</b>						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	BAH(t/Ha)
PARCELA3	T1	1	3599	200	61,93	11.14
	T2	2	5815	200	59.31	17.24
	T3	3	3895	200	57.88	11.27
	T4	4	3501	200	60.11	10.52
<b>PROMEDIO</b>						<b>12.54</b>

**DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE HOJARASCA.**  
 AREA DE MUESTREO: 0.5 m x 0.5 m

<b>SEGUNDA EVALUACION</b>						
TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	Bh(TM/Ha)
PARCELA3	T1	1	111	70	39.77	2.52
	T2	2	218.64	70	42.22	5.27
	T3	3	122.5	70	40.03	2.80
	T4	4	144.56	70	37.22	3.07
<b>PROMEDIO</b>						<b>3.42</b>

**DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO**

TRATAMIENTOS	TRANSECTOS	CALICATA	PROF (cm)	Ps	PSN	VCH	Da (gr/cc)	PSV (TM/ha)	%CO	CS (t/ha)	PROM/TRAN
PARCELA 3	T1	1	H1	0.1	271.9	166.31	1.63	163.49	2.83	4.63	24.72
			H2	0.50	195.4	166.31	1.17	587.46	3.42	20.09	

	T2	1	H1	0.1	193.7	166.31	1.16	116.47	3.07	3.58	14.60
			H2	0.50	194	166.31	1.17	583.25	1.89	11.02	
	T3	1	H1	0.1	192.1	166.31	1.16	115.51	2.24	2.59	13.42
			H2	0.50	190.7	166.31	1.15	573.33	1.89	10.84	
	T4	1	H1	0.1	191.3	166.31	1.15	115.03	4.01	4.61	13.93
			H2	0.50	187.8	166.31	1.13	564.61	1.65	9.32	
<b>PROMEDIO</b>											<b>16.67</b>

### DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT

TRANSECTO	ARBOREA Ind de 2,5-30 cm dap	ARBUSTIVA/HERBÁCEA	HOJARASCA	BVT (t/ha)
1	110.56	11.14	2.52	124.22
2	98.04	17.24	5.27	120.55
3	70.83	11.27	2.80	84.90
4	75.83	10.52	3.07	89.42
<b>PROMEDIO</b>	<b>88.82</b>	<b>12.54</b>	<b>3.42</b>	<b>104.77</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>39.97</b>	<b>5.64</b>	<b>1.54</b>	<b>47.15</b>

### CARBONO TOTAL ALMACENADO

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	55.90	24.72	80.62
2	54.25	14.60	68.85
3	38.21	13.42	51.63
4	40.24	13.93	54.17
<b>PROMEDIO</b>	<b>47.15</b>	<b>16.67</b>	<b>63.82</b>

### 3.3. SUT: SAF CACAO CON LEUCAENA-TERCERA EVALUACIÓN DETERMINACION DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 4m x 25m  
PROPIETARIO: IIAP  
UBICACIÓN (UTM): 388417 E 8991218 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	17.2		158.21	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.57		103.97	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.15		23.91	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.47		70.13	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.17		53.08	

6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.98	77.61	
7	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	28.46	565.67	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.43	26.04	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.54	71.13	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.23	24.51	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.26	67.18	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.82	21.54	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.92	30.05	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.21	32.58	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.9	62.30	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.48	26.44	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	19.32	212.30	
<b>PROMEDIO</b>				<b>1626.64</b>	<b>162.66</b>

PARCELA O TRANSECTO 2: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388421 E 8991222 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.86		38.71	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.58		71.70	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13		77.92	
4	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	11.58		58.15	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.57		143.96	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.22		136.39	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.95		110.97	
8	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	21.35		273.36	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.45		101.82	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.48		102.35	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.03		132.38	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	16.67		146.17	
13	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.54		19.64	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.9		29.88	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.75		37.63	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.9		29.88	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.58		58.15	
18	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.28		24.89	
<b>PROMEDIO</b>					<b>1593.92</b>	<b>159.39</b>

PARCELA O TRANSECTO 3: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388457 E 8991258 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.49		57.01	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.77		74.48	

3	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	8.58	27.23	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.93	50.24	
5	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.23	53.80	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.75	48.17	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.42	34.49	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.87	61.90	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.42	44.52	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.15	41.66	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.53	45.72	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.79	74.77	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.6	36.18	
19	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>	8.38	25.65	
20	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.91	22.17	
22	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.56	35.80	
24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	13.53	86.21	
25	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	8.9	29.88	
26	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.27	67.32	
27	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.9	39.11	
28	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.8	29.03	
29	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.06	31.25	
<b>PROMEDIO</b>				<b>1016.60</b>	<b>101.66</b>

PARCELA O TRANSECTO 4: 4m x 25m  
UBICACIÓN (UTM): 388461 E 8991262 N

N°	N.COMÚN	N.CIENTÍFICO	DAP (cm)	HT (m)	BA(kg/árbol)	BA(t/ha)
1	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	7.48		19.25	
2	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.06		40.73	
3	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.54		45.83	
4	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.69		59.56	
6	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.02		40.32	
7	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	12.99		77.76	
8	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.04		31.08	
9	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	15.83		128.24	
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.8		29.03	
11	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.84		61.51	
12	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.69		37.05	
14	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.71		28.29	
15	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.77		60.59	
16	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.5		57.14	
17	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.65		36.66	
18	Frijol de palo	<i>Cajanus cajan</i>	9.3		33.39	
21	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	14.5		102.71	
23	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.39		25.73	

24	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.54	45.83	
25	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	8.9	29.88	
26	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.78	48.52	
29	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	9.44	34.68	
30	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.55	45.94	
31	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	10.81	48.86	
32	Cacao	<i>Theobroma cacao</i>	11.73	60.07	
34	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	5.23	7.78	
<b>PROMEDIO</b>				<b>1236.42</b>	<b>123.64</b>

### DETERMINACIÓN DE BIOMASA ARBUSTIVA/HERBÁCEA

AREA DE MUESTREO: 1m x 1m

#### TERCERA EVALUACION

TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	BAH(t/Ha)
PARCELA3	T1	1	3508.33	200	66	11.58
	T2	2	4159	200	69	14.35
	T3	3	3448	200	79	13.62
	T4	4	3405	200	65	11.07
<b>PROMEDIO</b>						<b>12.65</b>

### DETERMINACIÓN DE BIOMASA DE HOJARASCA.

AREA DE MUESTREO: 0.5 m x 0.5 m

#### TERCERA EVALUACION

TRATAMIENTO	TRANSECTO	Muestra	PFT	PFM	PSM	Bh(TM/Ha)
PARCELA3	T1	1	151.33	70	39	3.37
	T2	2	229	70	41	5.37
	T3	3	280	70	45	7.20
	T4	4	195	70	39	4.35
<b>PROMEDIO</b>						<b>5.07</b>

### DETERMINACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO EN EL SUELO

TRATAMIENTOS	TRANSECTOS	CALICATA	PROF		VCH	Da	PSV	%CO	CS	PROM/	
			(cm)	Ps							PSN
PARCELA 3	T1	1	H1	0.1	232	166.31	1.39	139.50	3.6024	5.03	26.32
			H2	0.50	262	166.31	1.58	787.69	2.7033	21.29	
	T2	1	H1	0.1	236	166.31	1.42	141.90	3.4026	4.83	25.16
			H2	0.50	233	166.31	1.40	700.50	2.9031	20.34	
	T3	1	H1	0.1	205.21	166.31	1.23	123.39	4.002	4.94	26.45
			H2	0.50	255.21	166.31	1.53	767.27	2.8032	21.51	
	T4	1	H1	0.1	200.21	166.31	1.20	120.38	4.002	4.82	25.40
			H2	0.50	244.21	166.31	1.47	734.20	2.8032	20.58	
<b>PROMEDIO</b>										<b>25.83</b>	

### DETERMINACION DEL CARBONO ALMACENADO EN LA BVT

TRANSECT O	ARBOREA Ind de 2,5-30 cm dap	ARBUSTIVA/HERBÁCE A	HOJARASC A	BVT (t/ha)
1	162.66	11.58	3.37	177.61
2	159.39	14.35	5.37	179.11
3	101.66	13.62	7.20	122.48
4	123.64	11.07	4.35	139.06
<b>PROMEDIO</b>	<b>136.84</b>	<b>12.66</b>	<b>5.07</b>	<b>154.57</b>
<b>t.C/ha</b>	<b>61.58</b>	<b>5.69</b>	<b>2.28</b>	<b>69.55</b>

### CARBONO TOTAL ALMACENDO

TRANSECTO	CBV (t/ha)	CS (t/ha)	CT (t/ha)
1	79.92	26.32	106.24
2	80.60	25.16	105.76
3	55.12	26.45	81.57
4	62.58	25.40	87.98
<b>PROMEDIO</b>	<b>69.55</b>	<b>25.83</b>	<b>95.39</b>

### Anexo 6. Panel Fotográfico.



Figura 8. Realizando las calicatas de 30x30x50 cm.



Figura 9. Toma de muestras de suelo para medidas de densidad aparente.

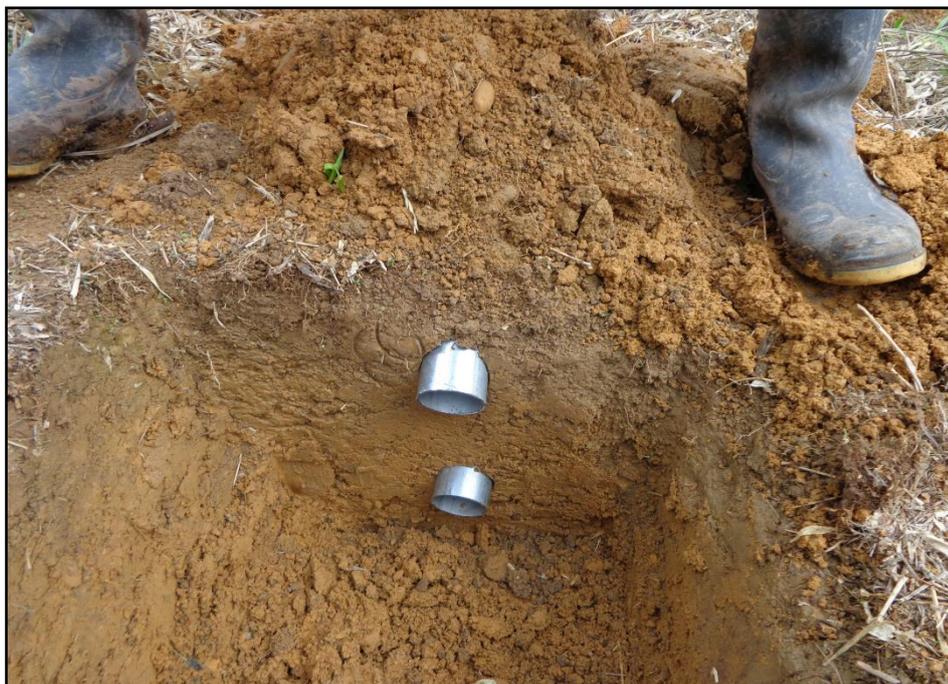


Figura 10. Cilindros muestreadores a profundidad de 0-10 y 10-50 cm.

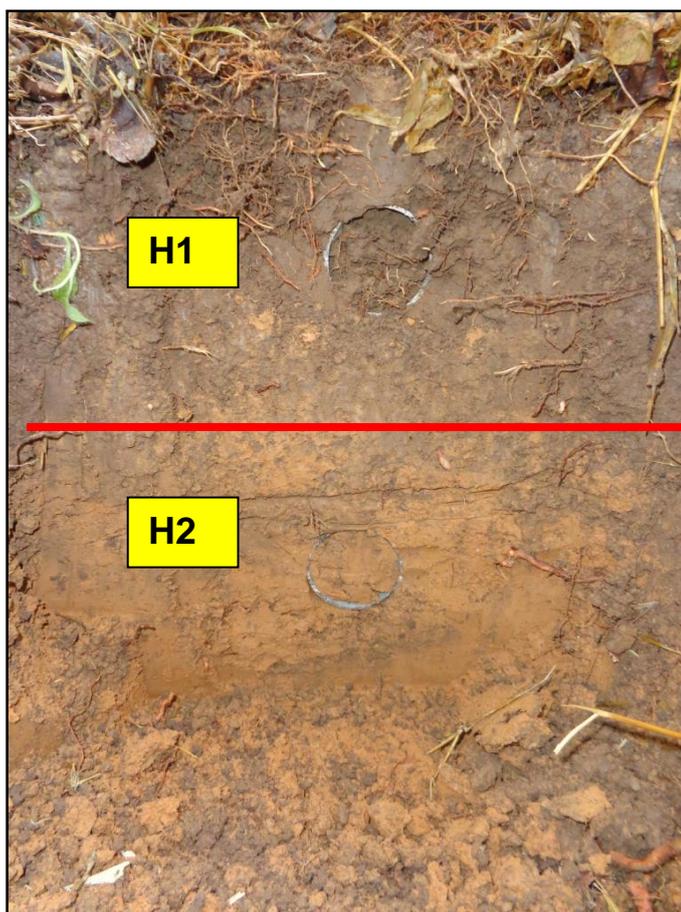


Figura 11. Horizontes del suelo a diferentes profundidades.



Figura 12. Toma de muestras de suelo para medidas de carbono y densidad aparente.



Figura 13. Cilindros muestreadores de suelos listos para ser llevados a la estufa.



Figura 14. Colocando los cilindros muestreadores de suelo en la estufa a una temperatura de 105 °C.



Figura 15. Pesado de muestras de suelo, luego de ser secadas en la estufa.



Figura 16. Limpieza de las parcelas.



Figura 17. Traslado de plantas de cacao a las parcelas de investigación.



Figura 18. Siembra de cacao en las parcelas de investigación.



Figura 19. Siembra de pino chuncho en las parcela de investigación.



Figura 20. Siembra de guaba en la parcela de investigación.



Figura 21. Siembra de bolaina en las parcelas de investigación.



Figura 22. Siembra de frejol de palo en las parcelas de investigación.

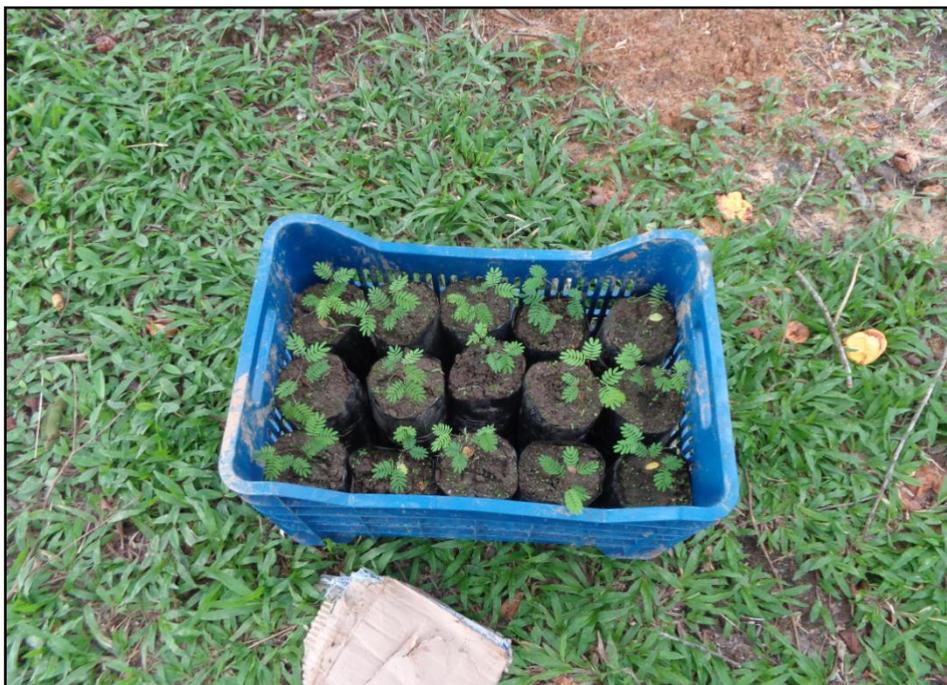


Figura 23. Plantas de leucaena a ser sembradas en la parcela de investigación



Figura 24. Realizando los transectos de 4X25m en las parcelas de investigación.



Figura 25. Cuadrantes de 1 m x 1 m y cuadrantes interiores de 0,5 m x 0,5 para evaluar biomasa herbácea y hojarasca.



Figura 26. Extracción de biomasa arbustiva/herbácea.



Figura 27. Extracción de biomasa arbustiva/herbácea, hojarasca.



Figura 28. Extracción y pesado de muestras.



Figura 29. Secado de sub-muestras.



Figura 30. Peso de sub-muestras secas.



Figura 31. Medición del diámetro en plantas de cacao.



Figura 32. Medición del diámetro en plantas de frejol de palo.



Figura 33. Medición del diámetro en plantas de guaba.



Figura 34. Medición del diámetro en plantas de pino chuncho.

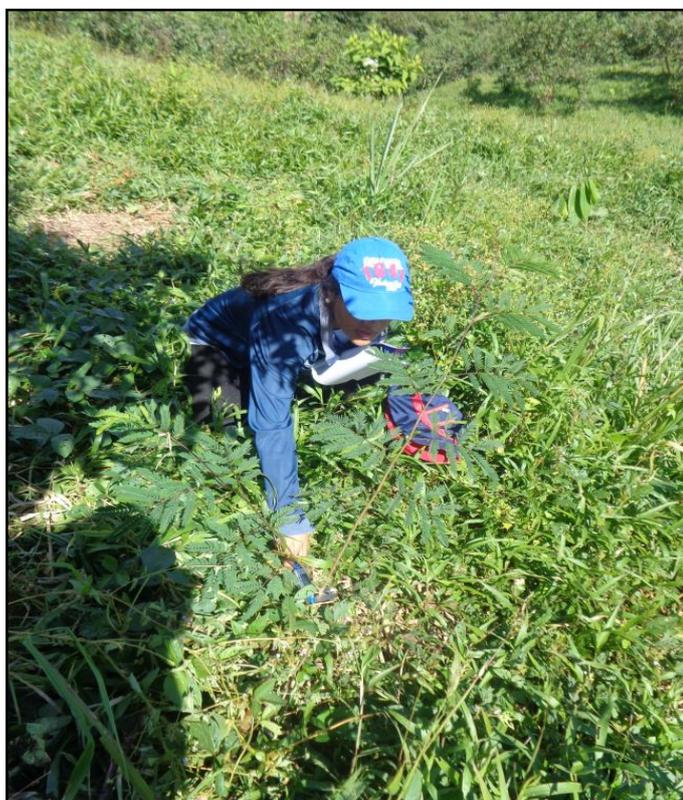


Figura 35. Medición del diámetro en plantas de leucaena.

## ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Objetivos .....	4
1.1.1. General.....	4
1.1.2. Específicos .....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1. Ciclo del carbono.....	5
2.2. Efecto invernadero .....	7
2.2.1. Gases de efecto invernadero.....	7
2.3. El carbono en ecosistemas agroforestales.....	8
2.3.1. Aspectos generales .....	8
2.3.1.1. Secuestro de carbono.....	8
2.3.1.2. Carbono almacenado.....	8
2.3.1.3. Sumideros de carbono.....	9
2.4. Captura o secuestro de carbono .....	9
2.4.1. Biomasa vegetal y Secuestro de carbono .....	9
2.4.2. Función de los bosques en el ciclo global del carbono.....	10
2.4.3. Diferentes escenarios de captura de carbono .....	11
2.4.4. El carbono en los sistemas agroforestales .....	13
2.5. Carbono en el suelo .....	14
2.5.1. Papel de los suelos en el ciclo del carbono .....	14
2.6. Cuantificación del carbono en diferentes Sistemas de Uso de la Tierra (SUT) en la amazonía peruana.....	16
2.7. Determinación de reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú.....	19

2.8. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de <i>theobroma cacao</i> L. en el departamento de San Martín, Perú. ....	21
2.8.1. Carbono total en biomasa arbórea viva, árboles muertos en pie y caídos. ....	21
2.8.2. Carbono total en la biomasa arbustiva –herbácea y hojarasca.....	22
2.9. Biomasa .....	24
2.9.1. Formación de biomasa .....	25
2.9.2. Biomasa y sus formas .....	25
2.10. Los bosques tropicales en el aspecto político .....	26
2.10.1. El Protocolo de Kyoto .....	26
2.10.2. Mecanismo de desarrollo limpio .....	27
2.11. Sistema agroforestal .....	28
2.11.1. Función de los sistemas agroforestales .....	28
2.11.2. Clasificación de los sistemas agroforestales .....	29
2.11.3. Importancia de los sistemas agroforestales.....	30
2.12. Descripción de las especies en estudio .....	31
2.12.1. <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit (leucaena) .....	31
2.12.1.1. Importancia del uso de la <i>Leucaena leucocephala</i> .	32
2.12.1.2. Distribución ecológica de la <i>Leucaena leucocephala</i> .....	32
2.12.2. Bolaina blanca .....	33
2.12.2.1. Distribución hábitat .....	33
2.12.2.2. Descripción morfológica.....	34
2.12.2.3. Características de la madera .....	35
2.12.2.4. Usos de la madera.....	36
2.12.2.5. Productividad y rentabilidad .....	36
2.12.3. Pino chuncho.....	37
2.12.3.1. Características silviculturales.....	37

2.12.3.2. Ecología (características específicas del sitio) .....	37
2.12.3.3. Usos.....	38
2.12.4. Cacao .....	38
2.12.4.1. Cacao CCN-51.....	38
2.12.4.2. Características del cacao CCN-51.....	39
2.12.5. Frejol de palo.....	39
2.12.5.1. Características.....	40
2.12.5.1. Aspectos ecológicos .....	40
2.12.6. Guaba.....	41
2.12.6.1. Descripción .....	41
2.12.6.1. Distribución .....	42
2.12.6.2. Condiciones ambientales.....	42
2.12.6.3. Suelos.....	42
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	43
3.1. Lugar de ejecución .....	43
3.2. Ubicación geográfica.....	43
3.3. Ubicación política .....	43
3.4. Ubicación ecológica .....	43
3.5. Características generales de la zona .....	44
3.5.1. Clima .....	44
3.5.2. Fisiografía.....	44
3.5.3. Suelo .....	44
3.5.3.1. Características físicas.....	44
3.5.3.2. Características químicas.....	44
3.5.4. Vegetación.....	45
3.5.5. Actividades socioeconómicas.....	45
3.6. Materiales y equipos .....	45
3.6.1. Material vegetativo.....	45
3.6.2. Materiales de campo .....	46
3.6.3. Equipos de campo.....	46



5.3. Carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales.....	67
VI. CONCLUSIONES.....	70
VII. RECOMENDACIONES.....	71
VIII. ABSTRACT.....	72
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
ANEXO .....	80

## DEDICATORIA

A tí Creador Todopoderoso; por darme vida, salud y mi existencia en este planeta.

A mis padres Alejandro y Marina; por su entrega y apoyo incondicional para lograr mis objetivos durante mi vida universitaria, porque sin ellos no hubiera cumplido este logro y sueño de titularme.

A mi hermano Miguel; por su apoyo y el gran afecto que nos une.

A José Fernando; por su gran cariño y apoyo incondicional.

A mis tíos, primos y demás familiares; por su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, por brindarme su estación experimental y su apoyo en la ejecución de la investigación.
- Al Ing. John Richard Remuzgo Foronda, por brindarme su apoyo incondicional, sugerencias en la ejecución de la investigación.
- Al Ing. Mg. Sc. Luis Alberto Valdivia Espinoza, por su invaluable asesoramiento en la investigación.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables por compartir y transmitirme sus conocimientos en las aulas universitarias.
- A los miembros del jurado calificador de la tesis: Dr. Fernando Gutierrez Huaman, Ing. M.Sc. Yané Levi Ruíz e Ing. Fiorela Guere Salazar, por sus oportunas sugerencias.
- Al Ing. Marcelo, Blga. Astrid, Ing. Ronald, Blgo. Glauco, por sus sugerencias.
- A mis amigas y amigos por los inolvidables momentos vividos en nuestra etapa universitaria.

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Carbono contenido en suelos forestales (t.C/ha).....	16
2. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa de la parte aérea y del suelo en diferentes SUT en Yurimaguas, Perú.....	17
3. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa aérea y del suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú .....	18
4. Cuantificación de carbono secuestrado en sistemas agroforestales y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú.....	19
5. Carbono capturado en biomasa herbácea-arbustiva y hojarasca en toneladas (t) por hectárea (ha), año de todos los sistemas agroforestales.....	22
6. Carbono capturado en biomasa herbácea-arbustiva y hojarasca en toneladas por hectárea de todos los sistemas agroforestales.....	23
7. Sistemas agroforestales de acuerdo a los componentes agrícolas y forestales .....	30
8. Especies, distanciamiento y método de siembra.....	47
9. Número de plantas para la siembra/plantación.....	48
10. Tratamientos del experimento.....	48

11. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 1 (sistema agroforestal) en el primer año de instalación.....	55
12. Prueba de DUNCAN a nivel carbono total almacenado por componentes en la parcela 1.....	56
13. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 2 (sistema agroforestal) en el primer año de instalación.....	57
14. Prueba de DUNCAN a nivel carbono total almacenado por componentes en la parcela 2.....	58
15. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 3 (sistema agroforestal) en el primer año de instalación.....	59
16. Prueba de DUNCAN a nivel carbono total almacenado por componentes en la parcela 3.....	60
17. Carbono existente en la biomasa vegetal y el suelo en los tres sistemas agroforestales .....	61
18. Carbono total almacenado en los tres sistemas agroforestales en el primer año de instalación .....	62
19. Prueba de DUNCAN a nivel de carbono total en los tres sistemas agroforestales .....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Carbono en biomasa aérea de los sistemas evaluados.....	21
2. Niveles de carbono en sotobosque y hojarasca a nivel de todos los sistemas .....	24
3. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 1.....	55
4. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 2.....	57
5. Carbono total almacenado por componentes en la parcela 3.....	59
6. Carbono almacenado en la biomasa vegetal y en el suelo en los tres sistemas agroforestales.....	61
7. Carbono total almacenado en tres sistemas agroforestales en el primer año de instalación.....	63
8. Realizando las calicatas de 30x30x50 cm.....	111
9. Toma de muestras de suelo para medidas de densidad aparente...	111
10. Cilindros muestreadores a profundidad de 0-10 y 10-50 cm.....	112
11. Horizontes del suelo a diferentes profundidades.....	112
12. Toma de muestras de suelo para medidas de carbono y densidad aparente.....	113

13	Cilindros muestreadores de suelos listos para ser llevados a la estufa.....	113
14	Pesado de muestras de suelo, luego de ser secadas en la estufa.....	114
15	Colocando los cilindros muestreadores de suelo en la estufa a una temperatura de 105°C.....	114
16	Limpieza de las parcelas.....	115
17	Traslado de plantas de cacao a las parcelas de investigación.....	115
18	Siembra de cacao en las parcelas de investigación.....	116
19	Siembra de pino chuncho en las parcela de investigación.....	116
20	Siembra de guaba en la parcela de investigación.....	117
21	Siembra de bolaina en las parcelas de investigación.....	117
22	Siembra de frijol de palo en las parcelas de investigación.....	118
23	Plantas de leucaena a ser sembradas en la parcela de investigación.....	118
24	Realizando transectos de 4 x 25 m en las parcelas de investigación.....	119
25	Cuadrantes de 1 m x 1 m y cuadrantes interiores de 0,5 m x 0,5 para evaluar biomasa herbácea y hojarasca.....	119
26	Extracción de biomasa arbustiva/herbácea.....	120

27	Extracción de biomasa arbustiva/herbácea, hojarasca.....	120
28	Extracción y pesado de muestras.....	121
29	Secado de sub-muestras.....	121
30	Peso de sub-muestras secas.....	122
31	Medición del diámetro en plantas de cacao.....	122
32	Medición del diámetro en plantas frijol de palo.....	123
33	Medición del diámetro en plantas de guaba.....	123
34	Medición del diámetro en plantas de pino chuncho.....	124
35	Medición del diámetro en plantas de leucaena.....	124

## RESUMEN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial, y se considera como uno de los seis principales gases que intervienen en el efecto invernadero (GEI) el cual está contribuyendo en mayor proporción al cambio; una forma de mitigar el cambio climático radica en reducir las concentraciones de CO<sub>2</sub> mediante la implementación de Sistemas Agroforestales que son capaces de capturar el CO<sub>2</sub> de la atmósfera y almacenarlo en la biomasa aérea y subterránea, y en el suelo, manteniéndolo por largos periodos de tiempo. La investigación se desarrolló en la Estación experimental del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana localizado en el caserío de Saipai, cuyas coordenadas son 388252 E y 8990937 N, a una altitud de 660 m.s.n.m., políticamente localizado en el departamento Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito José Crespo y Castillo. Los objetivos propuestos fueron: cuantificar carbono almacenado en biomasa arbórea, arbustiva y hojarasca, calcular el carbono almacenado en el suelo y biomasa vegetal, cuantificar el carbono almacenado en los tres sistemas agroforestales e Identificar el sistema agroforestal con mayor potencial de carbono almacenado. Cada sistema agroforestal estuvo por conformado por: guaba, cacao, frejol del palo, bolaina (P<sub>1</sub>), pino chuncho, cacao, frejol del palo, bolaina (P<sub>2</sub>) y leucaena, cacao, frejol del palo, bolaina (P<sub>3</sub>), cada uno de los cuales consistió en una parcela de 55 x 85 m. El carbono almacenado se evaluó mediante la metodología de ARÉVALO *et al.* (2003). Los resultados obtenidos indican que: 1) El componente arbóreo es el que almacena mayor cantidad de carbono respecto al suelo en los tres sistemas agroforestales, con 60.85 t.C/ha, 79.87 t.C/ha y 61.58 t.C/ha, respectivamente

durante el primer año de instalación; 2) El aporte de carbono en fuentes de biomasa herbácea es en pequeñas cantidades, siendo de 4,69 t.C/ha, 5.27 t.C/ha y 5.69 t.C/ha y en biomasa de hojarasca de 1.85 t.C/ha, 1.71 t.C/ha, y 2.28 t.C/ha, respectivamente en los tres sistemas agroforestales; 3) El carbono almacenado en la biomasa vegetal es de 81.85 t.C/ha en el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*; y en el suelo fue de 25.83 t.C/ha en el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Leucaena leucocephala* y *Cajanus cajan*; 4) La mayor cantidad de carbono almacenado es de 107.24 t.C/ha, en el sistema agroforestal conformado por *Theobroma cacao L.*, *Schizolobium amazonicum* y *Cajanus cajan*; 5) La producción de carbono total (componente vegetal + suelo) está en función de la edad de los SUT y el tipo de asociación con especies forestales, agrícolas o frutales utilizados.

Palabras claves: Carbono, biomasa, sistemas agroforestales.