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

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN -TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

"CUANTIFICACIÓN DE BIOMASA Y RESERVA DE CARBONO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L.*), EN EL CAMPO EXPERIMENTAL EL CHOCLINO, BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN"

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRONOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CHRISTIAN ROBIN BARTRA REÁTEGUI

TARAPOTO – PERÚ

2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA ACADÉMICO - PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO AGROSILVO PASTORIL

ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS

"CUANTIFICACIÒN DE BIOMASA Y RESERVA DE CARBONO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CACAO (*Theobroma cacao L.*), EN EL CAMPO EXPERIMENTAL EL CHOCLINO, BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN"

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

CHRISTIAN ROBIN BARTRA REÁTEGUI

Ing. M. Sc. Armando Duval Cueva Benavides
Presidente

Ing. M. Sc. Orlando Ríos Ramírez
Secretario

Ing. M. Sc. César Enrique Chappa Santa Maria
Miembro

Ing. M. Sc. Javier Ormeño Luna
Asesor

DEDICATORIA

A mis amados y queridos padres ARÍSTIDES BARTRA y ELINA REÁTEGUI por el apoyo incondicional que siempre me brindan, para formarme como profesional y tanto sacrificio hicieron realidad mi más grande anhelo y por su ejemplo de humildad y honestidad.

A mis hermanas: KARINA, VIVIAN y DIANA, con mucho cariño por la amistad inquebrantable, ejemplos de bondad y humildad que con sus sacrificios me inspiraron para terminar mi carrera.

AGRADECIMIENTO

Al Ing. M.Sc. JAVIER ORMEÑO LUNA por su apoyo y por permitir ser mi asesor del presente trabajo de investigación.

Al INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES, por el financiamiento y aporte del material didáctico utilizado en el presente trabajo de tesis.

Al Ing. M.Sc. ENRIQUE ARÉVALO GARDINI, por su invalorable apoyo en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Al Ing. M.Sc. LUIS ZUÑIGA CERNADES, co-asesor, por su orientación científica y confianza permanente durante la ejecución del presente trabajo.

Srta. LUCINDA VELA VARGAS, por brindarme las facilidades para realizar mi tesis en su prestigiosa institución y por su valioso apoyo moral y colaboración desinteresada para la ejecución del presente trabajo.

A todos los trabajadores del INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES, por todo el apoyo y la confianza que me brindaron en todo momento y porque me enseñaron a trabajar en equipo.

A mis amigos JOSÉ BARTRA, MATILDE VELA, ANGEL GARCIA y LAURA COTRINA por su valiosa contribución y apoyo desinteresado durante la ejecución de la presente tesis.

ÍNDICE

		Pág.
I.	**INTRODUCCIÓN**	01
II.	**OBJETIVOS**	03
III.	**REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**	04
	3.1 Generalidades	04
	3.1.1 Biomasa	04
	3.1.2 Dióxido de carbono	04
	3.1.3 Ciclo del carbono	05
	3.1.4 Cambio climático	06
	3.2 Captura de carbono en ecosistemas agroforestales	08
	3.2.1 Captura de carbono ante el cambio climático	08
	3.2.2 Los bosques, sistemas forestales y las reservas de carbono	09
	3.2.3 El carbono en ecosistemas forestales	09
	3.2.4 Opciones de captura de carbono en el sector forestal	11
	3.2.5 precios y mercado actual de proyectos de captura de carbono	13
	3.3 el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)	14
	3.3.1 El cultivo de cacao en el Perú	14
	3.3.2 Aspectos generales del cultivo de cacao	15
	3.3.3 Agroforesteria	20
	3.3.4 Secuestro de carbono en sistemas de cacao en la amazonía	21
	3.3.5 Concentración del carbono en el suelo	25
	3.4 Marco legal	26
	3.4.1 Protocolo de Kyoto	26
	3.4.2 Ley Nº 27308, ley forestal y de la fauna silvestre	DS 014-2001-AG 28
	3.4.3 Certificación de compra de carbono	29
	3.4.4 Creación del mercado de carbono	30
	3.5 Conceptos de estadística	31
	3.5.1 Media	31
	3.5.2 Mediana	31
	3.5.3 Desviación estándar	
	3.5.4 Error estándar	32
	3.5.5 Coeficiente de variabilidad	32
IV.	**MATERIALES Y MÉTODOS**	33
V.	**RESULTADOS**	54
VI.	**DISCUSIONES**	62
VII.	**CONCLUSIONES**	67
VIII.	**RECOMENDACIONES**	69

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 70

X. ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

Pág.

Cuadro Nº 01: Captura de carbono en sistemas de producción en cacao. 23

Cuadro N° 02: Registros meteorológicos históricos. 34

Cuadro N° 03: Registros meteorológicos de la evaluación. 34

Cuadro N° 04: Análisis de suelo de los dos sistemas de producción. 35

Cuadro Nº 05: Análisis descriptivo de los contenidos carbono en los dos sistemas de producción de cacao. 54

Cuadro Nº 06: Análisis descriptivo del carbono almacenado en los diferentes estratos evaluados del sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) 55

Cuadro Nº 07: Análisis descriptivo del carbono almacenado en los diferentes estratos evaluados del sistema de manejo tradicional (SMT) 56

Cuadro Nº 08: Análisis descriptivo para el estrato suelo del sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) y el sistema de manejo tradicional (SMT) 57

Cuadro Nº 09: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (SMBR) 58

Cuadro Nº 10: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (SMT) 59

Cuadro Nº 11: Prueba de significancia de Wilcoxon (Mann – Whitney U) 60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Pág.

Gráfico Nº 01: Reserva de carbono con diferentes sistemas de usos de la tierra en Yurimaguas y Pucallpa 24

Gráfico Nº 02: Carbono almacenado en el sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) y en el sistema de manejo tradicional (SMT) en t ha^{-1} 54

Gráfico Nº 03: Carbono almacenado en los diferentes estratos evaluados

del sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) de producción de cacao. 55

Gráfico Nº 04: Carbono almacenado en los diferentes estratos evaluados del sistema de manejo tradicional (SMT) de producción de cacao 56

Gráfico Nº 05: Carbono orgánico en el suelo del sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) y el sistema de manejo tradicional (SMT) 57

Gráfico Nº 06: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo en el sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) 58

Gráfico Nº 07: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo en el sistema de manejo tradicional (SMT) 59

Gráfico Nº 08: Biomasa total (Bat) y carbono almacenado (Ca) en función al diámetro a 30 cm sobre el suelo para cacao 60

Gráfico Nº 09: Prueba de significancia entre los dos sistemas de manejo de producción de cacao. 61

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura N° 01: Ciclo del carbono 06

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático global asociado al aumento potencial de la temperatura superficial del planeta, es uno de los problemas ambientales más severos que se enfrenta en el presente siglo (Ceruti, 1997).

El carbono es un elemento fundamental de los compuestos orgánicos; como sucede con todos los elementos de la naturaleza. El Carbono, en su unión molecular con el oxígeno, constituye el dióxido de carbono (CO_2), cuya presencia en la atmósfera es fundamental en la regulación de la temperatura del planeta debido a sus propiedades como gas de invernadero (Arévalo *et al*. 2003).

La actividad humana, utiliza combustibles fósiles para la producción de energía. Los procesos derivados del cambio en el uso del suelo y silvicultura, generan grandes emisiones de gases de (GEI) como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), clorofluorcarbonados (CFC's), óxido nitroso (N_2O) y metano (CH_4), entre otros. El dióxido de carbono es uno de los gases de mayor importancia en el efecto invernadero por las grandes cantidades que se emite (MASERA, 2001). El Perú emite el 0.4% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) globales en comparación con Estados Unidos que produce el 25% de los GEI y Europa del este con 27% (www.larepublica.com.pe/content; 2007).

La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, fija y mantiene almacenado por largos períodos, a través de la fotosíntesis. Razón por la cual los bosques son importantes sumideros de carbono (Masera, 2001).

Los bosques tropicales al cubrir una extensa área y ser ecosistemas extremadamente dinámicos, tienen la capacidad de regular la cantidad de CO_2 en la atmósfera mediante la fijación del mismo y su reincorporación al ciclo normal (DIXON, 1995). El tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo parte de la biomasa del bosque hasta que es enviado nuevamente a la atmósfera o al suelo se considera como carbono almacenado (Dixon *et al*, 1994).

El presente estudio, evaluó la presencia de carbono en árboles, arbustivas - herbáceas y suelo, y cuantifica la biomasa total y reservas de carbono en dos sistemas de cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en arreglos agroforestales. Y así mismo determinar el valor potencial que debería acceder a un pago por el servicio ambiental en el mercado mundial.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

- Determinar la cantidad de biomasa y reserva de carbono en los sistemas de producción tradicional y bosque raleado con el cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*).

2.2 Objetivos Específicos

- Establecer la cantidad de carbono almacenado en la biomasa total de un sistema de cultivo tradicional (tumba, rozo y quema) para la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*).

- Determinar la cantidad de carbono almacenado en la biomasa total de un sistema de cultivo de bosque raleado para la producción de cacao (*Theobroma cacao L.*).

III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Generalidades

3.1.1 Biomasa

La biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca por unidad de superficie o de volumen (Iparraguirre, 2000).

La biomasa es la energía solar convertida por la vegetación en materia orgánica; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles.

La única biomasa realmente explotada en la actualidad, para fines energéticos es la de los bosques los que cubren parte de la demanda energética, sólo puede constituir una opción razonable en países donde la densidad territorial de dicha demanda es muy baja, así como también de la población (Tercer mundo).

http://es.geocities.com/vianiorte/biomasa.htm

3.1.2 Dióxido de Carbono

Es fundamental en el equilibrio gaseoso, una parte de el se preserva en la atmósfera, otra, en forma de carbonatos, va a dar a los océanos, donde los organismos marinos lo depositan en el fondo del mar y una tercera parte, tomada por los vegetales, es retenida en sus tejidos y parcialmente introducida al suelo donde se fosiliza. Una pequeña

fracción se agrega también por emisiones volcánicas. El CO_2 es el principal gas de efecto invernadero (GEI), responsable de las dos terceras partes de volúmenes emitidos y calentamiento proporcional (Unep y Gens, 1992).

3.1.3 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 en la tierra, y en él se ven implicadas actividades básicas para el sostenimiento de la vida. Comprende dos ciclos que se suceden en distintas velocidades:

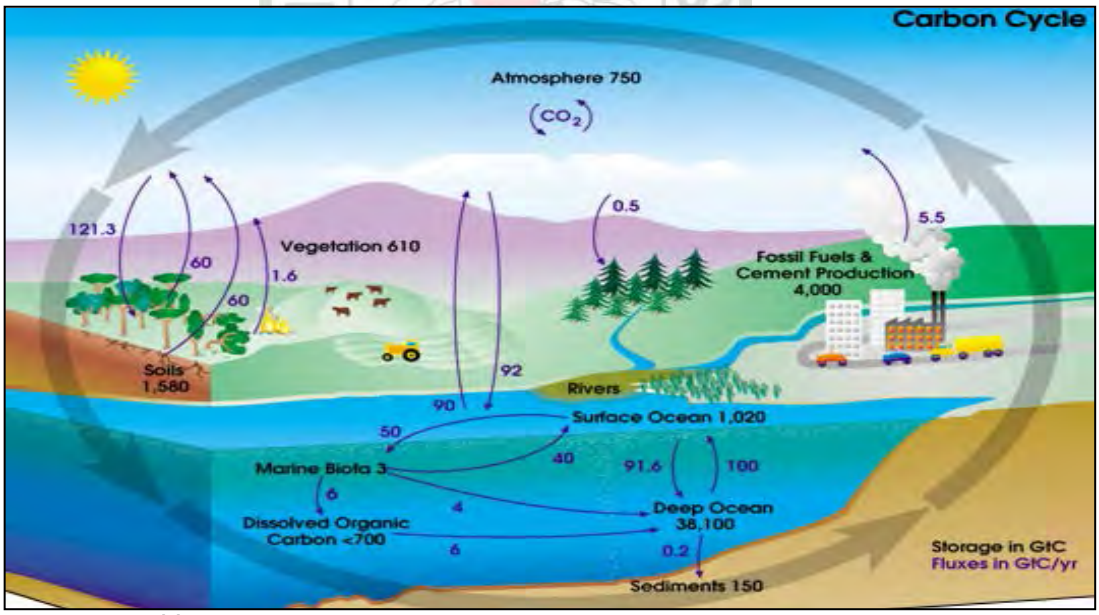
- Ciclo biológico: comprende los intercambios de carbono (CO_2) entre los seres vivos y la atmósfera, es decir, la fotosíntesis, proceso mediante el cual el carbono queda retenido en las plantas y la respiración que lo devuelve a la atmósfera. Este ciclo es relativamente rápido, estimándose que la renovación del carbono atmosférico se produzca cada 20 años.

- Ciclo biogeoquímico: regula la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El CO_2 atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico (HCO_3), el cual ataca los silicatos que constituyen las rocas resultando iones bicarbonatos. 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 del

carbono, se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que la 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 oxigeno que la descompone, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

- El almacenamiento del carbono en los depósitos fósiles supone en la práctica una rebaja de los niveles atmosféricos de dióxido de carbono (Smith, 1993).

Figura Nº 01: Ciclo del carbono



FUENTE: Smith,1993.

3.1.4 Cambio Climático

Se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a La variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

En la “XII Conferencia Mundial de Cambio Climático” realizada en Nairobi, Kenya el 7 de noviembre del 2006 se manifestó que el efecto invernadero actualmente es uno de los principales factores que provocan el calentamiento global de la tierra y por ende influye decisivamente en el cambio climático actual, convirtiéndose en una de las más graves amenazas para la humanidad.

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta. Este proceso se genera cuando parte de la radiación solar llega a la atmosfera y choca y es absorbida por las moléculas de CO_2, H_2O, O_3, CH_4, CFC´s causando que estas en su vibración emitan energía en forma de rayos invisibles e infrarrojos manteniendo así la temperatura atmosférica. Las alteraciones en el clima han ocurrido en el pasado por causas naturales de diversos tipos, si embargo, en los últimos 150 años a partir de la revolución industrial; el efecto que han tenido las actividades humanas en el clima comenzó a ser relevante en su variación.

El Perú emite el 0.4% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) globales en comparación con Estados Unidos que produce el 25% de los GEI y Europa del este con 27%.

Dentro de estas actividades la transformación de bosques a tierras agropecuarias genera un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) atribuibles a actividades humanas; esta realidad

provoca que la deforestación sea uno de los motores del cambio climático (UNFCCC, 2006).

3.2 Captura de carbono en ecosistemas agroforestales

3.2.1 Captura de carbono ante el cambio climático

La cantidad de carbono (C) capturado se relaciona a la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual esta en función a su biodiversidad y esta determinada por las condiciones del suelo y clima.

Las plantas tienen la capacidad de almacenar el dióxido de carbono de la atmósfera basado en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija el carbono, que luego utilizan para generar el alimento necesario para su crecimiento, estimándose que una hectárea de plantación arbórea puede absorber alrededor de 10 t de carbono por ha/año de la atmósfera, dependiendo de las condiciones del lugar.

Se asume que el 45% de la biomasa vegetal seca es carbono (Arévalo *et al*, 2003). Existe en los bosques una acumulación de carbono que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar entre 150 – 382 t/ha, por lo tanto el carbono almacenado varia entre 67,5 a 171 t/ha (Arévalo *et al*, 2003). La vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos, a través de la fotosíntesis. Es por esta razón que los bosques son importantes sumideros de carbono (Benjamín, 2001).

3.2.2 Los bosques, sistemas forestales y las reservas de carbono

Los bosques naturales son los principales secuestradores de dióxido de carbono, pero existen otras alternativas de uso de la tierra como los sistemas agroforestales o la reforestación planificada, pasturas bien manejadas con sistemas silvopastoriles, que pueden secuestrar en promedio 95 t de carbono/ha en 15 años, además de proporcionar bienes y servicios que pueden potencialmente evitar que se deforesten de 5 a 20 hectáreas manejadas con sistemas tradicionales (Alegre *et al*, 2001).

La cantidad de carbono almacenado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual esta en función a su heterogeneidad, condiciones de clima y suelo.

3.2.3 El Carbono en ecosistemas forestales

Una vez que el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico es incorporado a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis, éste participa en la composición de materias primas como la glucosa, para formar todas las estructuras necesarias para que el árbol pueda desarrollarse (follaje, ramas, raíces y tronco). El árbol al crecer gana altura y grosor del tronco. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre las hojas dando lugar a una competencia entre las copas de los árboles por la energía solar, originando a su vez un dosel cerrado.

Los componentes de la copa aportan materia orgánica al suelo, la misma que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable que, a su vez, aporta nuevamente CO_2 al entorno.

Simultáneamente los troncos, al ir incrementando su diámetro y altura, alcanzan un tamaño tal que puedan ser aprovechados con fines comerciales. De este aprovechamiento se extraen productos como: tablas, tablones y polines, que darán origen a subproductos elaborados como: muebles y casas. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado después del cual se degradan aportando carbono al suelo y CO_2 producto de su descomposición a la atmósfera.

Finalmente, durante 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. En el momento de liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o la quema de la biomasa) el carbono fluye para regresar a su ciclo.

Los flujos y almacenes de carbono en un ecosistema forestal, donde el follaje, las ramas, las raíces, el tronco, los desechos, los productos y el humus estable son almacenes de carbono, los mismos que se reincorporarán al ciclo por descomposición y/o quema de la biomasa forestal. La estimación precisa de la dinámica de los flujos netos de carbono entre los bosques y la atmósfera (es decir, el balance emisión-captura) es uno de los problemas abiertos más importantes en la

discusión sobre cambio climático. Esto es resultado, por un lado, del complejo ciclo biogeoquímico del carbono en los ecosistemas forestales.

En efecto, los procesos de captura-emisión son parte de un sistema con cuatro tipos generales de reservorios de carbono (vegetación, aérea y subterránea, materia en descomposición, suelos, productos forestales), con tiempos de residencia y flujos asociados muy diferentes (Ordóñez, 2001).

3.2.4 Opciones de captura de carbono en el sector forestal

Los ecosistemas forestales, pueden absorber y almacenar cantidades significativas de dióxido de carbono (CO_2), principal gas de efecto invernadero (GEI). Como producto de este hecho, en las últimas décadas ha surgido un interés considerable por incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre mediante la conservación forestal, la reforestación, la agroforestería y otros métodos de manejo del suelo. Numerosos estudios han demostrado el gran potencial que poseen los bosques y los ecosistemas agrícolas para almacenar carbono.

El ciclo de carbono en la vegetación comienza con la fijación del CO_2 por medio de los procesos de fotosíntesis, realizada por las plantas y ciertos microorganismos. En este proceso, catalizado por la energía solar, el CO_2 y el agua reaccionan para formar carbohidratos y liberar oxígeno a la atmósfera. Parte de los carbohidratos se consumen directamente para suministrar energía a la planta, y el CO_2 liberado como producto de este proceso lo hace a través de las hojas, ramas, fuste o raíces. Otra parte

de los carbohidratos son consumidos por los animales, que también respiran y liberan CO_2. Las plantas y los animales mueren y son finalmente descompuestos por macro y micro-organismos, lo que da como resultado que el carbono de sus tejidos se oxide en CO_2 y regrese a la atmósfera (Masera, 2001).

La fijación de carbono por bacterias y animales contribuye también a disminuir la cantidad de dióxido de carbono, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono en las plantas.

Cuando mueren los organismos y son comprimidos por sedimentación, sufren una serie de cambios químicos para formar turba, luego carbón pardo o lignito y finalmente carbón. Durante el tiempo en que el CO_2 se encuentra constituyendo alguna estructura de la planta o el suelo y hasta que es enviado nuevamente a la atmósfera se considera “capturado”. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa), el CO_2 fluye para regresar al ciclo de carbono.

Además de la reforestación la cual depende en buena parte de decisiones políticas la agrosilvicultura representa una buena técnica y una buena opción ecológica de manejo de la tierra. Sin embargo, se debe tener presente que la agro silvicultura es un sistema complejo que comprende al menos 18 prácticas distintas y un número virtualmente infinito de variaciones. Los árboles están asociados con los cultivos, con el ganado o con ambos. Todas las prácticas agroecológicas involucran la

captura de carbono por lo que los cultivos deben ser plantados según las prácticas mencionadas anteriormente -labranza cero, cobertura con residuos, cobertura con cultivos. La tasa de absorción de carbono 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/año, dependiendo de la duración (15 a 40 años). La agrosilvicultura tiene una gran ventaja, especialmente para los pequeños agricultores tanto en África como en América del Sur. Sin embargo, necesita un manejo colectivo del espacio, por ejemplo de una cuenca. Las estadísticas disponibles indican que cerca de 185 millones de agricultores usan productos de la agrosilvicultura, con potencial para un mayor desarrollo. La aplicación del protocolo de Kyoto o de un acuerdo post-Kyoto podría ser una buena oportunidad para promover ese tipo de iniciativas, incluyendo la plantación de árboles y asumiendo que se puedan proporcionar incentivos socio-económicos adecuados bajo el CDM (Masera, 2001).

3.2.5 Precios y mercado actual de proyectos de captura de carbono

El tamaño total del mercado actual para proyectos de captura de carbono es de US $ 92, 344, 370. El mercado a través de la implementación conjunta del protocolo de Kyoto: asciende a US $ 7, 630,000, con un total 13, 077,132 t (US $ 0.58/t), actualmente se han realizado 24 transacciones en este marco, las cuales representan 136, 862 ha.

Los proyectos para este mercado se deben preparar pronto, pues el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) sólo los reconoce para el primer

periodo de compromiso, que va del 2008 al 2012, estos proyectos pueden tardar en implementarse entre 2 y 3 años. El precio por tonelada de carbono fijada esta valorizada en US $ 4.30 por ha/ año, según la bolsa de valores. Citado por Larrea, 2007.

3.3 El cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

3.3.1 El cultivo de cacao en el Perú

En el Perú la producción de cacao llega a las 31,500 toneladas, y las zonas se ubican en la parte baja de la vertiente oriental de los Andes, siendo las principales zonas productoras el valle del Río Apurímac-Ene (Junín, Ayacucho y Cusco), el valle de la Convención (Cusco), el valle del Huallaga (Huanuco y San Martín), el valle del Tambo (Junín), y el valle del Marañón (Cajamarca y Amazonas).
(www.agriculturadelperú.blogspot.com/2009)

La producción de cacao ha generado 4.2 millones de jornales, con una participación en el PBI Agropecuario de 0.45% y PBI Agrícola de 0.75. Las Exportaciones de cacao en todas sus presentaciones fue de US $ 52.6 Valor FOB millones de dólares con volúmenes de 15.1 miles de toneladas.

14,000 hectáreas producen cacao de alta calidad en el valle de los ríos Apurímac y Ene (VRAE).

6,000 hectáreas están dedicadas a este mismo cultivo en el Cusco, en la zona de Quillabamba.

4,000 hectáreas producen cacao en Huánuco, en la cooperativa Naranjillo de Tingo María.

La producción mundial de cacao en grano se concentra en países tropicales, principalmente de los continentes de África y América. En África se encuentra el 72% de la producción, mientras que en América Latina produce el 13%. Los ocho principales países productores de cacao en el mundo son: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Nigeria, Brasil, Camerún, Ecuador y Colombia; los cuales concentran el 92.5% de la producción mundial. Los cuatro primeros representan un 77.5% del total (www.agriculturadelperú.blogspot.com/2009).

3.3.2 Aspectos generales del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Origen.

El cacao es una planta originaria de los trópicos húmedos de América. Su centro de origen parece estar situado en el noroeste de América del Sur, en la zona amazónica.

Taxonomía.

División: Fanerógama
Sub división: Angiosperma
Clase: Dicotiledónea
Orden: Malvales
Familia: Esterculiaceae
Genero: Theobroma
Especie: *Theobroma cacao* L.

Características botánicas.

El árbol de cacao es de tamaño mediano, aunque puede alcanzar alturas hasta de 20 m, cuando crece libremente bajo sombra intensa.

La raíz principal es pivotante y tiene muchas secundarias, la mayoría de las cuales se encuentran en los primeros 30 cm, del suelo alrededor del árbol, aproximadamente en la superficie de su sombra; sin embargo, es posible encontrar árboles con raíces muy alejadas del tronco principal.

Las hojas son simples, enteras y de color verde bastante variable. Algunos árboles tienen hojas tiernas bien pigmentadas que pueden llegar a ser de un color café claro, morado o rojizo; también las hay de color verde pálido.

Las flores y sus frutos se producen en cojines sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor, en los sitios donde antes hubo hojas.

Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente. Muchos insectos actúan como agentes principales de polinización, especialmente una "mosquita" del género *Forcipomya*. Los demás agentes son de menor importancia.

Generalmente los árboles comienzan a fructificar después de los cinco años de edad; sin embargo el material híbrido proveniente del cruce de dos selecciones (clones) es muy precoz y comienza a fructificar a los dos años de establecidos en el campo (Arévalo *et al*, 2004).

Demanda ambiental del cultivo de cacao

Temperatura

La temperatura media anual debe estar alrededor de 24º a 26º C, la temperatura media anual diaria no debe ser inferior a 15º C. la oscilación diaria de la temperatura entre el día y la noche no debe de ser inferior a 9º C (Arévalo *et al*, 2004).

Precipitación

El cacao es una planta muy sensible a la falta de humedad en el suelo, por esto es importante una buena distribución de la precipitación durante el año; considerándose que el mínimo debe de ser 100 mm mensuales, rinde mejor en zonas de precipitación anual entre 1200 y 2800 mm/año. Si la zona es demasiado lluviosa (1800 a 3000 mm/año) los suelos deben presentar un buen drenaje.

Humedad relativa

La humedad se encuentra en relación directa con la distribución de las lluvias y debe de ser mayor al 70%. Un factor determinante que favorece el aumento de la humedad relativa y aumenta el ataque de plagas y enfermedades; es el manejo de la sombra permanente (Arévalo *et al*, 2004).

Luminosidad

Se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de la luz limita los rendimientos mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% del total de la luz lo incrementa

Altitud

La altitud esta en relación directa con la temperatura a medida que aumenta la latitud disminuye la temperatura. El rango óptimo de altura se encuentra en los 250 y 900 msnm fuera de se limite las plantas sufren alteraciones fisiológicas que afectan el potencial productivo.

Condiciones del suelo

Los suelos mas apropiados son los aluviales de textura franca: los arcillosos, los arenosos y los areno – arcillosos (Arévalo *et al*, 2004).

Poda

Es la práctica que tiene por objeto cortar o eliminar las partes poco útiles o innecesarias de los árboles, con lo cual se consigue:

Estimular el desarrollo de las ramas primarias, para equilibrar el conjunto foliar del árbol.

Formar un tronco recto.

Eliminar toda la madera muerta, los chupones o ramas mal dirigidas.

Regular el crecimiento del árbol que en estado silvestre crecería muy alto.

Regular la luz que el árbol necesita para cumplir bien sus funciones fisiológicas.

Facilitar las labores de chapia, y las aspersiones para el combate de insectos plagas y enfermedades. Facilitar la cosecha y el acarreo de las mazorcas o las almendras.

Facilitar el combate de las enfermedades por regulación de la luz que entra al centro del árbol y áreas de aspersión (Arévalo *et al*, 2004).

Tipos de poda:

a. **De formación,** que se hace en los primeros años de vida de la planta.
b. **De mantenimiento**, que se efectúa varias veces en el año; debe ser una poda liviana.
c. **De rehabilitación**, que permite mejorar cacaotales viejos poco productivos o abandonados.
d. **Fitosanitaria,** que se debe realizar en los tiempos de cosecha, para eliminar hojas, frutos y ramas indeseables.

Clones productivos

Internacionales: ICS – 95; ICS – 39; CCN – 51; TSH – 565; TSH – 1188; TSA – 792.

Locales: IMC – 67; SCA – 12; SCA – 6; P – 12

Además se requiere del manejo de sombras en los cacaotales, preferentemente con especies de guaba y árboles maderables.

El distanciamiento se realiza en función a la precipitación y temperatura del lugar. Como regla general, a menor precipitación mayor densidad de sombra permanente de 6 x 6 a 9 x 9 m, a mediana precipitación densidad intermedia es decir de 10 a 15 m de distancia y a mayor precipitación menor densidad es decir de 12 x 12 a 18 x 18 m (Arévalo *et al*, 2004).

3.3.3 Agroforestería

La agroforestería constituye un conjunto de técnicas de uso de la tierra, donde se combinan árboles con cultivos anuales, perennes y crianzas. La combinación puede ser simultánea o secuencial, en el tiempo o en el espacio. Tiene como meta optimizar la producción por unidad de superficie, respetando el principio de rendimiento sostenido.

La agroforestería es parte fundamental del proceso integral de la conservación y mejoramiento del suelo. Es una estrategia, que tiene como objetivo reforzar y establecer la sostenibilidad en las parcelas de los agricultores, mediante la promoción de la diversificación productiva y capacitación en el manejo de sistemas multiestratos.

Combinar árboles con cultivos permanentes en una unidad de área dentro de una parcela o en los linderos, es una forma beneficiosa de hacer agroforestería por las siguientes razones:

- Protegen de la radiación solar y de los fuertes vientos.
- Aportan materia orgánica al suelo.
- Protegen de posibles daños causados por animales y por el hombre.
- Protegen de daños causados por la erosión hídrica.
- Aprovechan mejor los nutrientes y el agua de los horizontes inferiores.

(www.portalagrario.gob.pe/rrnn_f_agro.shtml).

La agroforestería es un sistema sustentable de manejo de cultivos y tierra que procura aumentar los rendimientos en forma continua, cambiando la producción de cultivos forestales arbolados (que abarcan frutales y otros cultivos arbóreos) con cultivos de campo o arables y/o animales de manera simultanea o secuencial sobre la misma unidad de tierra, aplicando además prácticas de manejo que son compatibles con las prácticas culturales de la población local (Altieri, 1999).

3.3.4 Secuestro de carbono en sistemas de cacao (*Theobroma cacao*) en la Amazonía Peruana.

Esta investigación fue desarrollada en el departamento de San Martín en la provincia de Mariscal Cáceres y la provincia de San Martín. Con un promedio anual de 1600 mm de lluvia y 25º C de temperatura en el año 1997, para la elaboración de la ecuación alométrica para la especie del *Theobroma cacao*, se utilizaron 30 árboles con diámetros variables hasta los 30 cm de altura desde la base y edades de 1 hasta 40 años.

Se evaluaron 12 sistemas de cacao de diferentes edades que fluctuaron desde los 5 años hasta 20 años.

Los sistemas fueron: **1) cacao 5 años**, mango, pucaquiro, coco, papaya, frijol de palo, yuca. **2) cacao 12 años**, cedro, guaba, shaina. **3) cacao 5 años**, guaba, café, pucaquiro, papaya. **4) cacao 20 años**, guaba, mango, capirona. **5) cacao 20 años**, pashaco, mandarina, guaba, pucaquiro, naranja, palto, cetico, ocuera. **6) cacao 3 años** capirona, guaba. **7) cacao 3 años**, palta, guaba. **8) cacao 3 años**, guaba, guanábana. **9) cacao 6 años**. **10) cacao 6 años**, capirona, bolaina. **11) cacao 8 años**, capirona, bolaina, caoba. **12) cacao 8 años**, capirona, bolaina, café.

Dentro de cada uno de estos sistemas se establecieron al azar cinco transectos en donde se evaluó la biomasa arbórea y dentro de estos transectos se establecieron cuadrantes también al azar para cuantificar la biomasa arbustiva y hojarasca.

Las reservas de carbono para los diferentes sistemas de cacao de acuerdo a la edad y los otros componentes arbóreos fueron muy variables y estos fluctuaron desde 5,95 t ha^{-1} hasta 45,07 t ha^{-1} y los flujos desde 2 hasta 7,03 t ha^{-1}/año.

Es importante notar que el manejo del cacao influenció bastante en las reservas y a pesar de que algunos sistemas fueron más jóvenes mostraron mas reservas que los sistemas antiguos y esto por el

inadecuado manejo o problemas de plagas y malezas en algunos de los sistemas.

Cuadro Nº 01: Captura de carbono en sistemas de producción de cacao

Sistema de Cacao	Carbono t ha^{-1}
Cacao 20 años, guaba, mango, capirona	44.85
Cacao 20 años, pashaco, mandarina, guaba, naranja, palto, cetico.	40.77
Cacao 12 años, cedro, guaba, shaina	45.07
Cacao 12 años, café, pucaquiro, papaya, guaba	44.68
Cacao 8 años, capirona, bolaina, caoba	13.38
Cacao 8 años, capirona, bolaina, café	5.95
Cacao 6 años	16.94
Cacao 6 años, capirona, bolaina	28.98
Cacao 5 años, mango, pucaquiro, coco, papaya, frijol de palo, yuca	14.49
Cacao 3 años capirona, guaba	19.00
Cacao 3 años, palta, guaba	11.43
Cacao 12 años, café, pucaquiro, papaya, guaba	13.56

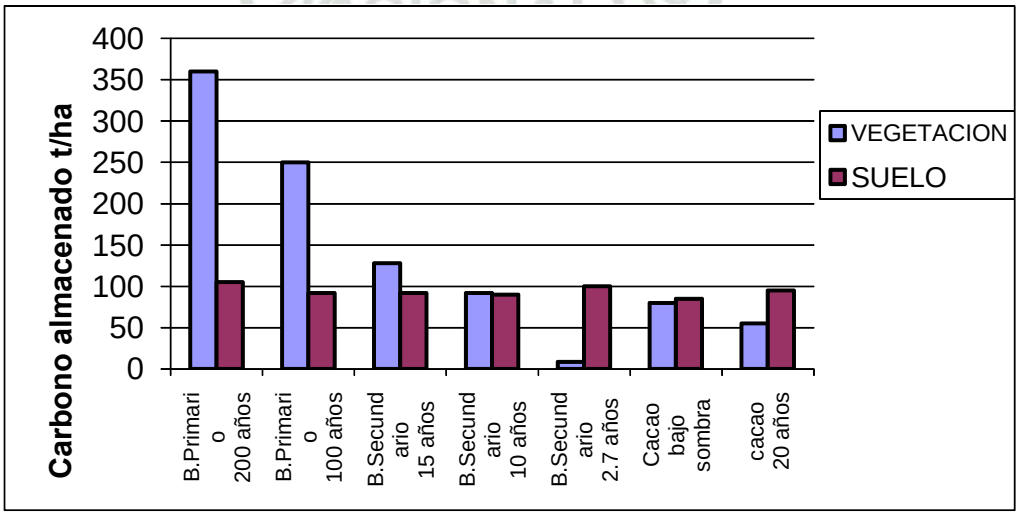
Fuente: Alegre, 2008

Cuando comparamos el sistema tradicional de plantación de cacao con sólo guaba como sombra con otros en las que se incorporan otros componentes arbóreos para sombra, estos hacen aumentar el secuestro de carbono en un 60% (Alegre, 2008).

En el gráfico N° 01 se muestra las reservas de carbono total en la biomasa y en el suelo en diferentes sistemas de uso de tierras en

Yurimaguas y en Pucallpa. Mientras los niveles de C en el suelo permanecen relativamente estables cuando la tierra es convertida de foresta para otros usos, las reservas de C en la biomasa aérea es considerablemente reducida (Alegre et al. 2001). Las formaciones de complejos establecidos entre el carbono y la fase mineral del suelo dependen del contenido de arcilla en el suelo. Los suelos arenosos carecen de capacidad de absorción por su estructura atómica y es más difícil lograr la absorción y estabilización del carbono en ellos (Oren, 2001).

Gráfico N° 01: Reserva de C con diferentes sistemas de usos de la tierra en Yurimaguas y Pucallpa



FUENTE: Alegre et. al.2001

El presente ensayo titulado *"Cuantificación de Biomasa y Reserva de Carbono en Sistemas Agroforestales de Café (Coffea arabica* L.*) en dos pisos altitudinales*".

Los resultados muestran las reservas de carbono por cada tipo de biomasa aérea y del suelo en las dos parcelas que fueron evaluadas. En la parcela del Fundo Juan Bernito que pertenece al Instituto de Cultivos Tropicales, la cantidad de carbono total (biomasa aérea y del suelo) almacenado fue de 119,37 t ha^{-1}; donde la mayor aportación fue el carbono en el suelo con 74, 76 t ha^{-1}; seguida de los árboles vivos, árboles caídos muertos, hojarasca o mantillo y arbustos-herbáceas con 32,85; 5,32; 4,87; 1,89 t ha^{-1} respectivamente. En el Fundo Sananguillo ubicado en la provincia de Lamas, la cantidad de carbono almacenado fue 165,81 t ha^{-1} superando al total de carbono almacenado en el Fundo Juan Bernito. La mayor aportación fue el carbono en el suelo con 114,99 t ha^{-1}; seguida de los árboles vivo, árboles caídos muertos, hojarasca o mantillo, arbustos y las herbáceas con 27,83; 17,65; 2,98; 2,35 t ha^{-1} respectivamente (Quiñe, 2009).

3.3.5 Concentración de carbono en el suelo

La captura de carbono se refiere al almacenamiento de carbono en forma sólida y estable, esto puede suceder a través de la fijación directa e indirecta del CO_2 atmosférico. En el suelo, la fijación de carbono es directa, se presenta a partir de reacciones químicas que convierten el CO_2 en compuestos inorgánicos de carbono tales como carbonatos de calcio y magnesio.

Los suelos pueden secuestrar cerca de 20 Pg/ha (1Pg = 10^{15}Kg) de carbono en 25 años, más del 10% de las emisiones antropogénicas. Al mismo tiempo esto proporciona otros beneficios importantes para el

suelo, y la calidad del medio ambiente para la prevención de la erosión, la desertificación y para el fortalecimiento de la biodiversidad.

También menciona que los suelos son un excelente medio de reciclaje debido a su habilidad para absorber, intercambiar y oxidar casi cualquier tipo de materia. Debido a su actividad catalítica, permiten una rápida reincorporación de los materiales a sus ciclos naturales; al retener compuestos y elementos químicos establecen un balance entre residuos y la disponibilidad de materia, en particular la orgánica para la planta (FAO, 2002).

La formación de complejos establecidos entre el carbono y la fase mineral del suelo depende del contenido de arcillas en el suelo. Los suelos arenosos carecen de la capacidad de absorción por su estructura atómica y es posible lograr la absorción y estabilización del carbono en ellos, pero los suelos en su mayoría arcillosos tienen una capacidad determinante en la absorción del carbono (Larrea, 2007).

3.4 Marco Legal

3.4.1 Protocolo de Kyoto

El protocolo de Kyoto fue firmado en 1997, tiene como objetivo que los países desarrollados se reduzcan en promedio 5.2% de las emisiones de GEI con respecto a las emitidas en el año 1990, el primer periodo de compromiso esta 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 les permite a los países desarrollados invertir en proyectos en países en vías de desarrollo, que mitiguen o capturen gases invernaderos, esto se logrará a través de la venta de Certificados de Reducción de Emisiones (CER`s). Se estableció que el compromiso sería de obligatorio cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables del al menos un 55% de las emisiones de CO_2. El protocolo entraría recién en vigor con la ratificación de Rusia en noviembre del 2004, después de conseguir que la Unión Europea (EU), pague la reconversión industrial, así como la modernización de las instalaciones, en especial las petroleras. Además del cumplimiento que estos países deben conseguir con respecto a las emisiones 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.

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo más no fue ratificado, por lo que su adhesión sólo fue simbólica hasta el 2001 en el cual el gobierno de Bush se retiró del protocolo ineficiente e injusta al involucrar sólo a países industrializados, y excluir, de esta manera, a algunos de los mayores emisores de gases en vía de desarrollo (China e India particularmente) con lo cual se considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense. (ONU, 1998).

3.4.2 Ley Nº 27308, Ley Forestal y de la Fauna silvestre, DS 014- 2001-AG.

Según la legislación del Perú se reconoce los servicios ambientales del bosque, la implementación de esquemas de indemnización, los medios de asignación de recursos y la promoción de la gestión de estos servicios.

Con respecto a dichos servicios la ley N° 27308 en su Art. 2.3 define y anuncia los servicios ambientales del bosque:

- Absorción de dióxido de carbono.
- Regulación del agua.
- Conservación de la diversidad biológica.
- Protección del suelo.
- Belleza escénica.

En el Art. 35.4 se determina el concepto de indemnización por estos servicios, los medios de asignación de recursos y la promoción de la gestión de estos servicios. El Art. 282 del reglamento menciona que el Ministerio de Agricultura es el encargado de establecer los mecanismos para el mantenimiento y cumplimiento de estos servicios ambientales.

Así mismo, el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) es una institución de derecho privado, sin fines de lucro y de interés público y social, creada por el Congreso de la República del Perú, mediante Ley N° 26793 del año 1997, destinada a promover la inversión pública y privada

en el desarrollo de planes, programas, proyectos y actividades orientadas al mejoramiento de la calidad ambiental, el uso sostenible de los recursos naturales, y el fortalecimiento de las capacidades para una adecuada gestión ambiental.

El FONAM es reconocido por el PCF (Fondo Prototipo de Carbono del Banco Mundial) como el punto focal de sus actividades en el Perú, en lo referente a la identificación, calificación y manejo de proyectos que puedan ser presentados ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) para la obtención de Certificados de Reducción de Emisiones de Gases de efecto invernadero (CER's). Por este motivo se crean estructuras de mercado intermediarias de proyectos sobre remas de servicios ambientales. Citado por Larrea, 2007.

3.4.3 Certificación de compra de carbono

Los bonos de carbono son una nueva posibilidad de financiación para los países en desarrollo que se abrió luego de que el Protocolo de Kyoto, vigente desde febrero pasado, estableciera obligaciones de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a los países industrializados que lo suscribieron.

Si estos países no logran reducir sus emisiones dentro de sus fronteras, deben procurar certificados de carbono en otras naciones mediante la financiación de proyectos de desarrollo limpio.

Un bono de carbono equivale a una tonelada métrica de carbono o su equivalente reducida. Es un instrumento que se puede transar en el mercado y es utilizado por aquellos países y/o compañías que tienen obligaciones de reducción de gases de efecto invernadero.

First Climate es una empresa alemana con sede en Frankfurt y Zurich la cual gestiona y administra fondos destinados a la compra de créditos de carbono. A la fecha maneja activos por 250 millones de euros y cuenta con un equipo de más de 100 profesionales en todo el mundo. Está presente en Latino América, con sede central en Santiago de Chile, First Climate busca que la mayoría de los bonos de carbono que adquiere, provengan de proyectos de energías renovables no convencionales (Brandt, 2008).

3.4.4 Creación del mercado del carbono

En el protocolo de Kyoto también se establecieron los mecanismos que facilitarían el cumplimiento de las reducciones de emisiones de GEI en los países industrializados de un modo costo – efectivo. Estos mecanismos son:

- **Certificado de emisiones (CE)**

  El certificado de emisiones es el mecanismo que permite la transferencia de reducciones de carbono “no usadas”, entre países industrializados que tengan sus derechos de emisión por debajo de los límites permitidos; con aquellos que han excedido sus niveles en

un período de cumplimiento dado. Las unidades de venta se denominan Assigned Amount Units (Castro et al, 2002).

- **Implementación conjunta (IC)**

  Como su nombre lo indica, este mecanismo permite la reducción de emisiones de carbono de manera conjunta entre los países.

  En este caso, se acreditan unidades de reducción de emisiones a favor del o los países que financian proyectos de mitigación de cambio climático. Las unidades de venta se denominan Emission Reduction Units (UNFCCC, 2005).

3.5 Conceptos de estadística

3.5.1 Media. Medida de tendencia central, suma de los valores de todas las observaciones dividida por el número de observaciones. Recibe también el nombre de media aritmética. Valores muy alejados del resto pueden modificar sustancialmente la media. En una situación así debe considerarse la utilización de la mediana, que no es sensible a los valores extremos.

3.5.2 Mediana. Medida de tendencia central, valor por encima y por debajo del cual se hallan la mitad de los casos; percentil 50. Por ejemplo, si hay 5 casos, la mediana es la tercera observación mayor (o menor). Cuando el número de observaciones es par, la mediana es el promedio de las dos observaciones centrales. La mediana no es sensible a la existencia de

valores extremos. Ejemplo: El conjunto de números 3, 4, 4, 5, 6, 8, 8, 8 y 10 tiene mediana 6.

3.5.3 Desviación estándar. Es la raíz cuadrada de la varianza, como conceptos estadísticos íntimamente relacionados se podría decir que la varianza y la desviación son hermanas.

3.5.4 Error estándar. Estadístico que indica el grado de incertidumbre con el que una estimación obtenida en una muestra se acerca al verdadero valor en la población.

3.5.5 Coeficiente de variabilidad. Consiste entre la desviación estándar y la media. Permite manipular (comparar medidas estadísticas de variables de distinta unidad de medida).

Mide la variabilidad relativa a la media. Expresa la proporción de variabilidad de una característica por cada unidad de la media. Computacionalmente se obtiene dividiendo la desviación estándar por la media. (www.Estadistico.com/dic.)

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Ubicación del campo experimental

El proyecto se ejecutó en la Estación Experimental “El Choclino”, ubicado a 3 Km del distrito de la Banda de Shilcayo en la provincia de San Martín; la accesibilidad al lugar es aproximadamente 45 minutos de caminata y a 10 minutos con vehículos motorizados desde la oficina central, la estación pertenece al Instituto de Cultivos Tropicales (ICT).

4.1.1 Ubicación política

- Sector : El Choclino
- Distrito : Banda de Shilcayo
- Provincia : San Martín
- Departamento : San Martín

4.1.2 Ubicación geográfica

- Latitud sur : 06º28’37.3’’
- Longitud oeste : 76º19’54.6’’
- Altitud : 506 m.s.n.m.m.

4.1.3 Ubicación ecológica

La zona de vida, según el Mapa Ecológico del Perú, del lugar de estudio se encuentra dentro de la zona de vida de Bosque Seco Pre - Montano Tropical (bs – PT).

4.1.4 Características climáticas

4.1.4.1 Registros meteorológicos históricos

Los datos meteorológicos que se muestran en el siguiente cuadro es el promedio de 4 años consecutivos de evaluación obtenidos en la Estación Meteorológica de la E.E. "Choclino", perteneciente al Instituto de Cultivos Tropicales.

Cuadro N° 02: Registros Meteorológicos Históricos.

AÑO	Temperatura del Ambiente			Precipitación
	Tº Max	Tº Min	Tº Media	(mm)
2005	26,43	24,32	25,38	1668,40
2006	25,98	23,72	24,85	1563,40
2007	26,67	23,83	25,25	1401,10
2008	30,90	21,47	25,28	1243,40

Fuente: "Instituto de Cultivos Tropicales" (2008)

4.1.4.2 Registros meteorológicos del periodo de evaluación

Los datos meteorológicos que se muestran en el siguiente cuadro es el promedio de 06 meses del año 2008 en el cual se desarrollo el presente proyecto, y fueron obtenidos en la Estación Meteorológica de la E.E. "Choclino", perteneciente al Instituto de Cultivos Tropicales.

Cuadro N° 03: Registros meteorológicos de la evaluación

Meses	Tº Media Ambiental	PP (mm)	Temperatura del Suelo		
			15 cm	30 cm	Tº Media
Junio	24.50	87.28	21.7	23.8	22.7
Julio	24.20	5.05	22.1	23.2	22.7
Agosto	26.30	118.31	22.3	23.3	22.8
Setiembre	25.50	216.05	22.5	22.9	22.7
Octubre	25.70	124.04	22.5	23.2	22.9
Noviembre	25.50	96.63	22.8	23.4	23.1

Fuente: "Instituto de Cultivos Tropicales" (2008)

4.1.5 Características de los suelos en los sistemas de producción

Cuadro N° 04: Análisis de suelo de los dos sistemas de producción.

Sistema	Manejo de Bosque Raleado	Manejo Tradicional
Ph	5,05	6,45
Mo%	1,87	1,6
P ppm	4,5	4,7
K ppm	87	80,5
Ca me/100g	14,18	21,48
Mg me/100g	1,45	1,06
Na me/100g	0,37	0,29
Al + H	3,32	0,25
CIC me/100g	3060	2664
B ppm	0,0	0,0
Cu ppm	1,23	1,75
Fe ppm	88,05	214,8
Mn ppm	13,05	3,65
Zn ppm	2,0	1,43
Tipo de suelo	Franco arcilloso	Franco arcillo arenoso

Fuente: Laboratorio de suelos ICT- 2008.

4.2 Materiales y Equipos

4.2.1 Materiales

- Wincha de 100 y 50 metros
- Wincha de 3 metros
- Forcípula
- Tijera de podar
- Rafia
- Estacas
- Machete
- Pala recta
- Plumón indeleble
- Marco de madera de 1 m x 1 m.
- Marco de madera de 0.25 m x 0.25 m.

- Bolsas de papel
- Bolsas de plástico
- Lapiceros, lápices y borrador
- Costales de polietileno
- Tableros de campo
- Materiales de oficina y computo

4.2.2 Equipos

- Balanzas de 1, 5, 10 kg de capacidad
- Balanza digital
- Estufa
- Hipsómetro

4.3 Metodología

En cada uno de los sistemas de producción de cacao (sistema de bosque raleado y sistema tradicional) de 3,5 años cada uno, se hizo cinco transeptos en cada uno, para realizar las diferentes evaluaciones de biomasa y suelo. La metodología que se empleó para la evaluación de biomasa vegetal y la captura de carbono es la descrita por el Centro Internacional de Investigación en Agroforesteria (ICRAF) (Arévalo. et al. 2003).

Se tomó muestras de los diferentes tipos de biomasa aérea y del suelo para la estimación de la cantidad total de carbono en cada ecosistema, considerando:

- Inventario de árboles vivos en pie.
- Inventario de árboles muertos en pie.

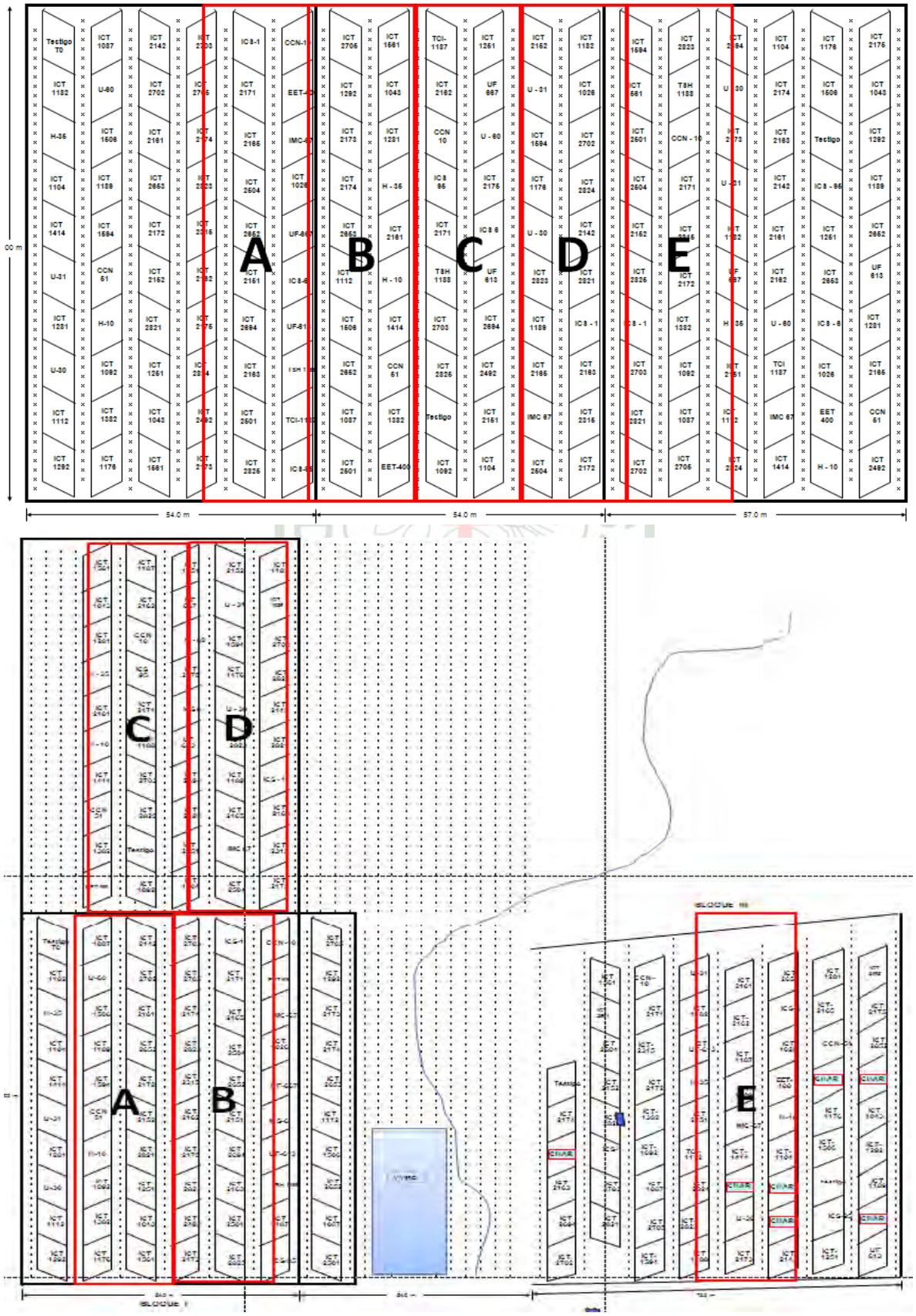
- Inventario de árboles muertos caídos.
- Vegetación herbácea y arbustiva.
- Hojarasca.
- Suelo.
- Cacao.

4.3.1 Delimitación del área experimental

Se utilizó dos parcelas de diferentes sistemas de producción de cacao con una edad de 3,5 años, ubicadas en un terreno semi plano dichos sistemas cuentan con especies forestales oriundas e introducidas que enriquecen estos métodos de producción, la duración de la investigación fue de 6 meses en el año 2008.

Se hizo la división de la superficie total del predio en bloques de 100 x 100 m; posteriormente dentro de cada bloque se trazan líneas secundarias separadas 20 m, entre ellas, obteniéndose 5 transeptos de 20 x 100 m (A, B, C, D, E) en donde se trazaron las cuadriculas de 4 x 25 m ó de 5 x 100 m, para realizar el inventario forestal y evaluación de biomasa.

4.3.2 Croquis de los transeptos en los dos sistemas de producción de cacao evaluados.



Parcelas evaluadas

Foto Nº 01: Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR)

Foto Nº 02: Sistema de Manejo Tradicional (SMT)

4.3.3 Evaluación de biomasa vegetal

Para la evaluación de biomasa vegetal se estratificaron las especies, según diámetro, porte y condición, tal como a continuación se indica:

4.3.3.1 Biomasa arbórea viva

Es toda la biomasa (tronco, ramas, hojas) de los árboles con diámetros mayores de 2,5 cm. Para estimar el carbono secuestrado en la biomasa arbórea viva, se

trazaron parcelas de 4 m x 25 m, donde se realiza el inventario forestal, midiendo el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles con 2,5 cm, hasta 30 cm, de DAP. Si dentro de ésta parcela se presentaban árboles con DAP mayores de 30 cm, es necesario trazar una nueva parcela de 5 m x 100 m, que se superpone sobre la parcela de 4 m x 25 m; en árboles que ramifican debajo del DAP se estimó su biomasa después de calcular el diámetro general del árbol, se utilizó la fórmula raíz cuadrada de la suma de los diámetros de las ramas individuales.

Foto Nº 03: Medición del DAP del árbol

Foto Nº 04: Medición del DAP del árbol

4.3.3.2 Biomasa de árboles muertos en pie

La biomasa de los árboles muertos en pie, se estima tanto en las parcelas de 4 m x 25 m como en las parcelas de 5 m x 100 m de acuerdo con el DAP de los árboles, de forma similar que para la estimación de la biomasa arbórea viva.

Foto Nº 05: Medición del DAP de árboles

4.3.3.3 Biomasa de árboles caídos muertos

De igual manera que para el caso anterior, se miden los árboles caídos muertos en los cuadrantes de 4 m x 25 m ó en los de 5 m x 100 m, se registra el diámetro promedio, proveniente de dos medidas en el tronco caído y la longitud del árbol dentro del cuadrante.

Si el árbol atraviesa la parcela, sólo registrar la longitud de la parte comprendida dentro de ella.

Foto Nº 06: Medición del diámetro del árbol

Foto Nº 07: Medición de la longitud del árbol

4.3.3.4 Biomasa arbustiva y herbácea

Esta biomasa arbustiva (BAb) y herbácea (Bhb), está compuesta por la biomasa epigea (planta o alguno de sus órganos que se desarrollan sobre el suelo), de arbustos menores de 2,5 cm de diámetro, gramíneas y otras hierbas. La biomasa se estima por muestreo directo en dos cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidos al azar dentro de las parcelas de 4 m x 25 m ó en las de 5 m x 100 m. se corta toda la vegetación a nivel del suelo y se registra el peso seco total por metro cuadrado; de ésta, se colecta una sub-muestra, registrar el peso fresco y luego se coloca en una bolsa de papel correctamente identificado y se seca en estufas de aire a 75º C, hasta obtener el peso seco constante

Foto Nº 08: Colección de muestras arbustiva

Foto Nº 09: Colección de muestras herbácea

4.3.3.5 Biomasa de la hojarasca

Se cuantificó en base a la capa de mantillo u hojarasca y otros materiales muertos (ramillas y ramas) en cuadrantes de 0.50 m x 0,50 m, colocados dentro de cada uno de los cuadrantes de 1 m x 1 m. Se colecta toda la hojarasca, registrar el peso fresco total por 0,25 m^2; de ésta se saca una muestra y se registra su peso; se coloca en bolsas de papel debidamente codificados y se seca en estufa a 75º C hasta obtener peso seco constante.

Foto Nº 10: Colección de muestras de hojarasca

Foto Nº 11: Peso de muestras Colectadas

4.3.4 Muestreo de suelos y medición de la densidad aparente.

En los cuadrantes señalados para el muestreo de biomasa herbácea, se hicieron calicatas de 1m, de profundidad. De manera general, se definió horizontes o capas entre: 0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m; 0,2 – 0,4 m y 0,4 – 1,0 m. En cada uno de estos horizontes, se utilizó cilindros de volumen conocido, se estimó la densidad aparente del suelo, que es el peso seco de un volumen determinado de suelo expresado en gramos por centímetro cúbico (g/cc).

Por cada horizonte se tomó una muestra de 500 g, en promedio, correctamente identificadas y enviadas al laboratorio para la cuantificación de carbono total, también se realizó los análisis complementarios de textura, materia orgánica, pH, entre otros; lo cual permitirá hacer las correcciones respectivas para cada caso.

Foto Nº 12: Acomodo de los cilindros

Foto Nº 13: Puesto de los cilindros

Foto Nº 14: Retiro de los cilindros

Foto Nº 15: Toma de muestras

Foto Nº 16: Peso de las muestras

Foto Nº 17: Colocación en la estufa

4.3.5 Evaluación de las plantas de cacao (*Theobroma cacao* L)

Para cuantificar la biomasa producida por el cacao se utilizó el modelo alométrico, tomando como variable de predicción el diámetro del tallo a 30 cm, del suelo (ORTIS, 2006).

Foto Nº 18: Altura a 30cm del suelo

Foto Nº 19: Diámetro a 30cm del suelo

4.4 Cálculos

4.4.1 Cálculo de la Biomasa Vegetal Total (t ha^{-1})

$$BVT(t\ ha^{-1}) = (BAVT+BTAMP+BTACM+BAH+Bh)$$

Donde:

BVT = Biomasa vegetal total

BAVT = Biomasa total árboles vivos

BTAMP = Biomasa total árboles muertos en pie

BTACM = Biomasa total árboles caídos

BAH = Biomasa arbustiva y herbácea

Bh = Biomasa de la hojarasca

Comprende a su vez los siguientes cálculos:

1. **Biomasa arbórea viva (kg/árbol)**

Para efectos de utilizar esta metodología, se calculó la biomasa de cada uno de los árboles vivos y árboles muertos en pie, utilizando el siguiente modelo:

$$BA= 0.1184*DAP^{2.53}$$

Donde:

BA = Biomasa Árboles Vivos Y Árboles Muertos En Pie

0.1184 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho

2.53 = Constante

1.1. Biomasa arbórea viva (t ha^{-1})

Para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumó la biomasa de todos los árboles medidos y registrados (BTAV) en los transeptos de 4m x 25m ó 5m x 100m.

BAVT (t ha^{-1})=BTAV*0.1
BAVT (t ha^{-1})=BTAV*0.02

Donde:

BAVT = biomasa de árboles vivos en t ha^{-1}

BTAV = biomasa total en la parcela de 4 x 25 m o en la parcela 5 x 100 m.

0.1 = factor de conversión cuando la parcela es de 4 x 25 m.

0.02 = factor de conversión cuando la parcela es de 5 x 100 m.

2. Biomasa de árboles muertos en pie (kg/árbol)

Para estimar la biomasa se utilizó la misma fórmula que para estimar la biomasa de los árboles vivos, es decir:

$$BAMP= 0.1184*DAP^{2.53}$$

Donde:

BAMP = Biomasa Árboles Muertos En Pie

0.1184 = Constante

DAP = Diámetro a la Altura del Pecho (cm)

2.53 = Constante

2.1 Biomasa de árboles muertos en pie (t ha^{-1})

Para calcular la biomasa de este componente en t/ha, se sumó la biomasa de todos los árboles muertos en pie evaluados (BAMP) en los transectos de 4m x 25m ó 5m x 100m.

BTAMP (t ha^{-1})=BAMP*0.1
BTAMP (t ha^{-1})=BAMP*0.02

Donde:

BTAMP = Biomasa Total De Árboles Muertos En Pie en t ha^{-1}

BAMP = Biomasa De Árboles Muertos En Pie en t ha^{-1}

0.1 = factor de conversión cuando la parcela es de 4 x 25 m.

0.02 = factor de conversión cuando la parcela es de 5 x 100 m.

3. Para árboles caídos muertos

Para estimar esta biomasa se utilizó la siguiente ecuación:

BAMC= 0.4DP^2L*0.25*¶

Donde:

BAMC = Biomasa Árboles Caídos Muertos

0.4 = Constante

DP = Diámetro Promedio (cm)

L = Longitud del Árbol

0.25 = Constante

¶ = pi, constante (3.1416)

3.1 Biomasa árboles caídos muertos (t ha^{-1})

Para realizar los cálculos en base a t/ha se necesitó sumar la biomasa de todos los árboles caídos muertos (BACMP) evaluados en transeptos de 4m x 25m ó 5m x 100m.

BTACM (t ha^{-1})=BACM*0.1
BTACM (t ha^{-1})=BACM*0.02

Donde:

BTACM = Biomasa Total De Árboles Caídos Muertos t ha^{-1}.

BACMP = Biomasa De Árboles Caídos Muertos por transepto

0.1 = factor de conversión cuando la parcela es de 4 x 25 m.

0.02 = factor de conversión cuando la parcela es de 5 x 100 m

4. Cálculos de la biomasa arbustiva/herbácea (t ha^{-1})

Para estimar esta biomasa en t ha^{-1}, se utilizó la siguiente ecuación:

BAH (t ha^{-1}) = ((PSM/PMF)*PFT)*0.01

Donde:

BAH = Biomasa arbustiva/herbácea (materia seca)

PSM = Peso seco de la muestra

PFM = Peso fresco de la muestra

PFT = Peso fresco total de la muestra colectada.

0.01 = Factor de conversión

5. Cálculos de la biomasa de hojarasca (t ha^{-1})

Para estimar la biomasa en t ha^{-1}, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\boxed{Bh\ (t\ ha^{-1}) = ((PSM / PFM)*PFT)*0.04}$$

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca (materia seca)

PSM = Peso seco de la muestra

PFM = Peso fresco de la muestra

PFT = Peso fresco total por metro cuadrado

0.04 = Factor de conversión}

6. Calculo del Peso del Volumen del Suelo (t ha^{-1})

Para calcular el peso del volumen del suelo por hectárea, se evaluó primero la densidad aparente del suelo por cada uno de los horizontes evaluados.

6.1. Cálculo de la densidad aparente (g/cc)

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

Donde:

DA (g/cc) = Densidad Aparente

PSN = Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH = Volumen del cilindro (constante)

6.2. Cálculo del peso del volumen de suelo por horizonte en muestreo.

$$PVs\ (t\ ha^{-1}) = DA * Ps * 10000$$

Donde:

PVs ($t\ ha^{-1}$) = Peso del volumen del suelo

DA = Densidad Aparente

Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo

10000 = Constante.

7. Cálculo del carbono total

$$CT(t\ ha^{-1}) = CBV + CS$$

Donde:

CT ($t\ ha^{-1}$) = Carbono Total

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total

CS = Carbono en el suelo

7.1. Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total ($t\ ha^{-1}$)

$$CBV\ (t\ ha^{-1}) = BVT * 0{,}45$$

Donde:

CBV (t ha^{-1}) = Carbono en la biomasa vegetal

BVT = Biomasa vegetal total

0,45 = Constante

7.2. Cálculo del carbono en el suelo (t ha^{-1})

$$CS(t\ ha^{-1}) = (PVs * \%C)/100$$

Donde:

CS (t ha^{-1}) = Carbono en el suelo

PVs = peso del volumen de suelo

% C = Resultados porcentaje de C analizados en el laboratorio.

100 = Factor de conversión

8. Cálculo de la biomasa de cacao (Kg/árbol)

$$Bt = 10^{(-1.63 + 2.63 * \log(D30))}$$

Donde:

Bt = Biomasa aérea total en kilogramos por árbol.

Log = logaritmo en base 10.

D30 = Diámetro a 30 cm sobre el suelo

4.5 Análisis Estadístico

En el presente trabajo se aplicó la estadística descriptiva y comparativa, mediante el diagrama de cajas (boxplot), realizando la media, máximos y mínimos, desviación estándar (DE) y coeficiente de variabilidad (CV); por tratarse de una tesis de observaciones no - paramétricas. El boxplot, permite comparar simultáneamente, diversos conjuntos de datos, se trata de un gráfico simple, donde se observa de forma clara la distribución de los datos, dispersión de las medidas y sus principales características.

Para la comparación estadística de medianas no - paramétricas se utilizó la prueba de Wilcoxon (Mann – Whitney U), esta prueba nos permite probar la hipótesis de dos muestras aleatorias independientes.

Fórmula:

$$W^* = \frac{W - E(W)}{S(W)}$$

Donde:

$$E(W) = \frac{n(1)\,[n(2) + n(1) + 1]}{2}$$

$$S(W) = \left[\frac{n(1)\,n(2)\,[n(2) + n(1) + 1]}{12}\right]^{1/2}$$

Donde:

W= Estadístico de Mann Whitney

E (W)= Error estándar

S (W)= Desviación estándar

n1= Número de elementos en la muestra 01

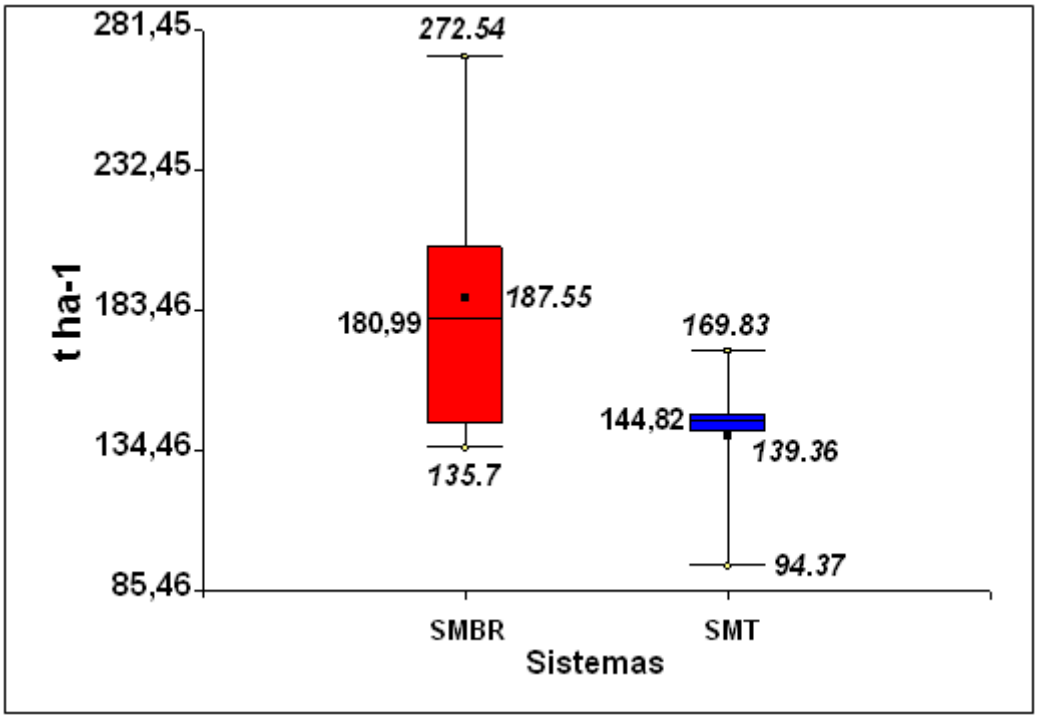
n2= Número de elementos en la muestra 02

V. RESULTADOS

Cuadro Nº 05: Análisis descriptivo de los contenidos de carbono en los dos sistemas de producción de cacao.

Sistemas	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx
Sistema de Bosque Raleado **(SMBR)**	187.55	55.30	24.73	29.49	135.70	272.54
Sistema Tradicional **(SMT)**	139.36	27.57	12.33	19.79	94.37	169.83

Gráfico Nº 02: Carbono Almacenado en el Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR) y el Sistema de Manejo Tradicional (SMT) en t ha^{-1}



Donde: **DE** = Desviación estándar.

EE = Error estándar.

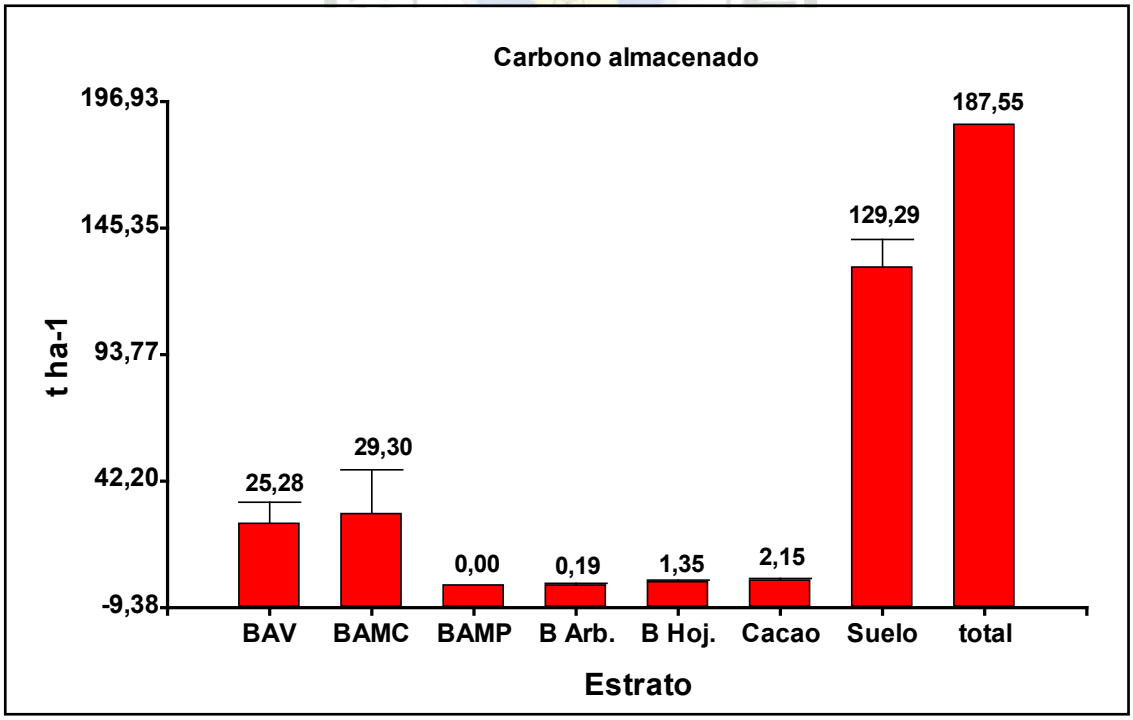
CV = Coeficiente de variabilidad.

El gráfico Nº 02, muestra la comparación de los contenidos de carbono en los dos sistemas evaluados que son: de Manejo de Bosque Raleado (SMBR) y de Manejo Tradicional (SMT). La línea en negrita dentro de las cajas indica la mediana, el punto en el centro indica la media y las líneas verticales indican el rango de los datos.

Cuadro Nº 06: Análisis descriptivo del carbono almacenado en los diferentes estratos evaluados del Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR)

Estrato	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
B Arb.	0.19	0.21	0.10	109.50	0.00	0.55	0.11
B Hoj.	1.35	0.59	0.26	43.47	0.95	2.38	1.14
BAMC	29.30	38.87	17.38	132.68	0.00	83.08	5.03
BAMP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BAV	25.27	19.13	8.56	75.69	2.99	46.75	30.25
Cacao	2.15	0.69	0.31	32.09	1.31	2.96	2.08
Suelo	129.29	25.60	11.45	19.80	100.66	164.87	119.72

Gráfico Nº 03: Carbono Almacenado en los diferentes estratos evaluados del Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR) de producción de cacao (*Theobroma cacao* L).



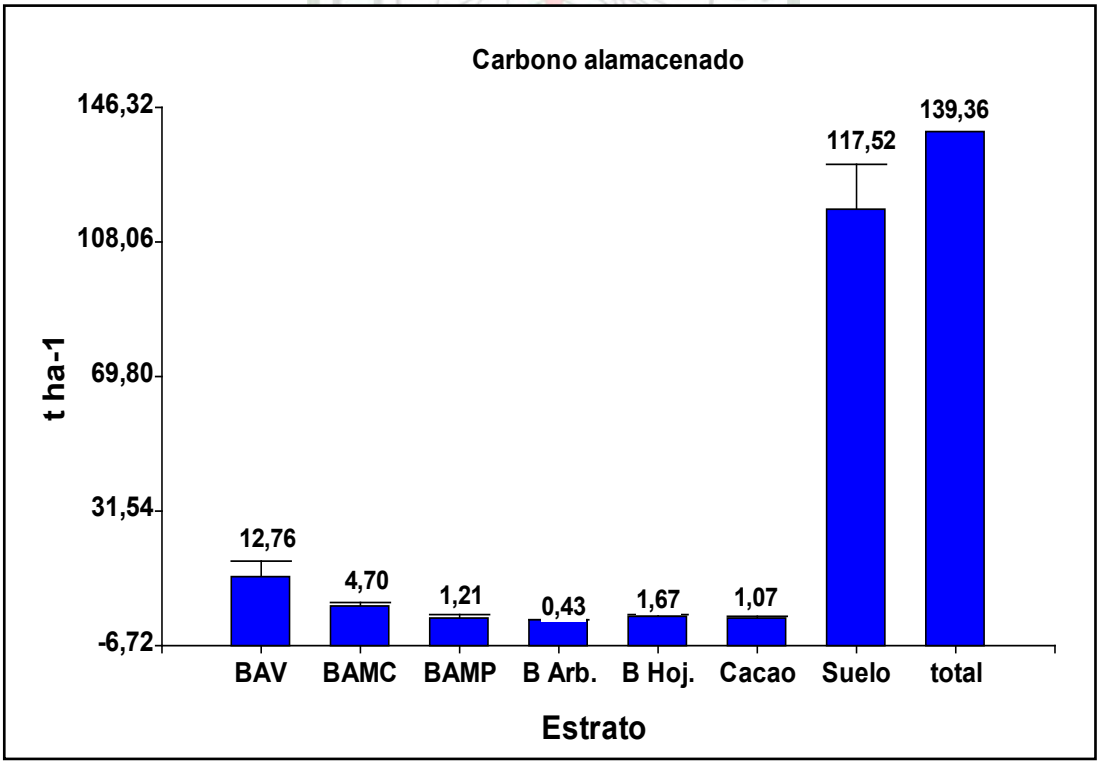
En el gráfico Nº 03, muestra las reservas de carbono en la biomasa aérea y del suelo evaluadas en los diferentes estratos en el SMBR, donde la cantidad de carbono total almacenado fue de 187,55 ± 24,73 t ha^{-1}, y la mayor aportación de carbono fue la del suelo con 129,29 ± 11,45 t ha^{-1}; seguida de los árboles muertos caídos (BAMC) con 29,30 ± 17,38 t ha^{-1}, árboles vivos (BAV) con 25,28 ± 8,56 t ha^{-1},

cacao con 2,15 ± 0,31 t ha^{-1}, hojarasca (BHoj.) con 1,35 ± 0,26 t ha^{-1} , arbustiva - herbácea (BArb.) con 0,19 ± 0,10 t ha^{-1} y árboles muertos en pie (BAMP) con 0,00 t ha^{-1}.

Cuadro Nº 07: Análisis descriptivo del carbono almacenado en los diferentes estratos evaluados del Sistema de Manejo Tradicional (SMT)

Estrato	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
B Arb.	0.43	0.27	0.12	63.46	0.18	0.80	0.30
B Hoj.	1.67	0.46	0.21	27.73	1.11	2.21	1.77
BAMC	4.70	2.08	0.93	44.34	2.69	7.86	3.92
BAMP	1.21	2.18	0.98	179.97	0.00	5.04	0.00
BAV	12.76	10.01	4.48	78.48	6.98	30.56	9.25
Cacao	1.07	1.04	0.47	97.53	0.20	2.60	0.42
Suelo	117.52	28.73	12.85	24.44	77.75	155.16	121.69

Gráfico Nº 04: Carbono Almacenado en los diferentes estratos evaluados del Sistema de Manejo Tradicional (SMT) de producción de cacao (*Theobroma cacao* L).



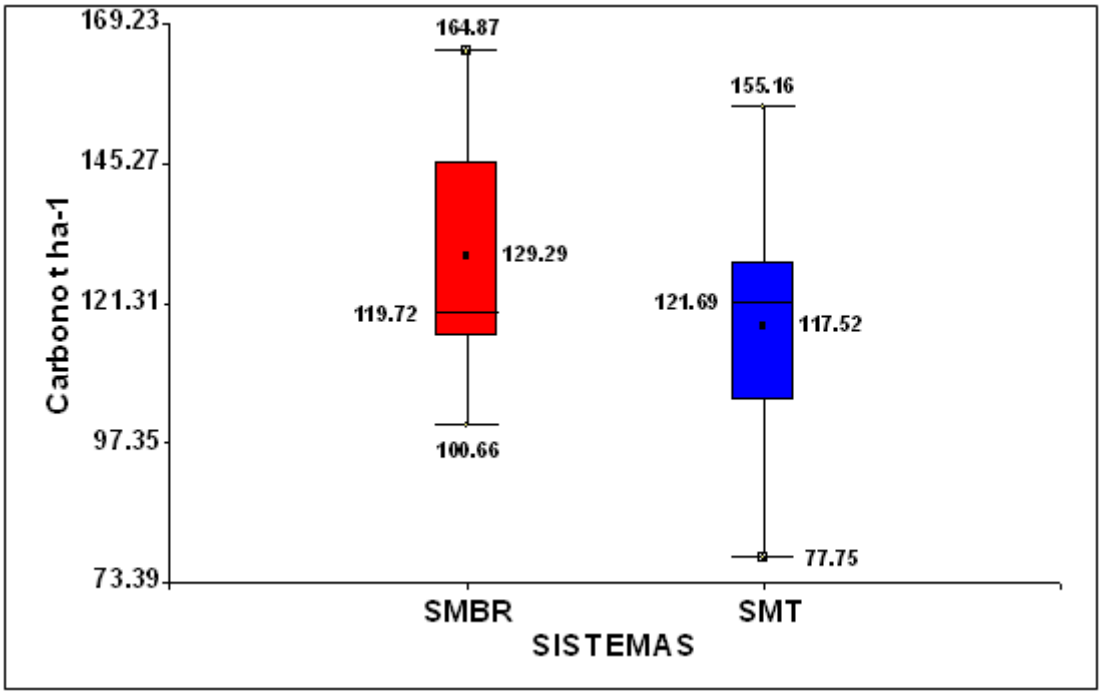
En el gráfico Nº 04, muestra las reservas de carbono en la biomasa aérea y del suelo evaluada en los diferentes estratos en el Sistema de Manejo Tradicional (SMT), donde la cantidad de carbono total almacenado fue de 139,36 ± 12,33 t ha^{-1},

y la mayor aportación de carbono fue la del suelo con 117,52 ± 12,85 t ha^{-1}; seguida de árboles vivos (BAV) con 12,76 ± 4.48 t ha^{-1}, árboles muertos caídos (BAMC) con 4,7 ± 0,93 t ha^{-1}, hojarasca (BHoj.) con 1,67 ± 0,21 t ha^{-1}, árboles muertos en pie (BAMP) con 1,21 ± 0,98 t ha^{-1}, cacao con 1,07 ± 0,47 t ha^{-1} y arbustiva – herbácea (BArb.) con 0.43 ± 0,12 t ha^{-1}.

Cuadro Nº 08: Análisis descriptivo para el estrato suelo del Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR) y el Sistema de Manejo Tradicional (SMT).

SISTEMAS	Media	D.E.	E.E.	CV	Mín	Máx	Mediana
SMBR	129.29	25.60	11.45	19.80	100.66	164.87	119.72
SMT	117.52	28.73	12.85	24.44	77.75	155.16	121.69

Gráfico Nº 05: Carbono orgánico en el suelo del Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR) y el Sistema de Manejo Tradicional (SMT).



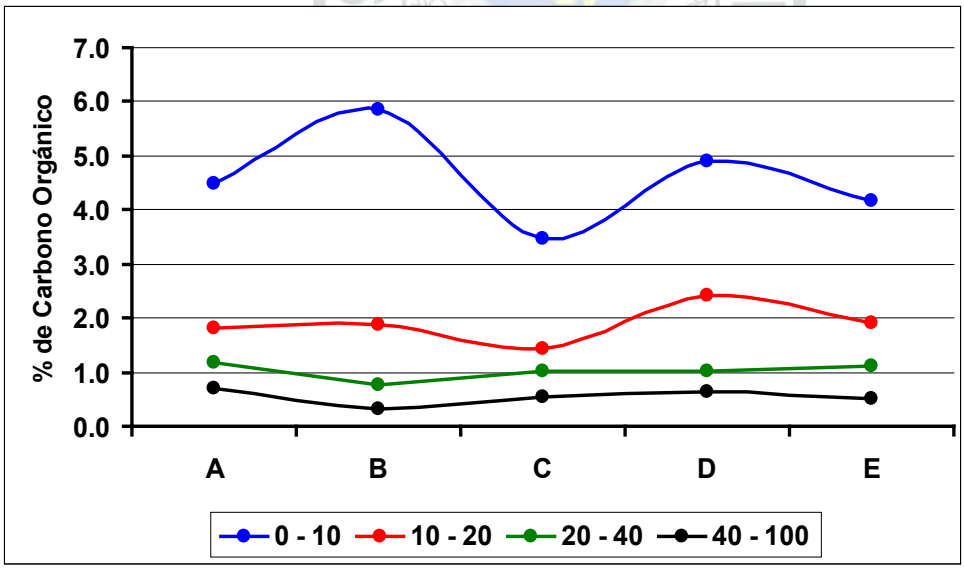
En el grafico Nº 05, se muestra el carbono total en el suelo, en el cual el sistema de manejo de bosque raleado (SMBR), presento mayor fijación que el sistema de

manejo tradicional (SMT) con 129.29 ± 11.45 y 117.52 ± 12.85 t ha^{-1} respectivamente.

Cuadro Nº 09: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (SMBR).

Sistema de Manejo de Bosque Raleado					
Profundidad	**Transeptos**				
	A (%C)	**B (%C)**	**C (%C)**	**D (%C)**	**E (%C)**
0 - 10	4.47	5.87	3.47	4.91	4.16
10 - 20	1.83	1.87	1.44	2.41	1.92
20 - 40	1.17	0.77	1.01	1.03	1.11
40 - 100	0.7	0.32	0.54	0.63	0.52

Gráfico Nº 06: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo en el Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR).



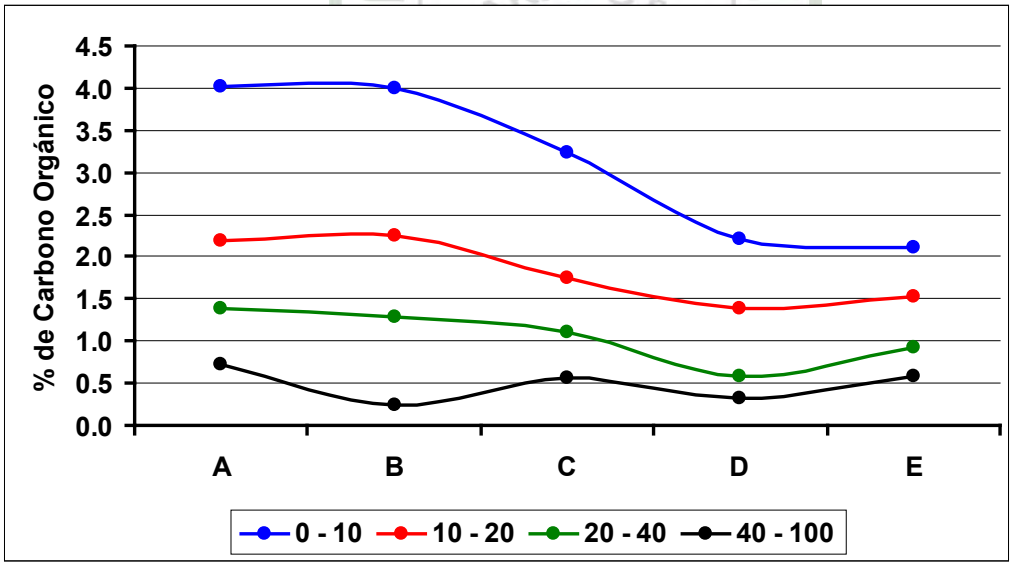
FUENTE: Laboratorio de suelos ICT- 2008

El gráfico Nº 06, muestra el porcentaje de carbono orgánico en el suelo del sistema de manejo tradicional, donde en los primeros 10 cm de profundidad se obtuvo los mejores resultados en los distintos transeptos, y éste va decreciendo en relación a la profundidad del suelo.

Cuadro Nº 10: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo (SMT).

Sistema de Manejo Tradicional					
Profundidad	Transeptos				
	A (%C)	B (%C)	C (%C)	D (%C)	E (%C)
0 - 10	4.03	4.00	3.24	2.20	2.10
10 - 20	2.2	2.26	1.75	1.39	1.53
20 - 40	1.39	1.28	1.11	0.57	0.92
40 - 100	0.73	0.23	0.57	0.32	0.59

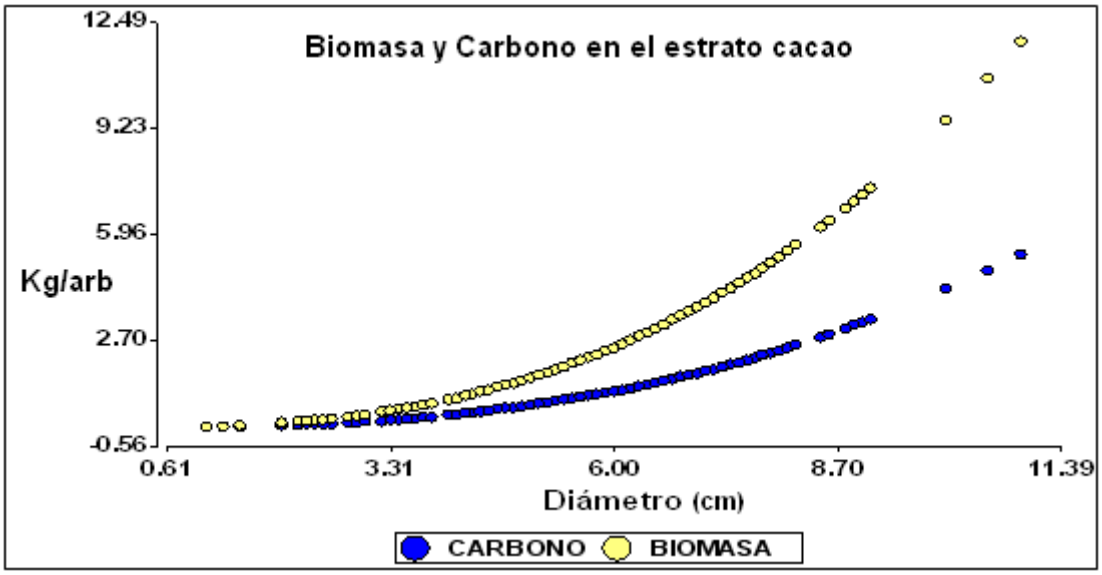
Gráfico Nº 07: Porcentaje de carbono orgánico en el suelo en el Sistema de Manejo Tradicional (SMT).



FUENTE: Laboratorio de Suelos ICT- 2008

El gráfico Nº 07, muestra el porcentaje de carbono orgánico en el suelo del sistema de manejo tradicional, donde en los primeros 10 cm de profundidad se obtuvo los mejores resultados en los distintos transeptos, y éste va decreciendo en relación a la profundidad del suelo.

Gráfico Nº 08: Biomasa Total (Bat) y Carbono Almacenado (Ca) en función al Diámetro a 30 cm sobre el suelo para cacao (*Theobroma cacao* L).



El gráfico Nº 08: muestra la correlación que existe entre el diámetro de las plantas de cacao entre la biomasa y el carbono almacenado, que quiere decir que a mayor diámetro mayor va hacer la biomasa y por ende también el carbono capturado.

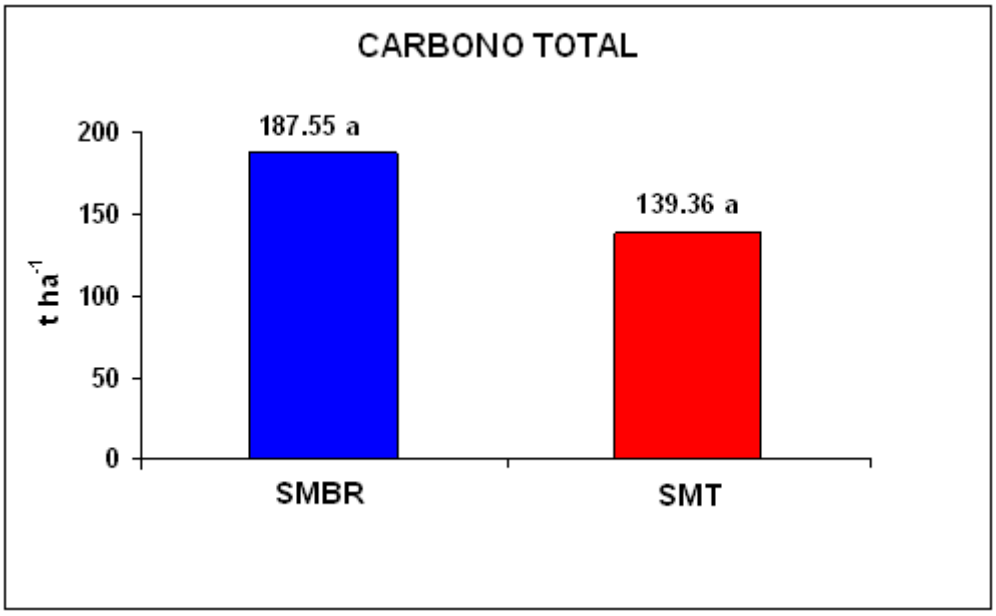
Cuadro Nº 11: Prueba de significancia de Wilcoxon (Mann – Whitney U)

Clasificación	Variable	Grupo	n	Media	DS	W	p- valor
Sistema	Carbono	SMBR	5	187.55	55.3	33	0.3095
Sistema	Carbono	SMT	5	139.36	27.57	33	

Donde: **n** = Número de muestras observadas.

DS= Desviación estándar.
W= Versión estandarizada del estadístico W.

Gráfico Nº 09: Prueba de significancia entre los dos Sistemas de Manejo de Producción de cacao (*Theobroma cacao* L).



SMBR: Sistema de Manejo de Bosque Raleado
SMT: Sistema de Manejo Tradicional

El gráfico Nº 09, muestra la prueba de significancia de Wilcoxon (Mann – Whitney U) de medianas no – paramétricas, del total de carbono capturado por sistema, observando que el Sistema de Manejo de Bosque Raleado obtuvo mayor rendimiento 187,55 ± 24,73 t ha^{-1}, con respecto al Sistema de Manejo Tradicional 139,36 ± 12,33 t ha^{-1}, siendo estadísticamente iguales entre sistemas.

VI. DISCUSIONES

6.1 Carbono Almacenado en el Sistema de Manejo de Bosque Raleado y Sistema de Manejo Tradicional en t ha^{-1}

En el gráfico Nº 02, muestra el total de carbono almacenado por ambos sistemas, el sistema de manejo de bosque raleado con un valor de 187, 55 ± 24,73 t ha^{-1}, y el sistema de manejo tradicional (tumba, rozo y quema) con un valor de 139,36 ± 12,33 t ha^{-1} ambos con el cultivo de cacao, la diferencia entre los dos sistemas es 25,69% de carbono esto se debe posiblemente a la combinación particular de especies forestales de sombra, coberturas vegetales y condiciones biofísicas, ya que en los dos medios de producción agroforestales de cacao se observo una alta diversidad; tanto por su asociación florística, edad y ubicación. (Larrea, 2007), afirma que la fijación de carbono varía según las edades fisiológicas, pero además dependen de las combinaciones de especies, de las dinámicas de cada ecosistema particular y también influenciado por su localización.

Los niveles de carbono encontrados en cada sistema de producción son 187,55 y 139.36 t ha^{-1}, en comparación con el total de carbono obtenido en los bosques húmedos de Nicaragua, donde el almacenamiento de carbono sumado del suelo y de la biomasa, alcanzo rangos de entre 251,7 y 320,1 t ha^{-1}, Lagos y Venegas (2003), al igual que en bosques húmedos de Guatemala, donde se han encontrado valores de 237 t ha^{-1} de carbono total, (Arreaga, 2002).

Los resultados en relación al carbono total almacenado presentan una dispersión por sistema debido a la variabilidad florística de la biodiversidad y que potencialmente están influenciados por la variabilidad del suelo, clima (temperatura 26º C, precipitación 1243,40 mm) y topografía. (Lapeyre, 2004), afirma que mientras mayor complejidad tiene el sistema, más amplio es el rango de variación entre los transeptos evaluados, siendo ello observado en los sistemas de bosque, agroforestales, que tienen una gran dinámica. Corroborando con los resultados obtenidos en el gráfico Nº 02, donde la dispersión del total de carbono almacenado son para el sistema de bosque raleado ± 24,73 t ha^{-1} y para el sistema tradicional ± 12,33 t ha^{-1}.

6.2 Carbono Almacenado en t ha^{-1} a nivel de Estratos en los dos Sistemas de Producción.

Como se muestra en el gráfico Nº 03 y Nº 04, la tendencia en los diferentes estratos es variable, donde el suelo aporta mayor cantidad de carbono almacenado para los dos sistemas, esto se debe a que los índice de captura de carbono varían según el tipo de árboles, suelo, topografía y practicas de manejo el cual es corroborado por (Larrea, 2007). Similares resultados obtuvo (Quiñe, 2009), donde los estratos evaluados mostraron variabilidad en los índices de captura de carbono, siendo también el estrato suelo el que aportó más carbono en los sistemas evaluados.

En los gráficos Nº 03 y 04, se observa la biomasa de árboles vivos (BAV), biomasa de árboles muertos caídos(BAMC), biomasa de árboles muertos en pie (BAMP), biomasa arbustiva (BArb) y biomasa de hojarasca (BHoj) para cada

sistema, en donde el Sistema de Manejo de Bosque Raleado se obtuvo mayor acumulación de carbono con 56,12 t ha^{-1} que representa el 29,9% del total, y el Sistema de Manejo Tradicional se obtuvo 20,77 t ha^{-1} que representa el 14,9% del total; este porcentaje es sin contar el estrato cacao y suelo. Resultados similares obtuvo (Quiñe, 2009), en dos pisos altitudinales diferentes en donde los porcentajes fueron de 37,55% y de 30,64% del total de carbono almacenado.

En lo que concierne al estrato cacao, se observa que en el gráfico Nº 08, existe una alta correlación entre la biomasa y carbono con respecto al diámetro del cacao, el cual nos indica que a mayor diámetro de los árboles de cacao mayor será el almacenamiento de biomasa y por lo tanto la captura de carbono será mayor. Esto corroborado por (Larrea, 2007), quien manifiesta que a mayor edad de las plantaciones de cacao el incremento de la tasa de captura de carbono será mayor. (Ortiz, 2006), menciona que el incremento en la captura de carbono esta en relación al diámetro y la edad de la planta, y tiende a estabilizarse hacia el final de su ciclo productivo, el cual indica que el secuestro de carbono en el cacao es constante durante todo su desarrollo.

En el gráfico N' 05, se muestra que en el sistema de manejo de bosque raleado se obtuvo mayor acumulación de carbono en el suelo con 129,29 ± 11,45 t ha^{-1}, mientras que en el sistema de manejo tradicional se obtuvo 117,52 ± 12,85 t ha^{-1}, la variación en los dos sistemas es 9.10%, y el aporte que dan al total de carbono almacenado es para el sistema de manejo de bosque raleado de 68,93% y para el sistema de manejo tradicional de 84,32%, se debe posiblemente a las propiedades físicas que presenta cada una de éstas; donde

el sistema de manejo de bosque raleado presenta una clase textural de franco arcilloso, la acumulación de materia orgánica es mayor, debido a que los complejos establecidos entre el carbono y la fase mineral del suelo depende del contenido de arcillas, tal como menciona (Oren, 2001), el sistema de manejo tradicional al presentar una clase textural de franco arcillo arenoso, donde el contenido de arcilla es menor al otro sistema, por lo tanto el carbono acumulado es menor, esto se debe a que a menor concentración de arcilla en el suelo estos carecen de la capacidad de adsorción por su estructura atómica y es difícil lograr la adsorción y estabilización del carbono (Oren, 2001). Los sistemas agroforestales a través del suelo aportan de 100 a 120 t ha^{-1} hasta los 100 cm de profundidad, y que las mayores reservas de carbono están en los sistemas de cacao con especies forestales maderables y frutales (Alegre, 2008).

En relación al porcentaje de carbono fijado se observa que para ambos sistemas (gráfico Nº 06 y 07), el comportamiento es el mismo donde el movimiento de la materia orgánica en el perfil del suelo es de arriba hacia abajo y su concentración disminuye conforme aumenta la profundidad del suelo. Esto se debe a que en las primeras profundidades predomina la hojarasca, por la diversidad de los sistemas, el manejo de las podas y coberturas que se utiliza; el cual se hace un reciclaje de los nutrientes y un mayor crecimiento y acumulación de carbono en el suelo, (Alegre, 2008). La diferencia de contenido de carbono en el suelo está directamente ligado en el cambio de uso del suelo, densidad, especie de árbol de sombra, edad y manejo de plantación, (Medina, 2003). La concentración de carbono en el suelo puede estar relacionado con la tasa de aporte de hojarasca, descomposición, tipo de suelo, drenaje, precipitación,

temperatura y manejo del suelo (Medina, 2003). Similar comportamiento mostró (Quiñe, 2009), al evaluar la fijación de carbono en el suelo en dos pisos altitudinales.

En los gráficos Nº 03 y 04, los contenidos de carbono almacenados por el estrato cacao (*Theobroma cacao*) son para el sistema de manejo de bosque raleado con un valor de 2,15 t ha^{-1} y del sistema de manejo tradicional con un valor de 1,07 t ha^{-1}, esto representa el 1,08 % y el 0,76 % del contenido total de carbono en los dos sistemas de producción respectivamente. Similar comportamiento mostró (Corral, 2006), al evaluar los contenidos de carbono del cacao en Ecuador con un valor de 1,80 t ha^{-1}, que representa un 2,24 % del contenido total de carbono de su sistema agroforestal.

En el gráfico Nº 09, se muestra el análisis de la prueba de Wilcoxon (Mann – Whitney U), para la comparación estadística de medianas no paramétricas, que nos indica que no hubo diferencia significativa entre los sistemas evaluados (p=0,3095).

VII. CONCLUSIONES

7.1 De los resultados de cuantificación de reservas de carbono en los dos sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L), en la estación experimental el Choclino, se obtuvo que el sistema de manejo con mayor cantidad de carbono almacenado fue el de Bosque Raleado con 187,55 ± 24,49 t ha^{-1}, superando al Tradicional (tumba, rozo y quema) que tuvo 139,36 ± 12,33 t ha^{-1},que representa un 25,69% menos que el primero; sin embargo la prueba de Wilcoxon (Mann – Whitney U), en el cuadro Nº 08, nos indica que ambos sistemas son estadísticamente iguales (p=0,3095).

7.2 De las variables evaluadas el Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR), el parámetro que aportó mayor cantidad de carbono fue el suelo 129,29 ± 11,45 t ha^{-1}; seguida de los árboles muertos caídos (BAMC) 29,30 ± 17,38 t ha^{-1}, árboles vivos (BAV) 25,28 ± 8,56 t ha^{-1}, cacao 2,15 ± 0,31 t ha^{-1}, hojarasca (BHoj.) 1,35 ± 0,26 t ha^{-1} especies arbustiva y herbácea (BArb.) 0,19 ± 0,10 t ha^{-1}.

7.3 De las variables evaluadas el Sistema de Manejo Tradicional (SMT), el parámetro que aportó mayor cantidad de carbono fu el suelo 117,52 ± 12,85 t ha^{-1}; seguida de árboles vivos (BAV) 12,76 ± 4.48 t ha^{-1}, árboles muertos caídos (BAMC) 4,7 ± 0,93 t ha^{-1}, hojarasca (BHoj.) 1,67 ± 0,21 t ha^{-1}, árboles muertos en pie (BAMP) 1,21 ± 0,98 t ha^{-1}, cacao 1,07 ± 0,47 t ha^{-1} y especies arbustiva y herbácea (BArb.) 0.43 ± 0,12 t ha^{-1}.

7.4 Que el incremento en captura de carbono del sistema de manejo de bosque raleado con relación al sistema tradicional, se debe posiblemente a la gran diversidad de árboles, muchas de estas especies con diámetros mayores de 30 cm que enriquecen este sistema; ya que en el sistema tradicional sólo se encontró una baja diversidad de especies, con diámetros de 15 cm mínimo que hacen que la captura de carbono sea menor. La concentración de carbono en el suelo puede estar relacionado con la tasa de aporte de hojarasca, descomposición, tipo de suelo, drenaje, precipitación, temperatura y manejo del suelo.

7.5 Se concluye que ambos sistemas aunque no presentan diferencias estadísticas significativas, si presentan diferencias numéricas que se traduce en el 25,69% de mayor aporte de carbono en el sistema de manejo de bosque raleado.

7.6 La producción de carbono en el suelo en el sistema de bosque raleado y el sistema tradicional tienen un potencial de de materia orgánica de 222,89 y 202 t ha^{-1} respectivamente (Mo %C = 1,724).

VIII. RECOMENDACIONES

8.1 Se recomienda entre los agricultores el uso de técnicas de raleo selectivo, por que dichas sombras permanentes favorecen de manera constante la presencia de abundante hojarasca, funcionando como principal agente de conservación del suelo, enriquece la biomasa microbial en numero y especies, favorece de biomasa al suelo y el aumento de carbono en estos agroecosistemas y es un excelente controlador de malezas.

8.2 Realizar trabajos de investigación orientados a optimizar los niveles de almacenamiento de carbono en los suelos y diferentes usos de la tierra poniendo énfasis en los sistemas agroforestales.

8.3 Es importante hacer una adecuada selección de especies, correcta asociación y un diseño del sistema a utilizar en función a los posibles fines y sobre todo según las prioridades de uso que el agricultor requiera.

8.4 Se recomienda el manejo de las podas y las coberturas dentro de los sistemas esto hará que se incremente la hojarasca, así el reciclaje de los nutrientes y un mayor crecimiento y acumulación de carbono.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

11.1 AREVALO, E., ALEGRE, J. 2003. Manual Determinación De Las Reservas Totales De Carbono En Los Diferentes Sistemas de uso de la Tierra en Perú. ICRAF. Ministerio de Agricultura. Perú.

11.2 AREVALO, E., ZUÑIGA, L., AREVALO, A. 2004. Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonía Peruana.

11.3 ALEGRE, J. 2008. El Manejo de Sistemas Agroforestales para la Recuperación de los Suelos Tropicales y la Generación de Servicios Medio Ambientales.

11.4 ALEGRE, J. et al. 2001. Manual – Reservas de Carbono y Emisión de Gases con Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Dos Sitios en la Amazonía Peruana.

11.5 ALTIERI, M. 1999. Bases Científicas para una agricultura Sustentable. Montevideo.

11.6 ARREAGA, W. 2002. Almacenamiento de carbono en bosques con manejo forestal sostenible en la reserva de Biosfera, Maya, Peten, Guatemala.

11.7 BENJAMÍN, J. A, 2001. Captura de carbono ante el cambio climático.

11.8 BRANDT, A. 2008. Certificado Carbon Free para Foro Energía en ExpoAlemania.

11.9 CERUTI, F. 1997. Educación para el Desarrollo Sostenible de la Amazonía. Lima – Perú.

11.10 CORRAL, R., **DUICELA, L., MAZA, H. 2006.** Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales con café y cacao, en dos zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano.

11.11 CASTRO, R., **CORDERO, S. y ACEVEDO, C. 2002.** Casos Latinoamericanos de Cambio Climático y Desarrollo.

11.12 DIXON, R., BROWN, S., HOUGHTON, R., SOLOMON, M., TREXLER, M., WISNIEWSKI, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems

11.13 DIXON, R. 1995. Agrofosrestry system: sources or sinks of greenhouse gases?.

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

11.15 LARREA, G. 2007. Determinación de las Reservas de Carbono en la Biomasa Aérea de Combinaciones Agroforestales de *Theobroma cacao* L.

11.16 LAGOS, O., **VENEGAS, S. 2003.** Impacto del aprovechamiento forestal en la biomasa y carbono de bosques naturales de Nueva Quesada.

11.17 MASERA, 2001. La captura de carbono ante el cambio climático.

11.18 MEDINA, C. 2003. Cuantificación del carbono almacenado en suelo de café (Co*ffea arabica* L) con sombra en la hacienda Santa María. Nicaragua.

11.19 ORTIS, A. 2006. Almacenamiento y fijación de Carbono del Sistema Agroforestal Cacao (*Theobroma cacao* L) y Laurel (*Cordia alliodora*) (Ruíz & Pavón) Oken en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica.

11.20 OREN, R. 2001. Soil Fertiliti limits carbon sequestration by forest ecosystem in a CO2 enriched atmosphere, Nature.

11.21 ORDÓÑEZ, J. A. 2001. La Captura de Carbono Ante el Cambio Climático. Madera y Bosques

11.22 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y al Alimentación, 2002. Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra.

11.23 Organización de las Naciones Unidas, 1998.

11.24 QUIÑE, P. 2009. Cuantificación de Biomasa y Reserva de Carbono en Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica* L.) en dos Pisos Altitudinales. San Martín – Perú.

11.25 SMITH, 1993. Captura De Carbono en un Bosque Tropical. Michoacan – México.

11.26 UNEP y GENS, 1992. Los Gases que Producen el Efecto Invernadero. Sánchez – Veles traductores. Universidad Autónoma de Chapingo México.

11.27 United Nations Framework Convention on Climate Change, 2006. GHG Data 2006 Highlights Data fron GHG Green House Gas Emissions.

LINKOGRAFIA

- http://www.portalagrario.gob.pe/rrnn_f_agro.shtml. [En Línea], 5 de enero del 2009
- http://es.geocities.com/vianiorte/biomasa.htm. [En Línea], 5 de enero del 2009
- http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/resumeness/7.1/pdf/Ordonez%20y%0Masera%202001.pdf. [En Línea], 5 de enero del 2009
- http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2__Efecto_invernadero__luz_y_biosfera/-_gases_de_efecto_invernadero_2vz.html. [En Línea], 10 de enero del 2009
- http://portal.unesco.org/es/ev.phpURL_ID=10326&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html. [En Línea], 10 de enero del 2009
- http://www.monografias.com/trabajos48/secuestro-de-carbono/secuestro-de-carbono.shtml. [En Línea], 10 de enero del 2009
- http://www.larepublica.com.pe/content. [En Línea], 10 de enero del 2009
- http://www.Estadistico.com [En Línea], 23 de junio del 2009

RESUMEN

"CUANTIFICACIÒN DE BIOMASA Y RESERVA DE CARBONO EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE CACAO (*Theobroma cacao L.*), EN EL CAMPO EXPERIMENTAL EL CHOCLINO, BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN"

El desarrollo de un nuevo mercado internacional de servicios ambientales (captura de carbono), se ha derivado de la necesidad de reducir a escala mundial las emisiones de gases que contribuyen al "efecto invernadero". El objetivo del presente trabajo, es cuantificar la cantidad de biomasa y carbono en dos sistemas de producción de cacao (*Theobroma cacao* L.); sistema de manejo de bosque raleado (SMBR) y el sistema de manejo tradicional (SMT), asociado con especies forestales, para analizar los datos se utilizó estadística no paramétrica. Se ejecuto en la provincia y departamento de San Martín, ubicado geográfica Latitud Sur 06º 28'37.3", de Longitud Oeste 76º19'54.6", Altitud 506msnmm, el suelo presenta reacción moderadamente ácido, con pH de 5.42 a 6.26.

Los resultados obtenidos, muestran que el carbono total obtenido por el sistema de bosque raleado de producción de cacao fue de 187,55 ± 24,49 t ha^{-1} y el carbono total obtenido por el sistema tradicional (rozo, tumba y quema) de producción de cacao fue de 139,36 ± 12,33 t ha^{-1}.

El parámetro que aporto mayor cantidad de carbono almacenado en ambos sistemas de producción fue el suelo con 129,29 ± 11,45 t ha^{-1} para el sistema de manejo de bosque raleado, y 117,52 ± 12,85 t ha^{-1} para el sistema de manejo tradicional.

SUMMARY

"QUANTIFYING BIOMASS AND CARBON BOOK TWO OF COCOA PRODUCTION SYSTEMS (*Theobroma cacao* L.) IN THE EXPERIMENTAL FIELD CHOCLINO BANDA DE SHILCAYO - SAN MARTÍN"

The development of a new international market for environmental services (carbon sequestration) has been derived from the need to reduce global emissions of gases that contribute to "greenhouse effect". The aim of this paper is to quantify the amount of biomass and carbon in two systems of production of cocoa (*Theobroma cacao* L.), system of forest management raleado (SMBR) and the traditional management system (GTS), associated with species Forestry, to analyze the data we used nonparametric statistics. Runs on the province and department of San Martín, geographically located South Latitude 06 º 28'37 .3 "West Longitude 76 º 19'54 .6", 506 msnmm altitude, soil reaction presents moderately acidic, with pH of 5.42 to 6.26. .

The results show that the total carbon obtained by the system of forest raleado in cocoa production was 187.55 ± 24.49 t ha^{-1} and the total carbon obtained by the traditional system (Rozo, slash and burn) from Cocoa production was 139.36 ± 12.33 t ha^{-1}.The parameter provides the most amount of carbon stored in both production systems with the ground was 129.29 ± 11.45 t ha^{-1} for the system of forest management raleado and 117.52 ± 12.85 t ha^{-1} to the traditional management system.

ANEXO

ANEXO Nº 01

Delimitación de las Áreas en Estudio

Foto Nº 03: Medición de los transeptos

Foto Nº 04: Colocación de estacas

Foto Nº 05: Trazado de los transeptos

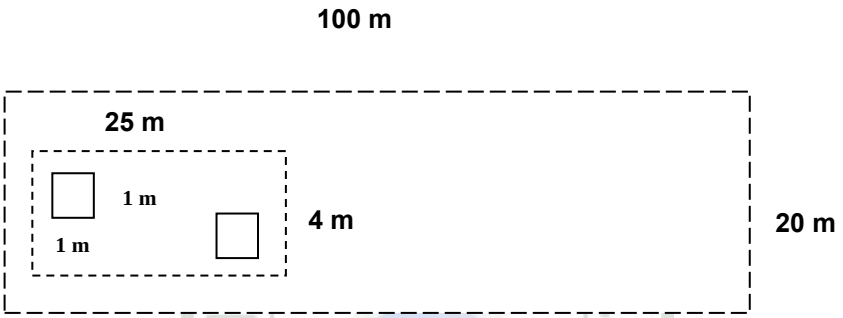
Foto Nº 06: Colocación de la rafia

Foto Nº 07: Transepto 100 x 100 m

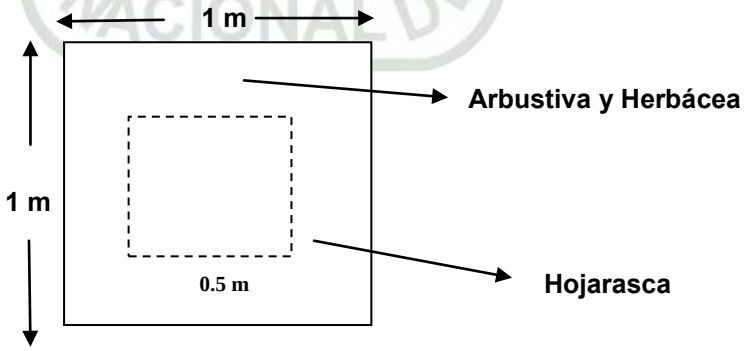
Foto Nº 08: Transepto 20 x 100 m

ANEXO Nº 02

Diseño de parcelas de evaluación de biomasa por estrato florístico

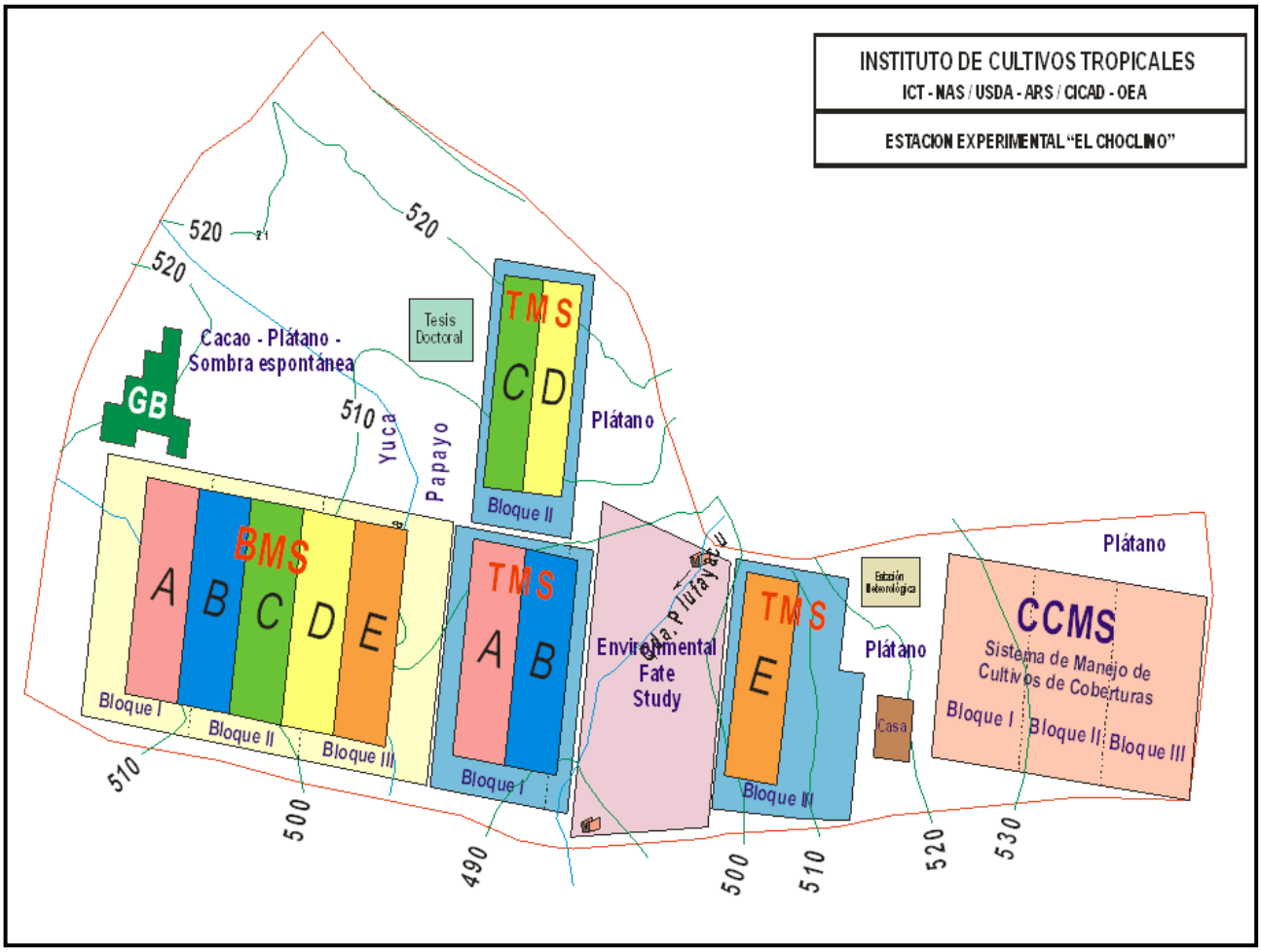


Para evaluación de biomasa arbustiva-herbácea y hojarasca



ANEXO Nº 03

CROQUIS DEL CAMPO



BMS: Sistema de Manejo de Bosque Raleado
TMS: Sistema de Manejo Tradicional
A, B, C, D, E: Transeptos

ANEXO N° 04

RESULTADOS PRUEBA CHI - CUADRADO

Planteamiento de las hipótesis:

H_0: No existe diferencia de captura de carbono entre los sistemas de manejo tradicional y manejo de bosque raleado.

H_A: Existe diferencia de captura de carbono entre los sistemas de manejo tradicional y manejo de bosque raleado.

Nivel de significancia:

$\alpha = 0.05$

Estadística	DF	Valor	Probabilidad
Chi-Cuadrado	1	2.0000	0.1573
Probabilidad de Chi-cuadrado Proporción	1	2.7726	0.0959
Continuidad Adj. Chi-Cuadrado	1	0.0000	1.0000
Mantel-Haenszel Chi-Cuadrado	1	1.0000	0.3173
Coeficiente phi		-1.0000	
Coeficiente de Contingencia		0.7071	
V de Cramer		-1.0000	

El cuadro nos muestra que el valor es 2 y la significancia es 0.1573, el cual significa que se rechaza la hipótesis alternante y se acepta la hipótesis nula; lo que quiere decir que no existe diferencia de captura de carbono entre los sistemas de manejo tradicional y de bosque raleado.

ANEXO Nº 05

Total de Carbono en el Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR)

CARBONO (t ha^{-1})									
Sistema	Trans	Carbono árboles vivos	Carbono árboles muertos caídos	Carbono árboles muertos en pie	Carbono arb y herb	Carbono hojarasca	Carbono cacao	Carbono suelo	Carbono total
SMBR	A	30.25	0.00	0.00	0.21	2.38	2.71	145.44	180.99
	B	38.58	0.00	0.00	0.00	1.03	2.96	100.66	143.23
	C	7.82	5.03	0.00	0.10	0.95	2.08	119.72	135.70
	D	46.75	58.37	0.00	0.11	1.14	1.31	164.87	272.54
	E	2.99	83.08	0.00	0.55	1.25	1.68	115.74	205.29
Total		**25.27**	**29.30**	**0.00**	**0.19**	**1.35**	**2.15**	**129.29**	**187.55**

Total de Carbono en el Sistema de Manejo Tradicional (SMT)

CARBONO (t ha^{-1})									
Sistema	Trans	Carbono árboles vivos	Carbono árboles muertos caídos	Carbono árboles muertos en pie	Carbono arb y herb	Carbono hojarasca	Carbono cacao	Carbono suelo	Carbono total
SMT	A	6.98	3.36	0.00	0.62	1.11	2.60	155.16	169.83
	B	30.56	5.67	0.00	0.30	1.99	1.70	104.61	144.82
	C	7.51	2.69	5.04	0.80	2.21	0.20	128.41	146.85
	D	9.25	3.92	1.03	0.23	1.77	0.42	77.75	94.37
	E	9.48	7.86	0.00	0.18	1.29	0.42	121.69	140.91
Total		**12.76**	**4.70**	**1.21**	**0.43**	**1.67**	**1.07**	**117.52**	**139.36**

ANEXO Nº 06

Total de Biomasa en el Sistema de Manejo de Bosque Raleado (SMBR)

BIOMASA (t ha^{-1})									
Sistema	**Trans**	**Biomasa árboles vivos**	**Biomasa árboles muertos caídos**	**Biomasa árboles muertos en pie**	**Biomasa arb y herb**	**Biomasa hojarasca**	**Biomasa cacao**	**Biomasa suelo**	**Biomasa total**
SMBR	A	67.21	0.00	0.00	0.47	5.29	6.02	323.21	402.20
	B	85.74	0.00	0.00	0.00	2.29	6.58	223.68	318.29
	C	17.37	11.18	0.00	0.21	2.10	4.63	266.05	301.54
	D	103.88	129.71	0.00	0.25	2.52	2.91	366.38	605.66
	E	6.64	184.62	0.00	1.23	2.77	3.74	257.21	456.20

Total de Biomasa en el Sistema de Manejo Tradicional (SMT)

BIOMASA(t ha^{-1})									
Sistema	**Trans**	**Biomasa árboles vivos**	**Biomasa árboles muertos caídos**	**Biomasa árboles muertos en pie**	**Biomasa arb y herb**	**Biomasa hojarasca**	**Biomasa cacao**	**Biomasa suelo**	**Biomasa total**
SMT	A	15.52	7.47	0.00	1.38	2.46	5.78	344.79	377.40
	B	67.91	12.60	0.00	0.66	4.42	3.77	232.47	321.83
	C	16.70	5.98	11.19	1.77	4.91	0.45	285.35	326.34
	D	20.56	8.71	2.28	0.52	3.93	0.92	172.79	209.71
	E	21.07	17.47	0.00	0.41	2.86	0.92	270.41	313.14