

**“MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD”
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

TÍTULO DE LA TESIS:

“DETERMINACIÓN DE RESERVAS DE CARBONO EN LA NECROMASA Y BIOMASA AÉREA DE CUATRO SISTEMAS AGROFORESTALES COMBINADAS CON *Theobroma cacao* L., EN CUATRO DISTRITOS DEL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS.”

TESISTA:

OLIVER QUIN SURCO HUACACHI

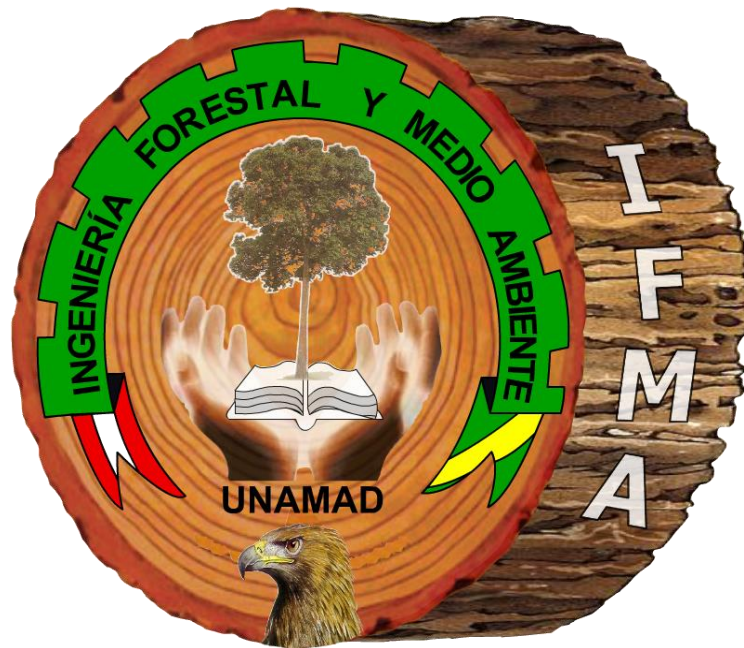
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

ASESOR:

Dr. CARLOS NIETO RAMOS

**PUERTO MALDONADO – PERÚ
2017**

**“MADRE DE DIOS CAPITAL DE LA BIODIVERSIDAD”
UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS**



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

TÍTULO DE LA TESIS:

“DETERMINACIÓN DE RESERVAS DE CARBONO EN LA NECROMASA Y BIOMASA AÉREA DE CUATRO SISTEMAS AGROFORESTALES COMBINADAS CON *Theobroma cacao* L., EN CUATRO DISTRITOS DEL DEPARTAMENTO DE MADRE DE DIOS.”

TESISTA:

OLIVER QUIN SURCO HUACACHI

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

ASESOR:

Dr. CARLOS NIETO RAMOS

**PUERTO MALDONADO – PERÚ
2017**

DEDICATORIA

A la ciencia y los conocimientos.

A mis queridos hermanos, en especial
a Padres, Samuel, Hna Yaned, Jorge
G., amigos y compañeros.

AGRADECIMIENTO

Al Tiempo, Bosques, Cuencas, Ciencias puras, Probabilidades, Algoritmos y Ajedrez.

Don Timoteo, Don Teofilo, Sr Jhony, Doña Ceferina y Teresa, principales agricultores o facilitadores por su apoyo e interés para la viabilidad del presente trabajo de investigación.

A la comunidad científica de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, hermanos, docentes, compañeros, amigos y todas las personas que de una alguna manera han colaborado en la ejecución de la presente investigación.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo de investigación determinó la cantidad de carbono de parcelas agroforestales con cultivo de cacao con edad 8 años, 10 años, 12 años y 15 años de edad, se evaluó la biomasa aérea seca total de a parcela agroforestal usando parcelas de medición temporal, con el propósito de incorporar y llenar los vacios de información referente a la prodccuion de biomasa en sistemas agroforestales combnadas con cacao, a la reconocer agricultores y facilitadores de los diferentes distritos a Don Timoteo, Don Teofilo, Sr Jhony, Doña Ceferina y Teresa, principales facilitadores que hicieron viable la tesis o trabajo de investigación .

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	01
Fundamentación del problema	02
Justificación	03
Hipótesis	05
Variables	05
Criterios de inclusión	06
Criterios de exclusión	07
Objetivos	08
Población y Muestra	08
CAPITULO I	
MARCO TEORICO	10
Antecedentes de estudios realizados	10
CAPITULO II	
METODOLOGIA Y METODOS	29
Localización del Area o ubicación geográfica	29
Técnica de análisis de datos o metodología	29
Diseño de muestreo y toma de datos	33
Diseño experimental	37
CAPITULO III	
RESULTADOS Y DISCUSIONES	
Biomasa en los componentes aéreo y necromasa	39
Carbono en parcelas y componentes	50
CONCLUSIONES	61
RECOMENDACIONES	62
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	64
ANEXOS 1: Tabla de resultados	71
ANEXOS 2: Analisis de Suelos	73
ANEXOS 3: Fotos	75

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Producción de cacao.....	16
Tabla 2 Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cacao	17
Tabla 3 Fuentes de metano.....	24
Tabla 4 Mercado de carbono.....	27
Tabla 5 Ubicación geográfica y referencia de las parcelas agroforestales.....	31
Tabla 6 Toma de datos por ecosistema.....	33
Tabla 7 Cuadro de comparación para Tool box.....	38
Tabla 8 Datos descriptivos de acumulación de biomasa.....	42
Tabla 9 Datos descriptivos de acumulación de biomasa en los diferentes componentes.....	45
Tabla 10 Análisis de Varianza para Biomasa - Suma de Cuadrados Tipo III.....	47
Tabla 11 Pruebas de Múltiple Rangos para Biomasa 95,0 porcentaje Tukey HSD47	
Tabla 12 Análisis de Varianza para Biomasa - Suma de Cuadrados Tipo III.....	48
Tabla 13 Pruebas de Múltiple Rangos para Biomasa 95,0 porcentaje Tukey HSD48	
Tabla 14 Datos descriptivos de cantidad de carbono en parcelas agroforestales	52
Tabla 15 Datos descriptivos de cantidad de carbono en los diferentes componentes	55
Tabla 16 Análisis de Varianza para Carbono - Suma de Cuadrados Tipo III.....	58
Tabla 17 Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono porcentaje Tukey HSD.....	58
Tabla 18 Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono porcentaje Tukey HSD.....	59

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1: Cacao en el Perú.....	14
Figura 2.: Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cacao en Perú, debido a la instalación, rendimiento y manejo de plantaciones de cacao, mas extensiones rendimiento más elevado.	15
Figura 3.: Rendimiento de cacao, Madre de Dios posee el rendimiento en el año 2001 y 2002 la diferencia no es muy significativa.	15
Figura 4. Aproximadamente 14 mil hectáreas con certificación orgánica.	16
Figura 5. Ubicación de las parcelas agroforestales, departamento de Madre de Dios. LanSat 2012.....	32
Figura 6. Biomasa del componente aéreo y necromasa de las diferentes parcelas de estudio.....	39
Figura 7. Flujo de biomasa en los diferentes parcelas.....	41
Figura 8. Flujo de biomasa en los componentes.....	43
Figura 9. Interaccion de Biomasa y edad	46
Figura 10. Dispersión de carbono en función a la edad.....	50
Figura 11. Flujo de carbono en las parcelas con diferentes edades.....	51
Figura 12. Flujo de carbono en los diferentes componentes	54
Figura 13. Flujo carbono en función a la edad y el componente.....	57

ANEXOS

	Pag.
ANEXOS 1.- Tablas de Resultados	71
ANEXOS 2.- Analisis de Suelos	73
ANEXOS 3.- Fotos	75

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se determinó el carbono almacenado en sistemas agroforestales combinadas con cacao (*Theobroma cacao* L.). Se midió el carbono en todos los compartimentos: suelo, hojarasca y biomasa aérea, mediante metodologías aceptadas por el ICRAF para ello se evaluarón cuatro parcelas o sistemas agroforestales, en el distrito de Madre de Dios, Las Piedras, Huepetuhe y Tambopata, con cultivo de cacao en diferentes edades 8, 10, 12 y 15 años de edad, se utilizó fórmulas de biomasa arborea, hojarasca y de medición alométrica para la especie agroforestal cacao, posteriormente el carbono almacenado, como también efectos de considerar la producción, aprovechamiento sostenible, conservación y diversidad de especies en sistemas agroforestales para la elaboración de proyectos de comercialización y servicio ambientales.

Palabras clave: suelo, biomasa aérea, hojarasca, cantidad de carbono, sistemas agroforestales, cacao.

ABSTRACT

The Present research determined the carbon stored in agroforestry systems with cocoa (*Theobroma cacao* L.). Measured carbon in all compartments: soil, leaf litter and aboveground biomass, using methodologies accepted by the ICRAF, for it evaluated him four system agroforestry, at Madre de Dios district , Las Piedras district, Huepetuhe district and Tambopata district, with cultivation of cocoa in different ages evaluated four plots of land or systems themselves 8 , 10 , 12 and 15 years , used formulate of arboreal biomass , fallen leaves and of measurement alométric for the agroforestal cocoa , at a later time the stored carbon , like also effects of considering production , sustainable use , conservation and diversity of sorts in systems agroforestales, for the elaboration of projects of commercialization and environmental service.

Keyword: soil, biomass aérea, hojarasca, carbón rated, agroforestry systems, cocoa.

INTRODUCCION

Desde la problemática ambiental generada por el cambio climático, se ha generado una conciencia general sobre la importancia de contrarrestar los efectos del calentamiento global por medio de estrategias de investigación tendientes a buscar soluciones económicamente factibles, socialmente sostenibles y ambientalmente amigables (Dixon, 1995).

Dentro del sector de uso del suelo y actividades forestales, dichas estrategias están orientadas al almacenamiento de carbono en sumideros naturales tales como la vegetación y el suelo. Se menciona el importante papel que juegan los bosques naturales así como las plantaciones forestales dentro de la dinámica de éste biogeoelemento (Aristizabal, 2002).

En el campo agrícola y forestal son muchos los estudios realizados por varias instituciones para desarrollar sistemas agroforestales y silviculturales de diversa índole con nuevas técnicas y rendimientos, que permitan pensar en un futuro no muy lejano darle un vuelco total a las zonas rurales mediante el establecimiento de los mismos. En éste sentido, la implementación de sistemas agroforestales (SAFs) como sumideros de carbono adquiere mayor relevancia (Aristizabal, 2002).

En este proyecto, se estudió detalladamente una de las tantas posibilidades agroforestales que mayor acogida ha tenido en nuestro país. Algunos sistemas agroforestales están compuesto por copoazu (*Theobroma grandifolia* Willd.), Castaña (*Bertholletia excelsa* Humb & Bonp),

Pashaco *Schizolobium parahyba* (Vell), Shihuahuaco *Dipteryx micrantha* (Harms), Achihua *Jacaranda copaia* (Aubl.), Pijuayo (*Bactris gasipaes* Kunth) y Cacao *Theobroma cacao* L.

Las áreas de estudio se encuentran aproximadas en sectores de las diferentes distritos Madre de Dios, Huepetuhe, Las Piedras y Tambopata.

El estudio trata de estimar el potencial de fijación de carbono en este sistema agroforestal, teniendo en cuenta las prácticas culturales y técnicas de carácter agrosilvícolas. La investigación comprende la estimación de la biomasa potencial generada por el sistema a partir del desarrollo de modelos alométricos que fueron elaborados considerando la información primaria obtenida en campo por Larrea, (2007) a través de los muestreos destructivos.

- a. Fundamentación del problema.** En Madre de Dios, el método utilizado por el pequeño productor de una agricultura migratoria se caracteriza por la tumba y quema de áreas boscosas, generalmente en tierras de clasificación forestal para la deforestación y producción de los cultivos agrícolas. La producción disminuye aceleradamente por la pérdida de la fertilidad del suelo causada por la erosión y como consecuencia, el productor tiene que movilizarse a otras áreas para la obtención de sus alimentos y continuar de esta manera un ciclo de destrucción del recurso suelo y bosque.

La agricultura y la ganadería constituyen la principal causa directa de degradación de tierras en la amazonia peruana. La mayoría de los agricultores dependen del bosque amazónico y que contribuyen a su degradación (Bandy, 2004).

La instalación de chacras agroforestales es una buena respuesta a la “agricultura migratoria” debido a que estos cultivos son permanentes, se establece al agricultor en sus parcela constituyéndose un factor de asentamiento y también de reforestación, ya que se reemplaza un monocultivo improductivo en el largo plazo por otro, productivo, diversificado y sostenible.

Por lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál será la tasa de fijación o el valor estimado de carbono en la necromasa y biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L.? ¿El carbono es una solución para la conservación y desarrollo económico de agricultores en la región de Madre de Dios?, ¿Qué implica la diversificación de los sistemas agroforestales combinadas con cacao frente al almacenamiento de carbono?

b. Justificación.

El problema del cambio climático ha suscitado la búsqueda de alternativas tendientes a resolver esta cuestión, dentro de las cuales se contempla la adopción de los denominados sumideros de carbono que básicamente están representados por la vegetación, el suelo y el océano. Por su parte, el suelo y la vegetación

contiene casi tres veces y medio más carbono que la atmósfera, lo cual convierte a los ecosistemas terrestres en importantes sumideros de carbono.

La poca viabilidad técnica, económica y metodológica, descartan la posibilidad de implementar las aguas oceánicas como sumideros de este bioelemento, por lo menos en el mediano plazo. Lo anterior convierte a los ecosistemas terrestres (principalmente la vegetación y el suelo) en los únicos depósitos de carbono que pueden ser utilizados para este fin.

A lo anterior se le añade el hecho de que es muy poca la investigación que se ha efectuado con relación a los sistemas agroforestales como posibles sumideros de carbono que por lo tanto puedan ser tenidos en cuenta dentro de este tipo de proyectos.

La presente investigación se sustenta en la necesidad de determinar el valor estimado de carbono en la necromasa y biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., si fuera el caso, proponer un proyecto de comercialización.

El estudio es viable por cuanto se cuenta con parcelas combinadas con cultivos de cacao, producto de la implementación de sistemas agroforestales.

El estudio es factible de realizar por la disponibilidad de parcelas con sistemas agroforestales de los agricultores, que fueron beneficiados por programas, proyectos privados, públicos y por autofinanciamiento.

El trabajo es relevante por cuanto apunta a cubrir parte del vacío de información sobre el valor estimado de carbono en la necromasa y biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., en parcelas de cuatro distritos de la región Madre de Dios.

c. Hipótesis

H₀₁. Las diferentes edades del sistema agroforestal combinado con cacao no presentan distintos niveles de almacenamiento de biomasa total, y por lo tanto diferentes niveles de fijación de carbono para su valorización económica.

H_{A1}. Las diferentes edades del sistema agroforestal combinado con cacao presentan distintos niveles de almacenamiento de biomasa total, y por lo tanto diferentes niveles de fijación de carbono para su valorización económica.

d. Variables. Las reservas de carbono y biomasa, los coeficientes varían en función a la edad y/o desarrollo de los individuos del cultivo de cacao.

Variables independientes.

Reservas de carbono y biomasa

Variables dependientes.

Parcelas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L. de 8 años.

Parcelas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L. de 10 años.

Parcelas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L. de 12 años.

Parcelas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L. de 15 años.

e. Criterios de inclusión y exclusión.**Criterios de inclusión:**

- Parcela agroforestal sin intervención de actividad antrópicas y económicas (ganadería, minería, etc). Es decir se incluyeron parcelas que no presentaron evidencias de actividad de desarrollo, vial, carrozable, minería y/o ganadería.
- Área determinada con parcelas con sistemas agroforestales combinadas con cultivo de cacao. Es decir parcelas con sistemas agroforestales combinadas con individuos de cacao.
- Área determinada sin intervención silvicultural como eliminación de hojarasca y plateos, es decir sin eliminación de individuos por raleos, eliminación de hojarasca por plateos y limpiezas de borde.

- En la biomasa y necreomasa, se realizó la discriminación exclusiva en tallo y hoja para cacao.

Criterios de exclusión:

- Parcela agroforestal con intervención de actividad antrópicas y económicas (ganadería, minería, etc). Es decir se excluyeron parcelas que presentaron evidencias de actividad de desarrollo vial, carrozable, minería y/o ganadería.
- Área determinada con sistemas agroforestales no combinadas con cultivo de cacao. Es decir parcelas con sistemas agroforestales sin individuos de cacao.
- Área determinada con intervención silvicultural como eliminación de hojarasca y plateos, es decir parcelas sin reporte de eliminación de individuos por raleos, eliminación de hojarasca por plateos y limpiezas de borde.
- En la biomasa y necreomasa, se realizó la discriminación exclusiva en tallo y hoja de aporte de otras especies.

f. Objetivos

General

- Determinar las reservas de carbono en la necromasa y biomasa aérea de cuatro sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L.

Específicos

- Evaluar y estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea de cuatro diferentes sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L.
- Evaluar y estimar el carbono almacenado en la necromasa superficial de cuatro diferentes sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L.
- Evaluar y estimar el carbono almacenado en suelo de cuatro diferentes sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L.

g. Población y Muestra

- a) Definición de la población: Parcelas agroforestales combinadas con individuos de cacao.

b) Ubicación de 4 sectores con 8, 10, 12 y 15 años de edad.

c) Levantamiento de información de biomasa según Larrea (2007)

En la selección de la población se cumplió con los criterios de inclusión y exclusión:

Nivel de investigación. Correlacional, se determinó el grado de relación que pueden tener dos variables en una investigación.

Tipo de investigación. Experimental: se manipularon dos variables independientes; se midieron, efecto de la variable independiente sobre la variable dependiente; y valedera internamente de la situación experimental de la reserva de carbono y biomasa en sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L.

CAPITULO I

I. MARCO TEORICO

1.1. Antecedentes de estudios realizados

Hernán (2013) estudiaron cacaotales con almacenamiento de 28,80 y 33,60 tC ha⁻¹ en biomasa arriba del suelo a los 18 y 35 años, respectivamente, que arrojaron una tasa de fijación promedio de 1,10 tC ha⁻¹ año⁻¹. El carbono almacenado en necromasa ascendió a 4,40 tC ha⁻¹, con diferencias leves entre las edades de las plantaciones. Los sistemas agroforestales con cacao en Armero-Guayabal (Tolima, Colombia) tienen potencial para mitigar el cambio climático al capturar carbono en biomasa y necromasa.

Herrera (2010) tuvo el almacenamiento de carbono en sistemas agroforestales de cacao clon CCN-51 en diferentes edades con guaba o bolaina, de 28,81 a 90,49 tC/ha⁻¹ en la biomasa aérea, mientras que la acumulación de carbono total (Biomasa aérea + suelo) varió de 35,04 a 97,76 t C/ha⁻¹.

Concha J. Alegre J. y Pocomucha (2007) evaluaron la biomasa aérea en seis diferentes sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. de 5 a 12 años asociado con especies forestales maderables y frutales, reportan la captura de carbono en cada sistema agroforestal que varía desde 26,20 tC ha⁻¹ para el sistema de Pachiza de 5 años hasta 45,07 tC ha⁻¹ del sistema agroforestal de Pachiza de 12 años; Asimismo la captura de carbono en biomasa arbórea de los árboles vivos, osciló desde 12,09 t ha⁻¹ hasta 35,5 t

ha⁻¹, seguido por la biomasa de hojarasca que presentaron valores desde 4 t ha⁻¹ hasta 9,97 t ha⁻¹; mientras la biomasa de árboles muertos en pie y caídos muertos presentaron valores muy variables y bajos. Los sistemas agroforestales de 12 y 20 años representaron el 66,7% de los sistemas que presentan reservas de carbono por encima de las 40 tC ha⁻¹, mientras que los sistemas de 5 años se encuentran con reservas de carbono por debajo de las 30 tC ha⁻¹. Ortiz y Riascos (2006) indican que a los 25 años, el sistema laurel-cacao almacenaron entre 43 y 62 tC ha⁻¹; el laurel fijó entre 80-85% del carbono total en la biomasa. Albrecht y Kandji (2003) citados por Ortiz y Riascos (2006) reportaron almacenamiento de carbono similares para sistemas agroforestales en zonas bajas húmedas de Sudamérica (entre 39 y 102 tC ha⁻¹). En cafetales asociados con *Eucalyptus deglupta*, se reportaron existencias de carbono de entre 10,6 y 12,6 tC ha⁻¹ a los 4 y 10 años de edad, respectivamente Ávila (2002). Los sistemas cacao-laurel fijaron entre 1,70 y 2,50 tC ha⁻¹ año⁻¹ en 25 años. Segura (2005) citado por Ortiz y Riascos (2006) encontró tasas de acumulación de carbono muy similares (entre 2,10 y 2,80 tC ha⁻¹ año⁻¹) en cacaotales con densidades entre 100-150 árboles ha⁻¹ en Talamanca, Costa Rica.

Arce, Ortiz, Villalobos y Cordero (2006) indican que el SAF con cacao acumuló más carbono que los demás sistemas, superando en 52 y 55% a los SAF con banano (36,50, 24,00 y 23,05 tC ha⁻¹, respectivamente). Fonseca, Alice, Montero, Toruño, y Leblanc . (2006) realizaron estudios de la acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* y *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica, donde los bosques secundarios almacenaron

un total de 154,09 tC ha⁻¹ a los 18 años de edad. La biomasa total de los bosques secundarios de 28,09 t ha⁻¹ a los 5 años a 67,90 t ha⁻¹ a los 18 años, lo cual representa una tasa de fijación promedio de 3,00 tC ha⁻¹ año⁻¹. Hughes (1999) citado por Fonseca et al. (2006) encontraron una biomasa promedio de 272,01 t ha⁻¹ a los 16 años de edad. Corrales (1998) citado por Fonseca et al. (2006) encontró 162,01 t ha⁻¹ de biomasa en bosques secundarios de 15 años y 324,1 t ha⁻¹ en bosques primarios en climas húmedos y muy húmedos de Costa Rica. El suelo almacenó el 86% del carbono total del sistema, pasando de 73,00 tC ha⁻¹ en la línea base (pastura) a 125,30 tC ha⁻¹ a los 18 años. Cifuentes, Josbe, Watson y Kaufman (2004) encontraron existencias de carbono orgánico del suelo de 93,50 tC ha⁻¹, con valores similares entre bosques primarios y secundarios. Feldpausch (2004) citado por Fonseca et al. (2008) encontraron una tasa de acumulación de carbono en el suelo de 42 a 84 tC ha⁻¹ hasta 45 cm de profundidad en bosques secundarios de 12 a 14 años. Valero (2004) citado por Fonseca et al. (2006) indica que la acumulación de carbono en la biomasa es más rápida que en el suelo, pero en este la estabilidad es mayor. Los fustes de los bosques secundarios contuvieron el 7% del carbono total y el 41% del carbono almacenado en la biomasa (9,60 t ha⁻¹). La vegetación herbácea, la necromasa fina y gruesa, las ramas, hojas y raíces fueron los componentes que almacenaron la menor cantidad de carbono, variando de 0,85 tC ha⁻¹ en raíces finas a 3,20 tC ha⁻¹ en ramas y raíces gruesas (< 2,8% del carbono total por cada uno). La biomasa aérea y la necromasa almacenaron el 14% del carbono total del sistema (18,40 tC ha⁻¹).

Brown y Lugo (1992) reportaron entre 2,60 y 3,80 tC ha⁻¹ de necromasa en bosques primarios y mientras que Delaney (1997) citado por Fonseca et al. (2006) encontraron que la hojarasca representa apenas 5-6% del C total en bosques naturales en Brasil y en Venezuela reportaron entre 2,2 y 7,8%. La biomasa en los árboles, arbustos y necromasa aumentó con la edad de la sucesión, no así la biomasa de la vegetación herbácea que rápidamente se estabilizó y aun decreció con la edad del bosque o plantación forestal. La necromasa gruesa se incrementó de 0,60 t ha⁻¹ a los 5 años a 2,60 t ha⁻¹ a los 18 años; mientras que la necromasa fina se redujo de 3,10 a 6,60 t ha⁻¹ y la vegetación herbácea disminuyó de 2,90 a 2,20 t ha⁻¹ en el mismo período (Fonseca et al., 2006).

1.1.1. Cacao en el Perú

En relación a la producción mundial de cacao, esta presentó una tendencia positiva durante la década de los noventa, la cual se interrumpió hacia los años 2001 y 2002. A partir de este año al 2005, hay un nuevo crecimiento de la producción mundial del orden del 9,60%. (Ministerio de Agricultura - MINAG, 2006).

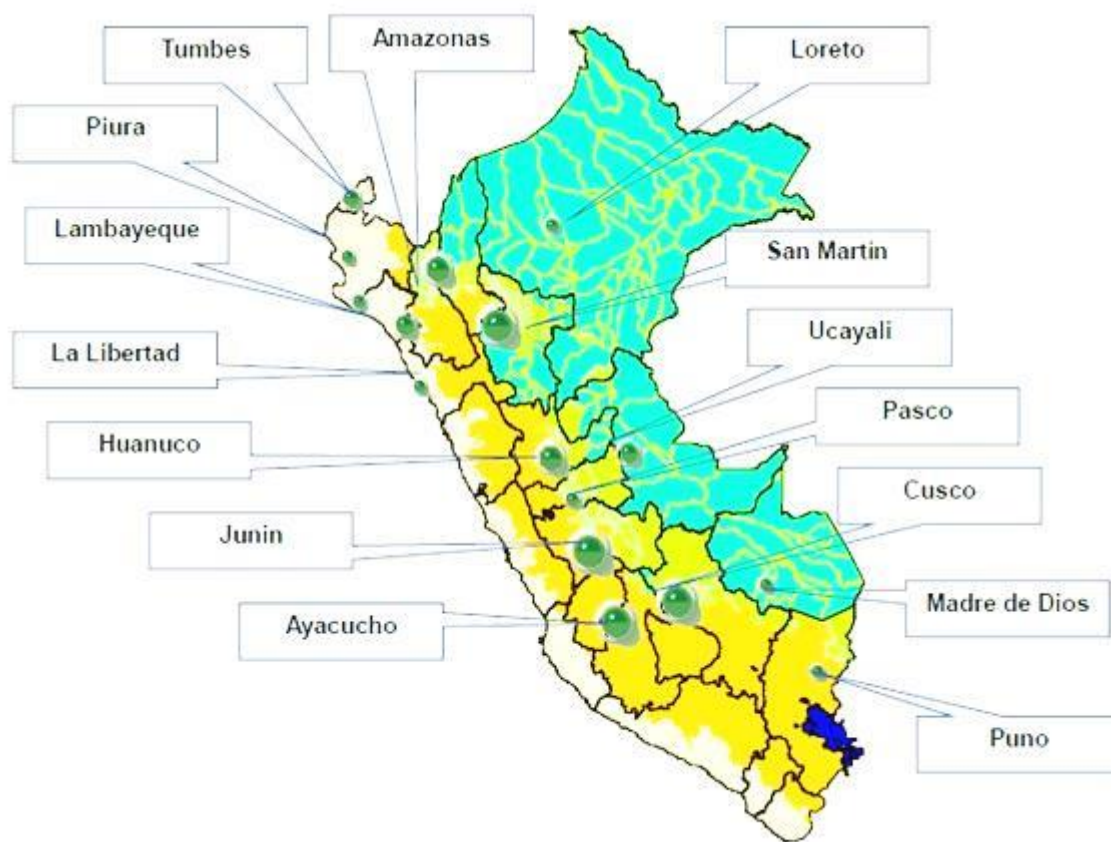


Figura 1: Cacao en el Perú

Fuente: Ministerio de Agricultura - MINAG, 2006.

Durante el año 2005 casi todo los sub grupos de las exportaciones no tradicionales presentaron un incremento en sus ventas sobre todo los que están ligados al café, cacao y esencias, los cuales crecieron en una cifra cercana al 80%. En términos de volumen, las exportaciones de productos agroindustriales se aumentaron de manera destacada, alcanzando cifras de crecimiento cercanas al 15% aproximadamente.

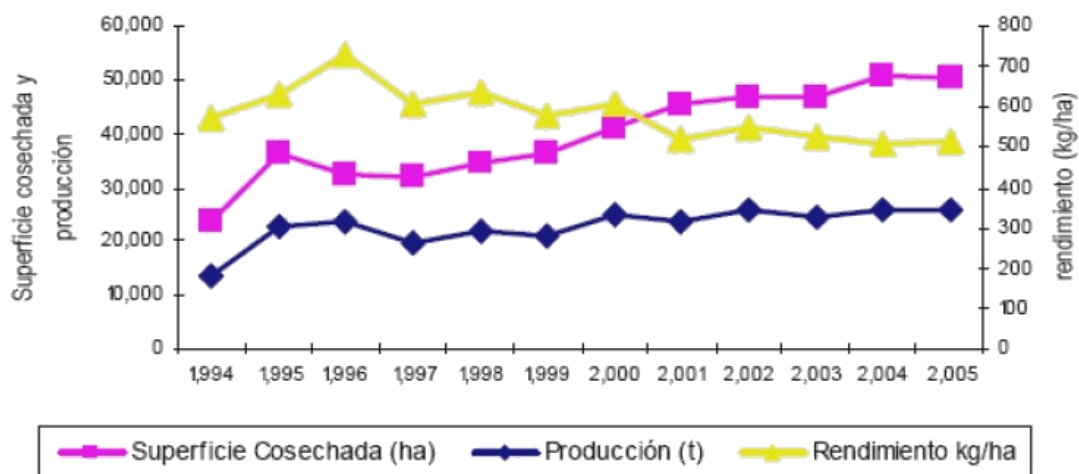


Figura 2:. Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cacao en Perú, debido a la instalación, rendimiento y manejo de plantaciones de cacao, mas extensiones rendimiento más elevado.

Fuente: Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura -FAO, 2006

1.1.2. Ranking de Rendimiento de Cacao en Grano por Departamentos (kg/ha)

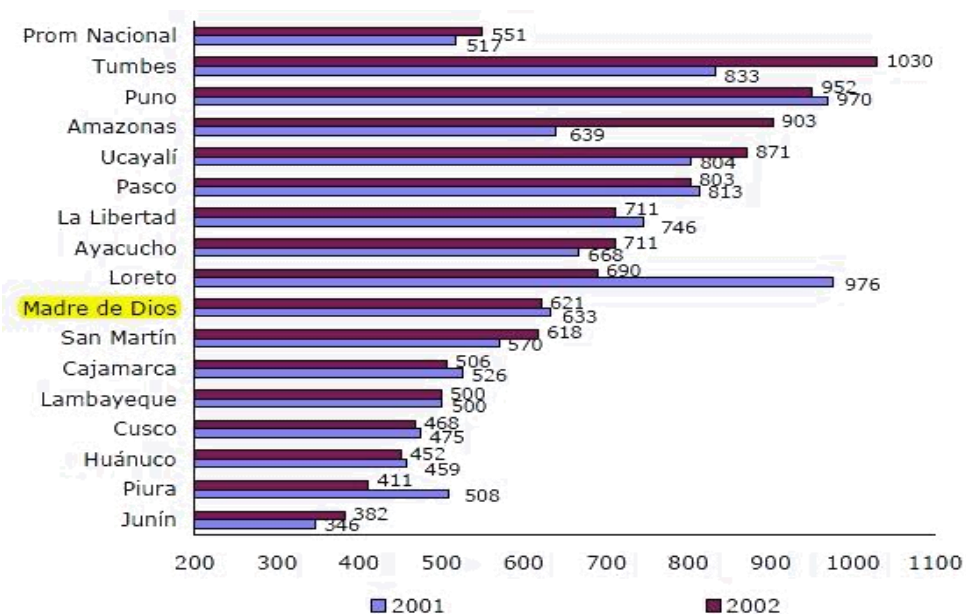


Figura 3:. Rendimiento de cacao, Madre de Dios posee el rendimiento en el año 2001 y 2002 la diferencia no es muy significativa.

Fuente: Ministerio de Agricultura - MINAG, 2003.

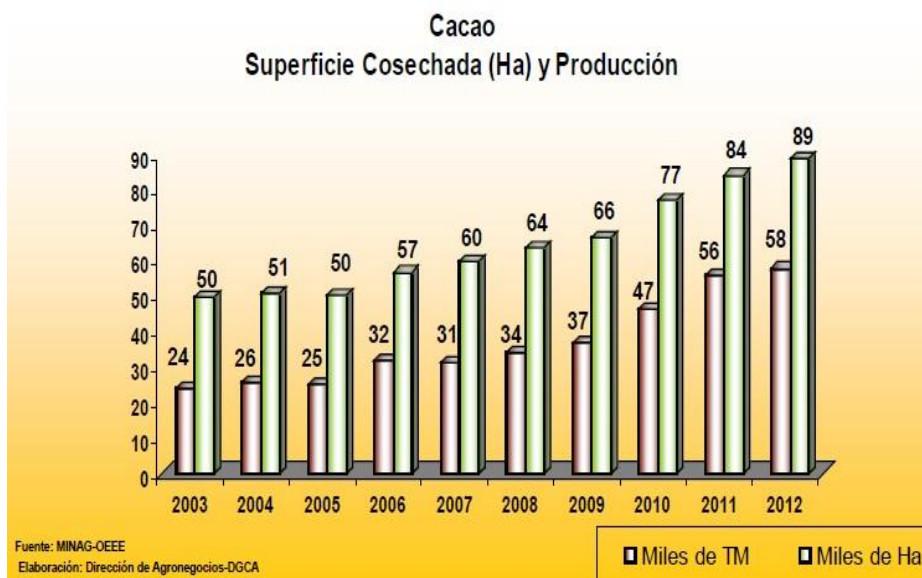


Figura 4. Aproximadamente 14 mil hectáreas con certificación orgánica.

Fuente: Ministerio de Agricultura (MINAG). 2013.

2.1.3. Distribución regional de la producción de cacao en el Perú

Tabla 1

Producción de cacao.

Región	Superficie		Producción	
	Hectáreas	%	Toneladas	%
Cusco	20170	33,70	5732	18,10
San Martín	10790	18	8411	26,60
Ayacucho	8849	14,80	6359	20,10
Junín	7079	11,80	3989	12,60
Amazonas	6191	10,40	2729	8,60
Huanuco	3705	6,20	1735	5,50
Cajamarca	1205	2,00	963	3,00
Ucayali	900	1,50	775	2,40
Piura	363	0,60	462	1,50
Tumbes	170	0,30	185	0,60
Pasco	108	0,20	96	0,30
Loreto	85	0,10	67	0,20
Puno	64	0,10	50	0,20
Madre de Dios	49	0,10	33	0,10

La Libertad	47	0,10	36	0,10
Lambayeque	26	0,00	16	0,10
Total	59801	99,9	31638	100

Fuente: Proamazonia 2006.

1.1.3. Agroexportación de principales Productos Orgánicos Peruanos valor FOB US\$

Tabla 2
Exportación de Productos orgánicos.

Producto	2011 (millones)	2012 (millones)	Var. %	Part.%	Acum.%
Café	189,42	101,21	-47	40,74	41%
Banano	70,91	83,28	17	33,52	74
Cacao	36,86	30,11	-18	12,12	86
Quinua	5,30	8,79	66	3,54	90
Maca	3,46	4,69	36	1,89	92
Resto	20,06	20,36	2	8	100
Total General	326,04	248,45	-24		

Fuente: Ministerio de Agricultura MINAG, 2003.

En Madre de Dios existe un escaso interés de parte de las empresas privadas para realizar inversiones significativas en la instalación de nuevas áreas de cacao, contrasta con la actitud hacia otros cultivos como castaña, arroz, plátano, caña de azúcar, forestales para madera o venta de bonos de carbono, etc.

En Marzo del 2013, Los socios de la cooperativa Agraria Cacaotera de Madre de Dios, que integran esta la Mesa Técnica de cacao se encuentran motivados e interesados por el negocio de producción y comercialización del cacao.

1.2. 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: 1) Comercio de Emisiones (CE) 2) Implementación Conjunta (IC) y 3) Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).

- **Certificado de emisiones (CE)**

Este mecanismo 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, AAU’s por sus siglas en inglés, Castro y Acevedo (2002).

- **Implementación Conjunta (IC)**

Como su nombre lo indica, este mecanismo permite la reducción de emisiones de Carbono de manera conjunta entre los países del anexo I. 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, ERU's por sus siglas en inglés (United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC, 2005).

1.3 El Protocolo de Kyoto y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

El Protocolo de Kyoto, fue adoptado en Diciembre de 1997, en el marco de la tercera Conferencia de las Partes (COP) como una iniciativa de seguimiento a los lineamientos establecidos por la Convención Marco sobre el Cambio Climático. Este tratado busca lograr la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un 5% para el quinquenio 2008 - 2012 con respecto a 1990.

Rojas (2000) afirma “existen diferencias de acercamientos y enfoques para entender el Mecanismo de Desarrollo Limpio MDL. Por una parte, los países industrializados ven el MDL como una forma de cumplir sus compromisos de reducción de emisiones, en tanto que los países en desarrollo lo ven como un instrumento para la transferencia de tecnologías y financiación de iniciativas que impulsen su desarrollo sustentable”.

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

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

Se estableció que el compromiso sería obligatorio en el cumplimiento cuando lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55% de las emisiones de CO₂ con la ratificación de Rusia en Noviembre de 2004, después de conseguir que la UE pague la reconversión industrial, así como la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras, el protocolo ha entrado en vigor.

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

El gobierno de Estados Unidos firmó el acuerdo pero no lo ratificó, por lo que su adhesión sólo fue simbólica hasta el año 2001 en el cual el gobierno de Bush se retiró del protocolo, no porque no compartiese su idea de fondo de reducir las emisiones, sino porque considera que la aplicación del Protocolo es ineficiente e injusta al involucrar solo a los países industrializados y excluir de las restricciones a algunos de los mayores emisores de gases en vías de desarrollo (China e India en particular) lo cual considera que perjudicaría gravemente la economía estadounidense.

1.4 Acciones emprendidas para Captura de CO₂ en el Sector de Cambio de Uso del Suelo y Actividades Forestales.

El establecimiento de plantaciones forestales para captura de CO₂ se remonta al año de 1988, cuando el World Resources Institute (WRI) empezó a evaluar proyectos forestales a petición del AES (Applied Energy Service Inc.) quien buscaba encontrar la posibles formas de mitigación de las emisiones de dióxido de carbono producidas por una planta termoeléctrica de carbón de 183 megavatios en Connecticut (USA) con una emisión potencial de 14,1 millones métricos de toneladas de carbono (52,1 millones de toneladas de CO₂ en más o menos 40 años de vida del proyecto). La idea surgió de CARE (organización no gubernamental que efectúa proyectos de carácter social en países pobres) quien desde la década de los setenta manejaba proyectos agroforestales y silviculturales, los cuales, eran apoyados por la dirección de bosques de Guatemala. Este proyecto incluyó plantaciones comunales de más de 12 000 hectáreas; parcelas agroforestales con pino y eucalipto para productos maderables y prácticas agroforestales en unas 60 000 hectáreas de tierra agrícola para leña, forrajes, fijación de nitrógeno, producción de frutas y nueces; plantación de 2880 kilómetros de cercas vivas; construcción de terrazas para proteger 2000 hectáreas de laderas vulnerables; y finalmente, programas de extensión y capacitación comunitaria (Ávila, 2002).

El proyecto de captura de carbono y manejo sustentable iniciado en 1996 en el estado de Chiapas (México), para las regiones del Tojolobal y Tzeltal, involucró además del

manejo de los bosques naturales, un componente agroforestal con especies de pino y eucalipto.

Para la zona del Tojolobal, la metodología propuesta, se basó en la medición del Incremento Corriente Anual (ICA) para estimar el diámetro promedio de plantaciones de diferentes rangos de edad y condiciones de crecimiento, para posteriormente estimar un Incremento en la captura de CO₂ con ayuda de ecuaciones y análisis estadístico de biomasa relacionando un diámetro a la altura del pecho (DAP) y el porcentaje de captura de CO₂. En la zona del Tzeltal ésta determinación de captura se logró por la obtención de los promedios de las especies mayores y de rápido crecimiento en relación con la edad de los barbechos aplicando las ecuaciones de regresión de Brown (1992) para un valor de contenido de carbono en la materia seca. Así mismo se consideraron las captaciones para árboles al final de las rotaciones por manejo silvicultural. De igual forma se han adelantado proyectos tales como el de silvicultura comunitaria en La Sierra Norte de Oaxaca que tiene como objetivo el mantener áreas comunales protegidas mediante la conversión de tierras agrícolas a sistemas agroforestales y aumentar la superficie arbolada mediante la regeneración de claros forestales. Para este proyecto en particular, la evaluación del almacenamiento se efectúa empleando el modelo predictivo LUCS (Land Use and Carbon Sequestration), desarrollado por el World Resources Institute. Un proyecto similar desarrollado en la región de Querétaro busca estableció programas de forestación natural y mejoramiento comunitario mediante la plantación de árboles en casi 14 mil ha. El cálculo de la

reducción de las emisiones de CO₂ se efectúa mediante el modelo Graz Oak Ridge Carbon Accounting Model - GORCAM para captura y flujo de carbono Brown (1992).

1.5 Efecto Invernadero y Gases de Efecto Invernadero (GEIs)

El efecto de invernadero (o invernáculo), consiste en la retención de energía calórica en la atmósfera inferior debido a la absorción y reflexión por parte de las nubes y ciertos gases presentes en la atmósfera. La radiación solar visible (de baja longitud de onda) atraviesa la atmósfera y calienta la superficie de la Tierra, la cual a su vez emite radiación térmica (de alta longitud de onda), parte de la cual es retenida por los gases de efecto invernadero (GEIs). “Si bien es cierto que el principal causante del calentamiento global es el dióxido de carbono, es necesario mencionar otros gases como el metano, el óxido nitroso y los clorofluorcarbonados que a pesar de poseer concentraciones mucho más bajas en la atmósfera comparativamente con el CO₂, potencialmente tienen niveles de calentamiento mucho mayores” (Rodriguez y Gonzalez, 2000) . El metano (CH₄) es el gas de efecto invernadero más importante después del vapor de agua y el CO₂. Las concentraciones de metano han incrementado de 700 ppbv en la época preindustrial a 1700 ppbv en la actualidad (Etheridge et al., 1992; Prather et al., 1995; citado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC, 2000). Cerca de 550 Mt CH₄/año son emitidas a la atmósfera de una variedad de fuentes; reacciones químicas con radicales OH y liberación por remoción de suelos. El ciclo de vida del metano con respecto al sumidero OH es de casi nueve años IPCC (2000).

Estimaciones globales de CH₄ y N₂O que son influenciados por actividades de uso de la tierra.

Tabla 3
Fuentes de metano.

Fuentes de metano	Mt CH ₄ /año	GtC-ep/año
Ganadería (fermentación, entérica y desperdicios)	110 (85 - 130)	0,60 (0,50 - 0,70)
Cultivo de arroz	60 (20 - 100)	0,70 (0,10 - 0,60)
Quema de biomasa	40 (20 - 80)	0,80 (0,10 - 0,50)
Humedales naturales	115 (55 - 150)	0,70 (0,30 - 0,90)

Fuente: Prather et al., 1995. Citado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC, 2000.

1.6 La Importancia de los Sistemas Agroforestales como Sumideros de Carbono.

Los sistemas de uso de la tierra que requieren de cultivo intensivo pueden resultar en emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs), globalmente significativas (Dixon et al, 1994). Las prácticas agroforestales como la labranza reducida, la incorporación de residuos de cultivo, la aplicación de abono verde y cieno (sedimentos) en el campo y rotaciones utilizando cultivos de coberturas o cultivos leguminosos, proporcionan o retienen el carbono en los suelos por décadas e incluso por siglos.

El almacenamiento de carbono es un servicio ambiental que valoriza la incorporación de especies arbóreas en sistemas agroforestales, y representa un atractivo para el financiamiento de proyectos de inversión en el ámbito regional y nacional (Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC, 1996).

Dixon (1995) manifestó que “el uso de prácticas de manejo forestal y agroforestal sostenibles en 500 a 800 millones de hectáreas, en doce a quince naciones claves, podrían capturar potencialmente de 0,50 a 1,50 x 10⁹ toneladas de carbono terrestre que son emitidas actualmente a la atmósfera como gases de invernadero”. Durante la década de los noventa, se efectuaron estudios a nivel mundial sobre opciones agroforestales de manejo que conservaran y capturaran el carbono terrestre. Los resultados obtenidos se categorizaron según su efecto sobre los procesos de emisión o captura de GEIs. Houghton (1993) establecieron la importancia de los sistemas agroforestales (SAFs), según el impacto de dichas prácticas sobre el flujo de gases de invernadero; prácticas agroforestales que resulten en un incremento de la biomasa, captura y conservación de carbono y áreas de tierra potencialmente aptas para sistemas agroforestales.

El estudio reveló que algunos componentes de los sistemas agroforestales como árboles, suelos y rumiantes determinan parcialmente el flujo neto de gases de efecto invernadero. Las prácticas que promueven la emisión de gases de invernadero incluyen cultivos migratorios, mantenimiento de pasturas, arrozales, fertilización con nitrógeno y producción de rumiantes. El dióxido de carbono es liberado de la vegetación y los suelos después de la labranza, recolección de leña y cuando se quema vegetación o residuos.

1.7 Fijación de Carbono en Plantas.

Los procesos de fotosíntesis y respiración son funciones de muchas variables de tipo ambiental y vegetal, incluyendo la radiación solar, la temperatura y humedad del aire y del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, el ozono atmosférico y otros contaminantes, el área foliar y la nutrición foliar. El cambio climático por consiguiente afecta estos procesos de muchas formas. La fotosíntesis probablemente se reduce por un incremento en la cobertura de las nubes o se incrementa por el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico. Todos los procesos respiratorios son sensitivos a la temperatura, así como al incremento poblacional de órganos respiratorios, tales como raíces finas y organismos heterotróficos del suelo. Por lo tanto, “la respiración del suelo” es una función de la temperatura del suelo, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático IPCC (2000)

1.8 Precios y mercado actual de proyectos de Captura de carbono

El total del mercado es de US\$ 92,34 millones de dólares. El mercado a través de la Implementación Conjunta (IC) del Protocolo de Kyoto: asciende a US\$ 7,63 millones, con un total de 13,07 millones toneladas [\$0,58/t], actualmente se han realizado 24 transacciones en este marco, las cuales representan 136 862 hectáreas. 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 fue 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 dólares por hectárea al año, según la bolsa de valores.

Tabla 4
Mercado de carbono.

Carbon Markets: Trading Activity			
Markets	Vintage	Mid Price (\$)*	Last Trade (\$)*
CCX	2005	4,25	4,30
EU ETS	2006	11,30	n/a
NSW	Spot	9,62	9,60
All prices are US\$/per t CO ₂ , under rules established by each market.			
Markets Snapshot.			
Market Volume		US\$ 92 344 37	
Transaction Volume		38 Transactions	
Land Area Protected Restored		886,36 ha	

Fuente: www.ecosystemmarketplace.com, 2007.

1.9 Mercados voluntarios

Consisten en un número de diversos mercados de carbono, incluyendo varios esquemas reguladores. Como piloto para la captura de gases de efecto invernadero, el CCX – Chicago Climate Exchange (190 South LaSalle Street, Chicago, Illinois, USA), funcionó del 2003 al 2006, actualmente le tomó la posta Oregon – Estados Unidos y New South Wales NSW Australia, dada la carencia de compromiso de estos países frente a la iniciativa y la falta de la actividad de la legislación de gases de efecto invernadero, un número de esquemas reguladores del estado-conducidos han emergido en torno a los gases de efecto invernadero dos de los más prominentes de éstos son el esquema de la disminución de NSW de Australia (cubierto por separado por MarketWatch) y el estándar del CO₂ de Oregon, que generan un gran impacto a nivel

de estos gobiernos. Europa (Esquema de comercio de emisiones de la Unión Europea - European Union Emissions Trading Écheme (EU - ETS) como se puede apreciar en la tabla 4, no invierte comprar actualmente créditos de carbono provenientes de proyectos forestales debido a los grandes riesgos que avizoran causados por pronósticos de menor humedad y posibles incendios forestales para la amazonia básicamente. La ventaja de este mercado es que tiene tendencia a crecer la desventaja es que con precios más bajos.

1,10. Proyectos

“Actualmente en Perú, existen 11 proyectos distribuidos en 6 zonas del país, representando 67,39 ha, y una inversión de US\$ 52,58 millones.” Entre ellos la ONG Asociación para la Investigación y Desarrollo Rural (AIDER) con su proyecto con un bosque seco en Piura, es el más cercano a obtener el visto bueno de la Presidencia Ejecutiva del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Ellos adaptaron la metodología albanesa, pues el tipo de sistema agro silvopastoril de su proyecto encaja con el de la propuesta albanesa.

CAPITULO II

II. METODOLOGIA Y MÉTODOS

2.1. Localización del área o ubicación geográfica de las parcelas. Se consideró como herramienta base la imagen Landsat 2012, por medio del programa Arc GIS 10,2 se ubicaron los puntos de muestreo para contar con una representación gráfica de las áreas identificadas para realizar el estudio.

A partir de la selección de los sitios para la ubicación de las parcelas agroforestales, de acuerdo a los criterios planteados en la Fase I del presente trabajo, se ubicaron los puntos de georreferenciación que se muestran en la Figura 5, se consideró diferentes puntos de referencia. En la Tabla 5 se muestra la ubicación de las parcelas agroforestales.

2.2. Técnica de análisis de datos o metodología

2.2.1. Fase I. Selección del área de estudio. Se evaluaron cuatro sistemas agroforestales en el ámbito de los sectores San Francisco de Asís del distrito Las Piedras, Bajo Colorado del distrito de Madre de Dios, Tigremayoc del distrito de Huepetuhe y Monte Sinaí del distrito de Tambopata. Cada uno de los sistemas estuvo provisto de diferentes combinaciones con diferentes edades de 8 años, 10 años, 12 años y 15 años de edad cuyo cultivo principal

es el cacao, los facilitadores fueron agricultores. El clima es semiseco, cálido con una temperatura promedio de 28,50° C y una precipitación anual de 3 000 y 6 000 mm anuales. Esta zona tiene un paisaje de terraza media y terraza baja, de topografías planas a casi a nivel (Gobierno Regional de Madre de Dios - GOREMAD, & Instituto de investigación de la Amazonia Peruana, - IIAP, 2009). Según Holdridge en el sistema de Zonas de Vida, la unidad central es la zona de vida la cual comprende temperatura, precipitación y evapotranspiración; dicha información sirvió para la similitud de las condiciones ambientales en las parcelas, así como también, con el fin de agrupar y analizar las diferentes poblaciones y comunidades bióticas, para así aprovechar mejor los recursos naturales sin deteriorarlos y conservar el equilibrio ecológico (Puelles, 2011).

- Bosque muy húmedo - Subtropical (bmh-S),
- Bosque muy húmedo - Subtropical transicional a Bosque pluvial – Subtropical (bmh-S a bp-S),

Tabla 5

Ubicación geográfica y referencia de las parcelas agroforestales establecidas en los diferentes sectores.

Sistema agroforestal	Edad	Distritos	Sector	Facilitador	Altitud	Coordenadas UTM Datum WGS 19S	
Cacao, Castaña y Copoazu,	8 años	Las Piedras	San Francisco	Jhony Curi	224 m	431071E	8596115N
Cacao, Pashaco y Shihuahuaco	10 años	Huepetuhe	Tigremayoc	Timoteo Paco Condori	206 m	463352E	8593065N
Cacao, Castaña, Achihua y Pashaco	12 años	Madre de Dios	Bajo Colorado	Teresa Aguilar Quispe	270 m	347553E	8599735N
Cacao, Castaña y Pijuayo	15 años	Tambopata	Monte Sinai	Teofilo Laura Tincusi	419 m	471741E	8595113N

Fuente: Elaboración propia (2017).

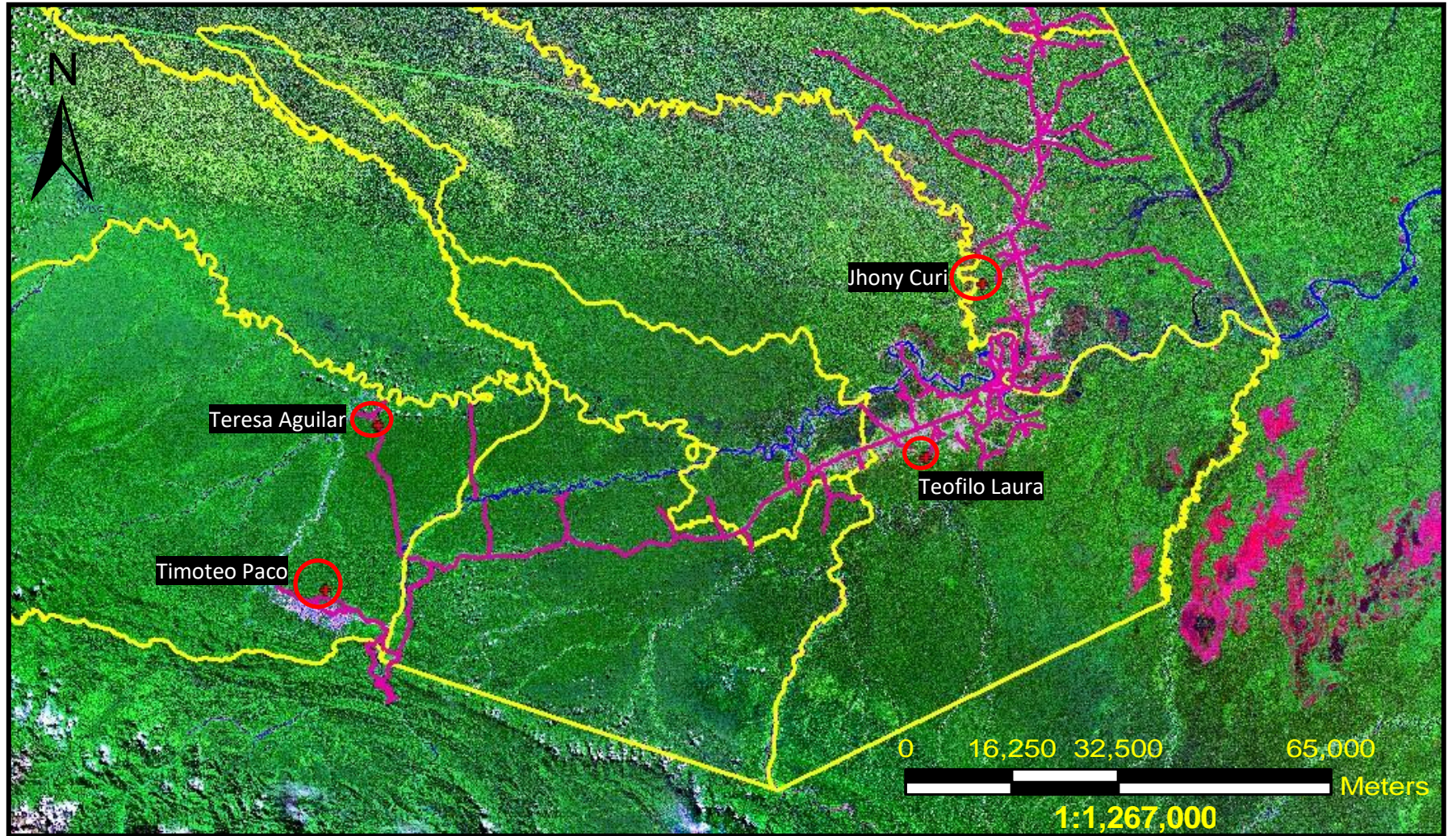


Figura 5. Ubicación de las parcelas agroforestales, departamento de Madre de Dios. LanSat 2012.

Fuente: Alarcón (2010).

Muestreo de suelo en los cuatro sectores. En esta fase se procedió a coleccionar muestras de suelo en bolsas herméticas y codificadas, posteriormente fueron secadas y tamizadas, para determinar la densidad aparente se utilizó el método de cilindro de volumen propuesto por Peña (2008). Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de suelo y agua de la Universidad Nacional Agraria la Molina - UNALM.

2.2.2. Fase II. Diseño de muestreo y toma de datos. Según Acosta citado por Larrea, 2007 y Arevalo, 2003, En cada uno de los sistemas se usaron transectos donde se evaluó y determinó transectos al azar, tratando de tener una mayor dispersión y variación. Se consideró diferentes muestras de biomasa aérea para la estimación de la cantidad total de carbono en cada ecosistema, considerando:

Tabla 6
Toma de datos por ecosistema.

Categoría por ecosistema
Inventario de árboles en pie (vivos o muertos, se consideraron todos los árboles).
Inventario de árboles caídos muertos.
Vegetación herbácea y arbustiva.
Hojarasca.

Fuente: Arévalo (2003).

Biomasa Arbórea. Se utilizó la metodología desarrollada por el Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería-ICRAF. Citado por Arévalo y Alegre (2003), cuando los árboles oscilen entre 2,5 y 30 cm. de diámetro. Se marcaron parcelas de 4 x

25 m. en las que se midió la altura (H) y diámetro a la altura del pecho (DAP) de los árboles vivos, parados, muertos y caídos muertos. Si hubiese ramificado por debajo de 1,3 m. (DAP), se midió el diámetro y altura.

Biomasa Arbustiva y Herbácea. Se eligió al azar dos cuadrantes de 1 x 1 m. en cada una de las sub-parcelas de 4 x 25m, según sea el caso. En estas se cortó toda biomasa epigea procedente de arbustos menores a 2,5 cm. de diámetro y la biomasa herbácea.

Biomasa de Hojarasca. Dentro de cuadrantes de 1 x 1 m. se tomaron sub-cuadrantes de 0,5 m x 0,5 m. En ellos se pesaron la hojarasca acumulada, para después tomar una sub-muestra.

FÓRMULAS: (Arévalo y Alegre., 2003).

Biomasa Arbórea Viva: Cálculo de Biomasa vegetal (BA)

BA = fórmula estándar

$$\mathbf{BA = 0,1184 DAP ^ 2,53} \qquad \mathbf{(Ecuación 1)}$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho

0,1184 y 2,53 = constantes

BA = biomasa de árboles vivos y árboles muertos en pie.

Biomasa Arbórea Viva Total (BAVT)

$$\text{BAVT (t/ha)} = \text{BTAV} \times 0,1 \text{ o } \text{BAVT (t/ha)} = \text{BTAV} \times 0,2 \quad (\text{Ecuación 2})$$

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

0,1 se usa cuando la parcela es de 4 m x 25 m.

$$\text{Para árboles caídos muertos} = \text{BACM} = 0,4 \times \text{DAP}^2 \times \text{L} \times 0,25\pi \quad (\text{Ecuación 3})$$

DAP = Diámetro a la altura del pecho

L = Largo del tronco

$\pi = 3,1416$

0,4 y 0,25 = constantes

Cálculo de la biomasa arbustiva herbácea

BAH (t/ha) se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{BAH (t/ha)} = ((\text{PSM}/\text{PFM}) \times \text{PFT}) \times 0,01 \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde,

BAH = biomasa arbustivo/ herbácea, materia seca.

PSM = peso seco de la muestra colectada

PFM = peso fresco de la muestra colectada

PFT = Peso fresco de la muestra colectada

0,01 = factor de conversión para herbácea

Hojarasca(t/ha)

Se registró el peso fresco total por 0,25 m²; de ésta se sacó una muestra y se registró su peso; se colocó en bolsas de papel debidamente codificadas y se secaron en estufas a 75 °C hasta obtener el peso seco constante ((Arévalo y Alegre., 2003).

El peso seco así obtenido se llevó a t/ha y multiplicó por el factor 0,45 para obtener la cantidad de carbono por hectárea (C/ha) en la hojarasca. Se asume que el 45 % del peso seco constante de la biomasa vegetal es carbono.

Cálculo del contenido de carbono en la biomasa vegetal

$$CC = B \times 0,45, \text{ donde } B = \text{Biomasa vegetal} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Cálculo del carbono total Aereo

$$CB = CAb + CCHoj \quad (\text{Ecuación 6})$$

CB = Carbono biomasa

CAb = Carbono arbóreo

CCHoj = Carbono hojarasca.

Carbono orgánico en el suelo.

Una vez obtenida la densidad aparente y el porcentaje de carbono, los cuales son obtenidos en el laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas de la Universidad

Nacional Agraria la Molina, se procedió a utilizar la siguiente ecuación citado por Larrea (2007).

$$CS(tC/ha) = CC \times DA \times P \text{ (Ecuación 7)}$$

Dónde:

- CS : Carbono en el Suelo ($tCha^{-1}$)
 CC : Contenido de Carbono (%)
 DA : Densidad Aparente (g/cm^3)
 P : Profundidad de muestreo (0-30 cm)

2.2.3. Fase III. Diseño experimental.

El análisis estadístico de la presente investigación estableció en primera instancia un resumen descriptivo sobre valores promedios de contenido de carbono por estructuras, varianzas, desviaciones estándar, valores máximos y mínimos, rangos.

Se realizó un análisis estadístico con el modelo de gráficos de caja (Tool box) mediante el software estadístico de STATGRAFF y SSPS statistics. Este análisis muestra la distribución de todos los datos y los comparó gráficamente en función de la variabilidad de las muestras. Así también la aplicación del análisis estadístico propuesto para esta investigación en un diseño anidado, en el cual se pretendió efectuar comparaciones entre edades (parcelas), especies, compartimientos y estructuras. El término anidado significa que cada tratamiento (estructuras, compartimientos, especies y edades), se “anida” y/o se incluye dentro de una categoría

(tratamiento) superior. En este caso, se puede decir que las estructuras (hojas, tronco, hojarasca, etc) se anidan en los compartimientos (biomasa aérea, necromasa y suelo); las cuales a su vez se anidaron en las especie cacao; las cuales finalmente se anidaron en las edades (parcelas de 8, 10, 12 y 15 años). Gráficamente el diseño anidado se esquematiza según la gráfica.

Tabla 7

Cuadro de comparación para Tool box.

Tipos de biomasa (t/ha)	Sectores			
	San Francisco	Tigremayoc	Bajo Colorado	Monte Sinai
Aérea	0,50	0,70	0,90	1,10
Necromasa	0,50	0,70	0,90	1,10
Suelo	0,50	0,70	0,90	1,10
Total	1,50	2,10	2,70	3,30

Fuente: Elaboración propia (2017).

Población. Cada parcela posee extensiones de 1 a 2 hectáreas, pero el área de estudio en cada parcela posee 1000 m² el cual cumple con las variables y similitudes para la evaluación.

Según Acosta citado por Larrea (2007) y Arevalo (2003) se procedió al muestreo representativo del 10% en cada área de estudio o distrito. Con parcelas de muestreo de 4 m x 25 m según la metodología de evaluación propuesto por Consejo Internacional para la Investigación en Agroforesteria ICRAF.

CAPITULO III

III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Biomasa en los componentes aéreos y necromasa

Biomasa en las parcelas

El sistema que acumuló mejor biomasa aérea fue la parcela con cacao de 12 años, Cacao Castaña, Achihua y Pashaco con 166,60 t/ha, el cacao con un distanciamiento de 5x5 m. y las demás especies tuvieron un distanciamiento de 10 m x 10 m. El sistema posee una buena combinación agroforestal, cuyos árboles aportan buena cantidad de biomasa, además todo el aporte de la abundante hojarasca.

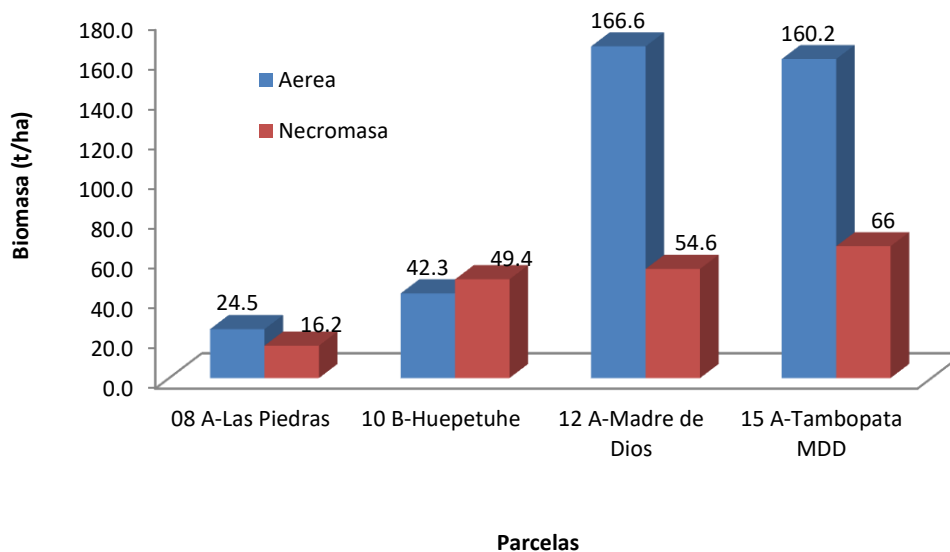


Figura 6. Biomasa del componente aéreo y necromasa de las diferentes parcelas de estudio.

En la Figura 6 se observó que las cantidad de biomasa en las parcelas de cacao aumentan a través del tiempo hasta cierta edad, sin embargo, la biomasa de hojarasca fue progresiva desde la parcela de 10 años, esto se debe a que estas parcelas poseen una pH entre 4,00 – 4,70, en parcelas de cacao tal como indica Herrera y Alvarado (1998) que los factores de sitio y suelo son las variables que determinan la calidad del terreno y el potencial productivo del sitio para un determinado cultivo, sea agrícola o forestal, pues permite estimar la productividad, cantidad de biomasa.

Según Alegre (2002) y Lapeyre (2004), los sistemas de plantación conforme van incrementando su edad a través del tiempo, son más vigorosos y por lo tanto se produce mayor acumulación de biomasa; es decir, los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan los valores más altos de acumulación de carbono. Por lo que se puede corroborar con los resultados que se obtuvo, ya que la biomasa obtenida en la plantación de cacao de 12 y 15 años fue mayor en significancia a la obtenida en la plantación de 10 años, ésta a la vez fue mayor a la plantación de 8 años, como se muestra en la tabla de resultados en el Anexo 1.

El sistema que acumuló más necromasa fue la parcela con cacao de 15 años, Cacao, Achihua y Castaña con 66 t/ha, el cacao poseía un distanciamiento de 4 m x 6 m y las demás especies tuvieron un distanciamiento de 18 m y 20 m., el sistema con una combinación agroforestal cuyos arboles aportaron necromasa cada año.

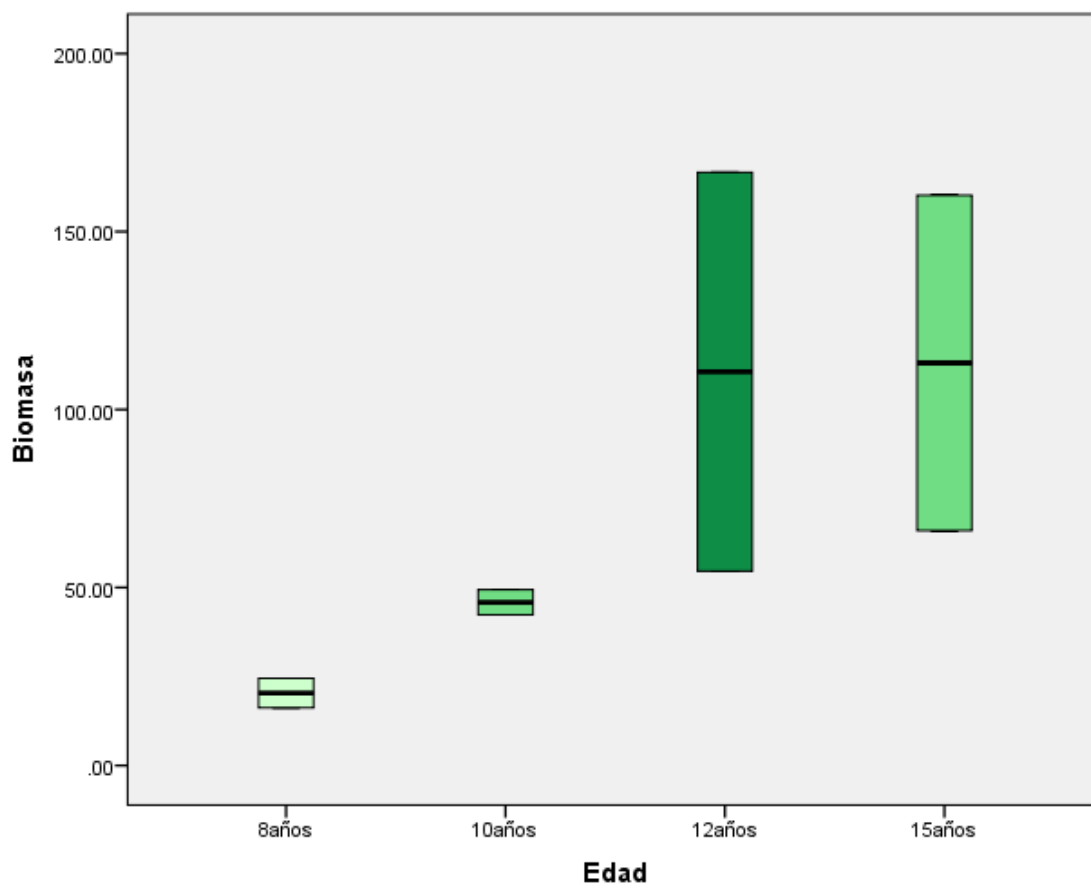


Figura 7. Flujo de biomasa en los diferentes parcelas

En la parcela agroforestal con edad de 8 años los componentes se caracterizaron por tener una biomasa media de 20,35 t/ha en estimación mínima, así como en la parcela agroforestal con edad de 10 años los componentes se caracterizan por tener una biomasa media de 45,85 t/ha, así como en la parcela agroforestal con edad de 12 años los componentes se caracterizaron por tener una biomasa media de 110,60 t/ha. y la parcela agroforestal con edad de 15 años los componentes se caracterizaron por tener una biomasa media de 113,1 t/ha,

En la parcela del distrito Las Piedras con edad de 8 años se reportó una acumulación con mínima de 16,20 t/ha y acumulación máxima de 24,50 t/ha. Para el caso de la parcela del distrito de Madre de Dios con 12 años de edad una acumulación mínima de 54,60 t/ha y acumulación máxima de 166,60 t/ha como se muestra en la tabla del Anexo 1.

Tabla 8
Datos descriptivos de acumulación de biomasa.

Descriptivos				
Edad			Estadístico	Error típ.
Biomasa	8años	Media	20,35	4,15
		Mediana	20,35	
		Varianza	34,44	
		Desv. típ.	5,86	
		Mínimo	16,20	
		Máximo	24,50	
	10años	Media	45,85	3,55
		Mediana	45,85	
		Varianza	25,205	
		Desv. típ.	5,02046	
		Mínimo	42,3	
		Máximo	49,40	
		Rango	7,10	
	12años	Media	110,60	56
		Mediana	110,60	
		Varianza	6272	
		Desv. típ.	79,19	
		Mínimo	54,60	
		Máximo	166,60	
		Rango	112	
	15años	Media	113,10	47,10
		Mediana	113,10	
		Varianza	4436,82	
		Desv. típ.	66,61	

	Mínimo	66	
	Máximo	160,2	
	Rango	94,2	

Biomasa en componentes.

Biomasa en componente aéreo y necromasa

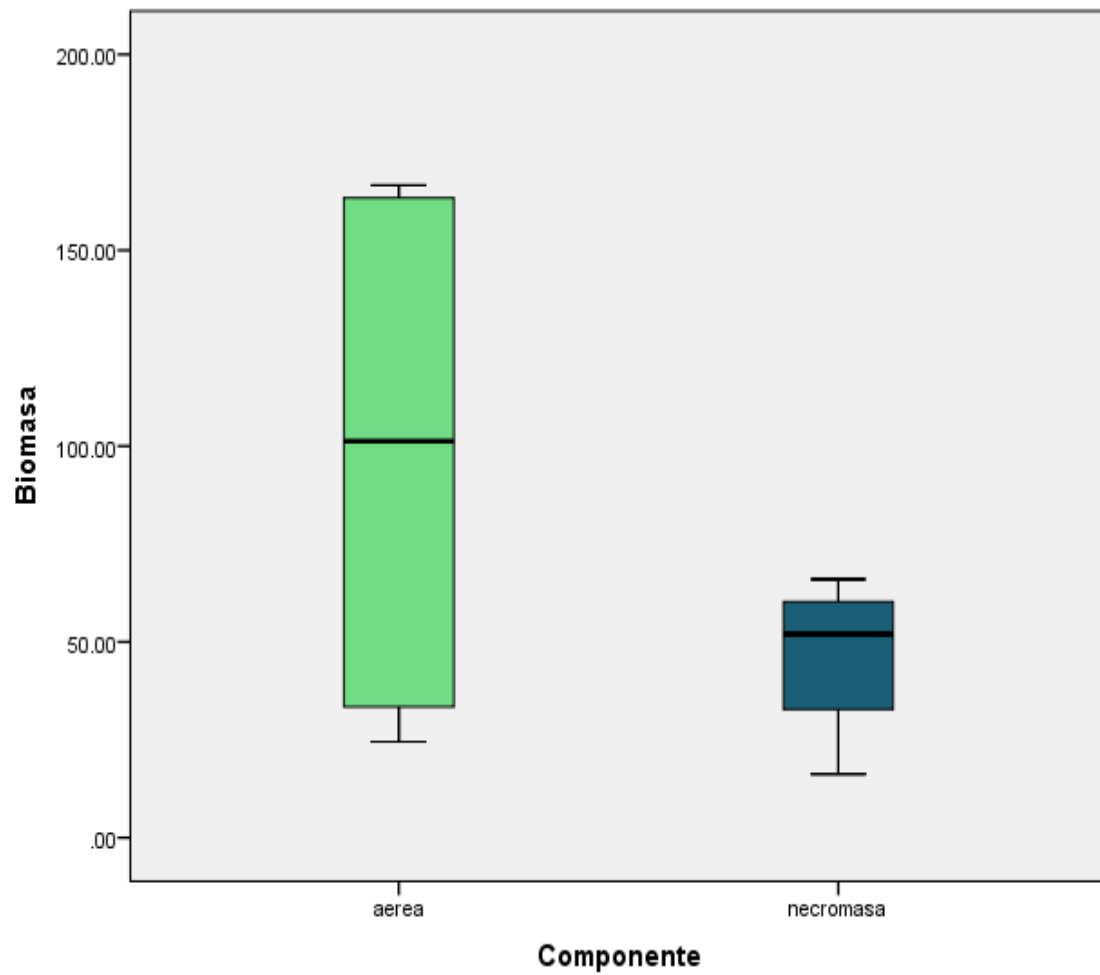
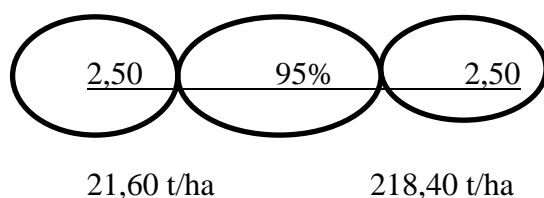


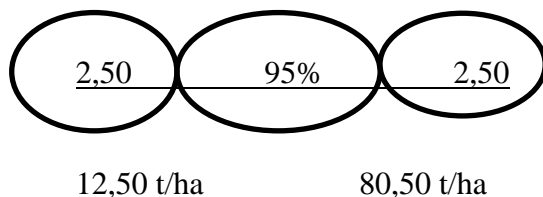
Figura 8. Flujo de biomasa en los componentes

En la figura 8, los componentes de biomasa aérea se caracterizaron por tener una acumulación media de biomasa con 98,40 t/ha en estimación mínima para el 95% de confianza del total del componente aéreo y fluctua entre 21,60 t/ha y 218,40 t/ha



En el 2,50 del total de a biomasa aérea reportaron a 21,60 t/ha y en el 2,50 superior a 218,40 t/ha, por otra parte se observó que la acumulación mínima de biomasa aérea fue 24,50 t/ha máxima de 166,60 t/ha.

En los componentes de la necromasa se caracterizaron por tener una acumulación media 46,55 t/ha en el 95% de confianza del total del componente aéreo y fluctua entre 12,50 t/ha y 80,50 t/ha



En el 2,50 del total de a biomasa aérea reportaron a 31,20 t/ha y en el 2,50 superior a 201,40 t/ha, por otra parte se observó que la acumulación mínima de biomasa aérea fue 40,50 t/ha máxima de 165 t/ha.

Tabla 9

Datos descriptivos de acumulación de biomasa en los diferentes componentes

Descriptivos					
Componente			Estadístico	Error típ.	
Biomasa	aérea	Media	98,40	37,72	
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	21,66	
			Límite superior	218,46	
		Media recortada al 5%	98,71		
		Mediana	101,25		
		Varianza	5692,99		
		Desv. típ.	75,45		
		Mínimo	24,50		
		Máximo	166,60		
		Rango	142,10		
		Amplitud intercuartil	136,05		
		Asimetría	-,042	1,01	
		Curtosis	-5,68	2,61	
		necromasa	Media	46,55	10,69
	Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	12,51	
			Límite superior	80,58	
	Media recortada al 5%		47,15		
	Mediana		52,00		
	Varianza		457,45		
	Desv. típ.		21,38		
	Mínimo		16,20		
	Máximo		66,00		
	Rango		49,80		
	Amplitud intercuartil	38,65			
Asimetría	-1,36	1,01			
Curtosis	2,36	2,61			

Probablemente los flujos de acumulación de biomasa varían según las edades fisiológicas, pero además dependen de las combinaciones de especies, de las dinámicas

de cada ecosistema particular, esto influido por su localización - latitud. Esto se deduce de las diferentes cantidades de flujos encontrados entre Madre de Dios.

Análisis de Varianza – Biomasa-Edad.

Biomasa y edad

Según la tabla de comparación Tukey no existe diferencia significativa para la biomasa aérea en las parcelas agroforestales de diferentes edades, aparentemente la biomasa aérea de parcelas de 12 y 15 años de edad posee dispersión respecto a la biomasa aérea de 8 y 10 años de edad, para el caso de la necromasa no existe diferencia significativa en biomasa para las parcelas agroforestales con diferentes edades.

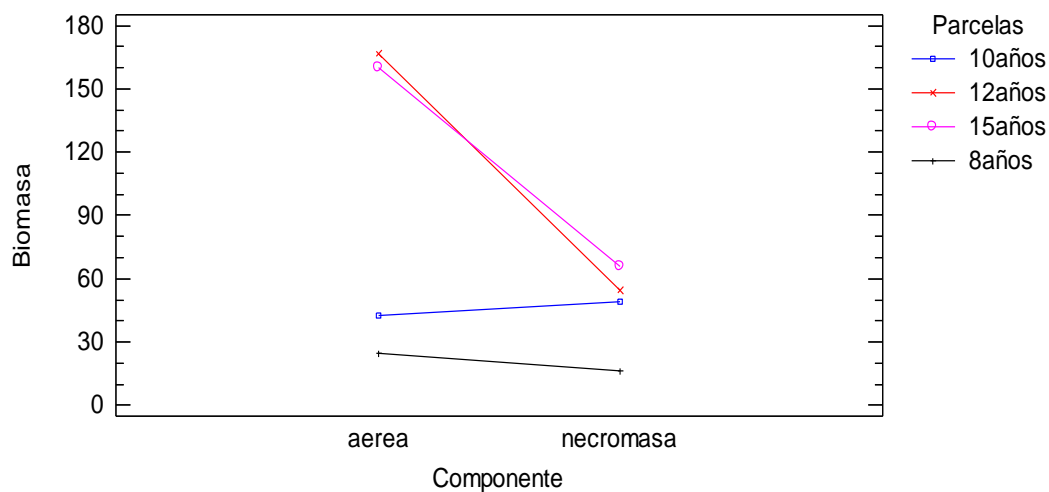


Figura 9. Interaccion de Biomasa y edad

Tabla 10
Análisis de Varianza para Biomasa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Componente	5376,84	1	5376,84	2,99	0,18
B:Parcelas	13059,60	3	4353,21	2,42	0,24
RESIDUOS	5391,63	3	1797,21		
TOTAL (CORREGIDO)	23828,10	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla 11
Pruebas de Múltiple Rangos para Biomasa por Componente, método: 95,0 porcentaje
Tukey HSD

Componente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
necromasa	4	46,55	21,19	X
aérea	4	98,40	21,19	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
aérea - necromasa		51,85	95,39	

* indica una diferencia significativa.

En la tabla 11 se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras; es decir estadísticamente los grupos son homogéneos. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado

actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 12
Análisis de Varianza para Biomasa - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Componente	5376,84	1	5376,84	2,99	0,18
B:Edad	13059,60	3	4353,21	2,42	0,24
RESIDUOS	5391,63	3	1797,21		
TOTAL (CORREGIDO)	23828,10	7			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla 13

Pruebas de Múltiple Rangos para Biomasa por Edad, método: 95,0 porcentaje Tukey

HSD

Edad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
8años	2	20,35	29,97	X
10años	2	45,85	29,97	X
12años	2	110,60	29,97	X
15años	2	113,10	29,97	X
Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites	
10años - 12años		-64,75	204,53	
10años - 15años		-67,25	204,53	
10años - 8años		25,50	204,53	
12años - 15años		-2,50	204,53	
12años - 8años		90,25	204,53	
15años - 8años		92,75	204,53	

* indica una diferencia significativa.

En la tabla 13 se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, es decir estadísticamente los grupos son homogéneos. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Comparando los resultados de la investigación de Ortiz y Riascos, 2006; y Larrea 2007, se propone la estimación de la biomasa para el cacao en función de la edad, no reflejan siempre la biomasa real del árbol, ya que muchas veces las condiciones de estrés de la planta, así como enfermedades, plagas y podas drásticas afectan su normal crecimiento, desarrollo y con ello, la biomasa de los árboles. En cuanto a semejanzas ambas tesis tuvieron en cuenta el diámetro a los 30 cm del suelo para la obtención la biomasa.

3.2. Carbono en parcelas y componentes.

Carbono y edad de parcelas

El sistema que acumuló más carbono fue la parcela con cacao de 12 años, Cacao Castaña, Achihua y Pashaco con 131,83 t/ha, el cacao con un distanciamiento de 5 m x 5 m y las demás especies tuvieron un distanciamiento de 10 m x 10 m (Figura 10).

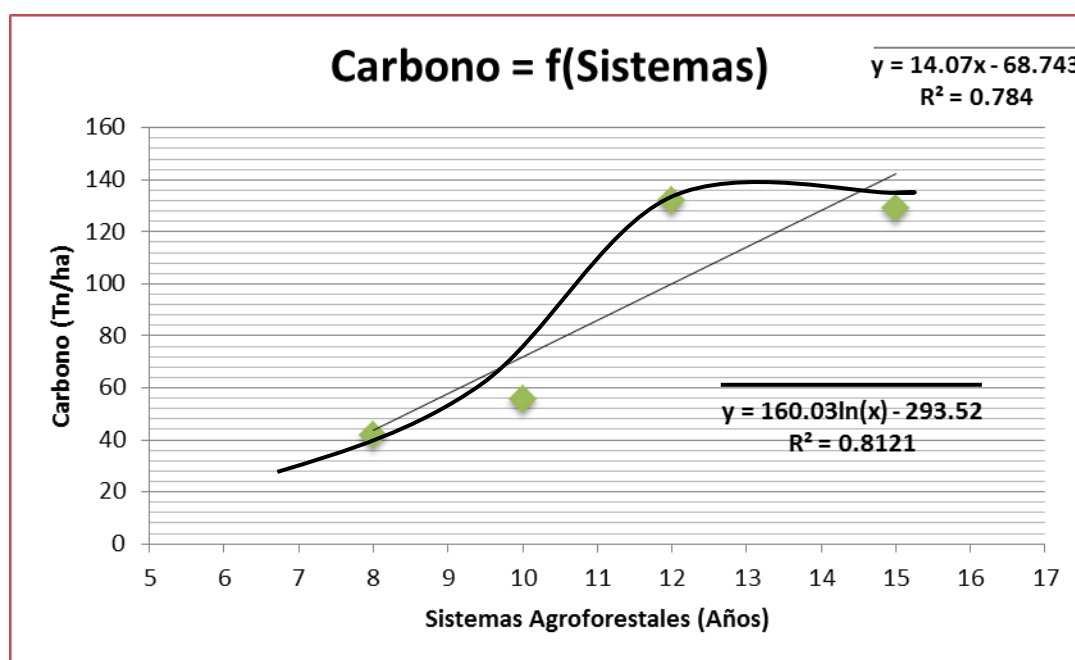


Figura 10. Dispersión de carbono en función a la edad

En las parcelas de diferentes edades se determina la dispersión de carbono con una acumulación media de 13,96 tC/ha en estimación mínima para la parcela de 8 años de edad, 18,53 tC/ha en estimación mínima para la parcela de 10 años de edad, 43,93

tC/ha en estimación mínima en la parcela con cacao de 10 años de edad y 42,94 tC/ha en estimación mínima para la parcela con cacao de 15 años de edad (Figura 11).

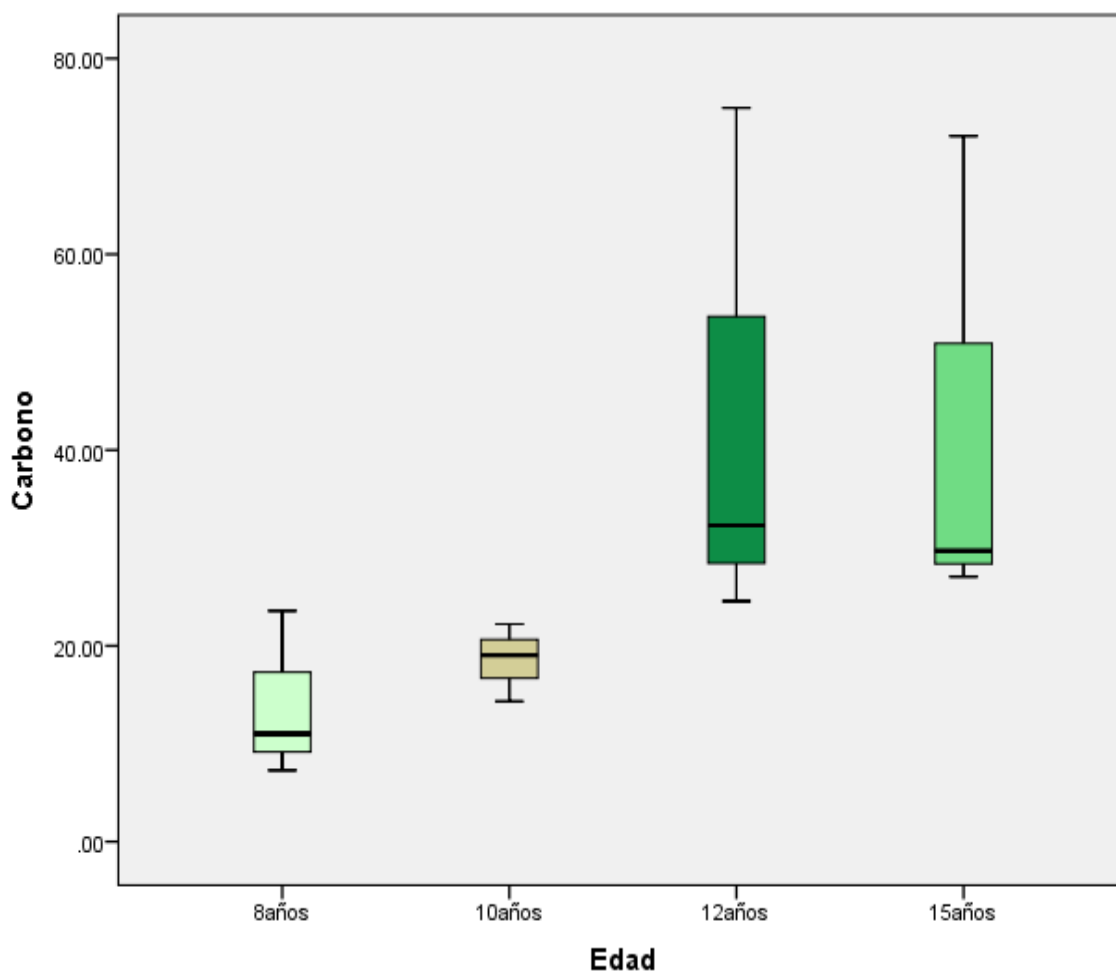


Figura 11. Flujo de carbono en las parcelas con diferentes edades.

Se reportó las cantidades de carbono almacenado en las plantaciones de cacao de diferentes edades, donde en la plantación de 12 años presenta mayor almacenamiento de carbono con 42,94 tC/ha a comparación de las otras edades, este valor obtenido no se asemeja a lo obtenido por Bringas (2010) lo cual determinó el almacenamiento de carbono en sistemas de bosques secundarios con cacao y laurel, de 9, 10 y 11 años de

edad para ambos sistemas, donde el sistema de 10 años tanto bosque secundario y cacao y laurel almacenaron 74,80 tC/ha y 69,50 tC/ha respectivamente, estas cantidades se debe a que en esta evaluación considera la especie laurel peculiar en fijación y acumulación de materia orgánica. Esto se refleja en lo mencionado por Ortiz y Riascos (2006) donde indica que el laurel asociado a un sistema agroforestal fija entre 80-85% del carbono total en la biomasa.

Tabla 14

Datos descriptivos de cantidad de carbono en parcelas agroforestales

Descriptivos					
Edad			Estadístico	Error típ.	
Carbono	8 años	Media		13,96	4,92
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	7,23	
			Límite superior	35,16	
		Varianza		72,83	
		Desv. típ.		8,53	
		Mínimo		7,29	
		Máximo		23,58	
		Asimetría		1,36	1,22
	10 años	Media		18,53	2,29
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	8,66	
			Límite superior	28,41	
		Varianza		15,80	
		Desv. típ.		3,97	
		Mínimo		14,33	
		Máximo		22,23	
		Asimetría		-0,57	1,22
	12 años	Media		43,94	15,70
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	-23,45	
			Límite superior	111,33	
		Varianza		736,03	
		Desv. típ.		27,13	
		Mínimo		24,57	
		Máximo		74,95	

15 años	Asimetría		1,57	1,22
	Media		42,94	14,60
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	-19,81	
		Límite superior	105,70	
	Varianza		638,30	
	Desv. típ.		25,26	
	Mínimo		27,06	
	Máximo		72,08	
	Asimetría		1,71	1,22

En la tabla 14 probablemente los flujos de acumulación de carbono varían según las edades fisiológicas, pero además dependen de las combinaciones de especies, de las dinámicas de cada ecosistema particular, esto influido por su localización - latitud. Esto se deduce de las diferentes cantidades de flujos encontrados entre Madre de Dios.

Además se observó un mínimo aporte de la carbono en hojarasca de 8 años, 10, 12 y 15, con 7,29 22,23, 24,57 y 29,70 t/ha respectivamente (Anexo 1); estos resultados no se asemejan con lo encontrado por Hinostraza (2012) con un promedio de 0,05 hasta 6,56 tC/ha. Esta variación podría asumir a las diversas actividades culturales, limpieza y/o plateo que se realizó en su mantenimiento, debido que agricultores optaron por retirar las hojas podadas de la plantación, mientras que en el presente estudio se excluyó parcelas con actividades silviculturales.

Realizando una comparación de la cantidad de carbono almacenado en otros tipos de cultivo De La Cruz (2010) realizó evaluaciones en plantaciones agroforestales, ubicadas en la Provincia de Tocache, Región San Martín, utilizando doce diferentes edades, el mayor almacenamiento de carbono estimado y ajustado de la biomasa

vegetal, presentó la edad de 27 años con 168,50 tC/ha y la que presentó el menor almacenamiento es la de 6 años con 95,80 tC/h, se observa que conforme incrementa el tiempo los árboles son más vigorosos, así almacenan mayores cantidades de carbono. Esto se puede contrastar con lo obtenido en las plantaciones de cacao, en la cual el contenido de carbono de estas plantaciones es mayor en la plantación de 10 y 12 años a comparación de las otras, como se aprecia en el anexo 1.

Carbono almacenado en los diferentes componentes, la dispersión de carbono se reporta con una acumulación media de 44,27 tC/ha en estimación mínima para el componente aéreo, 20,94 tC/ha en estimación mínima para el componente de necromasa, 24,32 tC/ha en estimación mínima para el componente suelo.

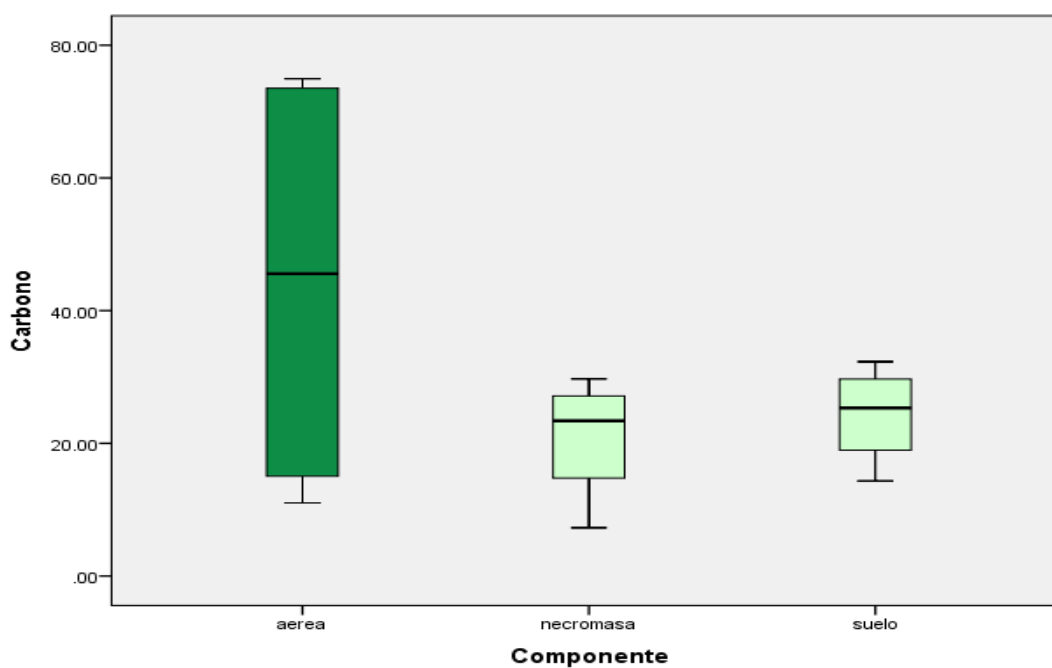


Figura 12. Flujo de carbono en los diferentes componentes

Tabla 15

Datos descriptivos de cantidad de carbono en los diferentes componentes

Descriptivos					
Componente				Estadístico	Error típ.
Carbono	aérea	Media		44,27	16,97
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	-9,73	
			Límite superior	98,28	
		Varianza		1152,09	
		Desv. típ.		33,94	
		Mínimo		11,02	
		Máximo		74,95	
		Rango		63,93	
		Amplitud intercuartil		61,21	
		Asimetría		-0,04	1,01
		Curtosis		-5,68	2,61
		necromasa	Media		20,94
	Intervalo de confianza para la media al 95%		Límite inferior	5,63	
			Límite superior	36,26	
	Varianza		92,63		
	Desv. típ.		9,62		
	Mínimo		7,29		
	Máximo		29,70		
	Rango		22,41		
	Amplitud intercuartil		17,39		
	Asimetría		-1,36	1,01	
	Curtosis		2,36	2,61	
	suelo		Media		24,32
		Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	12,28	
			Límite superior	36,35	
		Varianza		57,23	
		Desv. típ.		7,56	
		Mínimo		14,33	
		Máximo		32,31	
		Rango		17,98	
Amplitud intercuartil		14,36			
Asimetría		-0,71	1,01		
Curtosis		0,84	2,61		

En la tabla 15 probablemente los flujos de acumulación de carbono varían según los componentes y edades fisiológicas, pero además dependen de las combinaciones de

especies, de las dinámicas de cada ecosistema particular, esto influido por su localización - latitud. Esto se deduce a través de las diferentes cantidades de flujos encontrados entre Madre de Dios.

Aristizabal (2002) citado por Ortiz (2006) estimó el almacenamiento de Carbono en un sistema agroforestal laurel – cacao en un período de 15 años, encontrándose valores de 64,54 tC/ha. así también Herrera, (2010) estudió cacaotales con almacenamiento de 90,49 tC/ha en biomasa arriba del suelo con parcelas de 15 años de edad, estos resultados se asemejarían a la aristizabal encontrados en este estudio de 72,08 tC/ha en la parcela de 15 años en el distrito de Madre de Dios, sin tener en cuenta los compartimientos necromasa y suelo (Anexo 1).

En relación a reservas de carbono encontradas en la biomasa aérea, necromasa y suelo de diferentes sistemas agroforestales se cuenta con la tesis de Larrea A. Giuliana 2007 donde se reportó que la parcela de cacao con 8 años de edad alcanzo a un promedio de 73,79 tC/ha dicha parcela asociada con capirona, bolaina y caoba para el caso de la tesis de Lapeyre, 2004 citado por Larrea; quien realizó su evaluación en San Martín, entre dichos sistemas, evaluó un sistema en Tarapoto, la edad promedio del sistema fue de 15 años, con especies de sombra donde acumulo una reserva de 47 tC/ ha, valor muy cercano al promedio de los flujos encontrados en la presente tesis, fue de 72,08 t C/ ha.

Análisis de Varianza – Carbono-Edad - Componente

Flujo Carbono almacenado

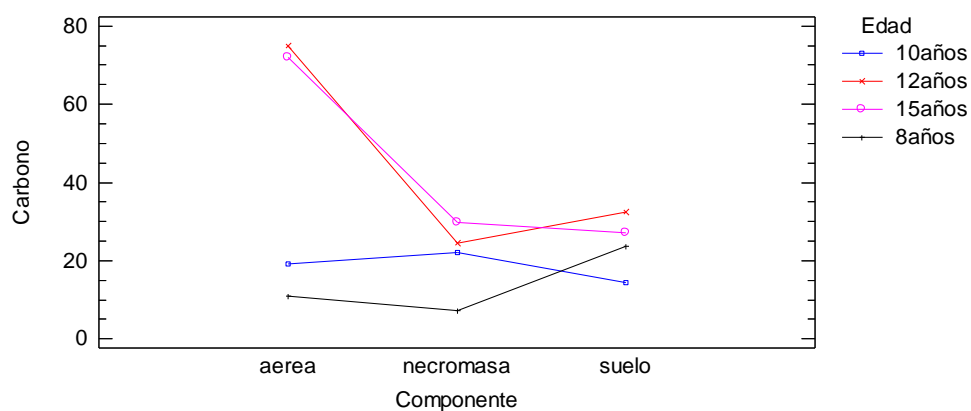


Figura 13. Flujo carbono en función a la edad y el componente

Según la tabla de comparaciones Tukey no existe diferencia significativa estadísticamente para la biomasa aérea en las parcelas agroforestales de diferentes edades, aparentemente la biomasa aérea de parcelas de 12 y 15 años de edad posee dispersión respecto a la biomasa aérea de 8 y 10 años de edad, para el caso de la necromasa no existe diferencia significativa en carbono almacenado para las parcelas agroforestales con diferentes edades.

Tabla 16
Análisis de Varianza para Carbono - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Componente	1271,66	2	635,83	2,31	0,18
B:Edad	2251,57	3	750,52	2,72	0,13
RESIDUOS	1654,30	6	275,71		
TOTAL (CORREGIDO)	5177,53	11			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Tabla 17

Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono por Edad, método: 95,0 porcentaje Tukey
HSD

Edad	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
8años	3	13,96	9,58	X
10años	3	18,53	9,58	X
15años	3	42,94	9,58	X
12años	3	43,94	9,58	X
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
10años - 12años			-25,40	46,77
10años - 15años			-24,41	46,77
10años - 8años			4,57	46,77
12años - 15años			0,99	46,77
12años - 8años			29,98	46,77
15años - 8años			28,98	46,77

* indica una diferencia significativa.

En la tabla 17 se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras; es decir estadísticamente los son iguales. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada

par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de la columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 18

Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono por Componente, método: 95,0 porcentaje
Tukey HSD

Componente	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
necromasa	4	20,94	8,30	X
suelo	4	24,32	8,30	X
aérea	4	44,27	8,30	X
12años	3	43,94	9,58	X
Contraste		Sig.	Diferencia	+/- Límites
aérea - necromasa			23,32	36,02
aérea - suelo			19,95	36,02
necromasa - suelo			-3,37	36,02

* indica una diferencia significativa.

En la tabla 18 se aplicó un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras; es decir estadísticamente los componentes son iguales. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. No hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte

superior, se ha identificado un grupo homogéneo, según la alineación de las X's en columna. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's. El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

En la metodología desarrollada por el Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería ICRAF, Arévalo (2003) que recomendó tomar los diámetros a la altura del pecho, DAP, (1,30 m. aproximadamente) para especies forestales, se decidió determinar la biomasa y reservas de carbono con datos de diámetro a los 30 cm. del suelo, con el fin de facilitar la medición del diámetro, las ramificaciones en cacao híbridos, clónales y copoazu, estos individuos son bastante distintos. Por lo tanto en las especies y/o individuos como cacao híbrido, clonal y copoazú se podría tomar un diámetro promedio partir del inicio en la ramificación y el diámetro a la altura de 30 cm., con la finalidad de evitar el sesgo u observación referente al diámetro, posterior para las otras especies la metodología Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería ICRAF.

CONCLUSIONES

En conclusión las diferentes edades del sistema agroforestal combinado con cacao presentan distintos niveles de almacenamiento de biomasa total, y por lo tanto diferentes niveles de fijación de carbono se rechaza la hipótesis nula.

Se evaluó y estimó el carbono almacenado en la biomasa aérea de cuatro diferentes sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., se concluye que la biomasa y el almacenamiento de carbono posee una tendencia logarítmica, es decir que las reservas de carbono se estabilizan a partir de los 10 a 12 años de edad.

Se evaluó y estimó el carbono almacenado en la necromasa superficial de cuatro diferentes sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., se concluye que la biomasa y el almacenamiento de carbono posee una tendencia lineal, es decir que las reservas de carbono se acumulan biomasa según la edad y longevidad de las especie.

Se evaluó y estimó el carbono almacenado en suelo de cuatro diferentes sistemas agroforestales combinadas con *Theobroma cacao* L., y se concluye que la cantidad de carbono en el suelo se define por las características físico-químicas del suelo y no la especie y/o edad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones con objetivos de evaluar aspectos económicos del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L. en sus diferentes componentes, con el fin de determinar con mayor precisión el monto a ser reconocido a los productores como pago por servicios ambientales de los sistemas agroforestales así como también en la minimización del cambio climático.

Incentivar el desarrollo de estudios, métodos y tecnologías que permitan identificar el potencial de fijación de Carbono en los sistemas agroforestales más importantes del país y de esta manera generar bases para futuras negociaciones por pago de servicios ambientales y fuentes de carbono.

Es preciso realizar estudios, métodos, tecnologías encaminados a determinar con mayor exactitud, el porcentaje de biomasa de raíces que aporta el cacao y demás especies a la biomasa total de cada una de estas especies.

Promover el establecimiento del sistema agroforestal cacao-especies, como fuente de recursos financieros, instrumento para mitigar el calentamiento global y como una opción que garantiza la seguridad alimentaria al permitir el asocio con otras especies agrícolas.

Planificar una estrategia productiva sostenible que permita a los pequeños productores de los distritos del departamento de Madre de Dios acceder a un pago por servicios ambientales por la conservación y establecimiento de sistemas agroforestales.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Alegre, J., Arevalo, L., Ricse, A. (2002). Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la amazonia peruana. Consejo Internacional para la Investigación en Agroforesteri ICRAF/ Institutito Nacional para la Innovacion Amazonica INIA. Perú.
- Alarcon, A. (2010)., Teledetección aplicada en Bosques Tropicales-de Madre de Dios. Curso Teledetección Forestal. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios Dios/DA-IFMA.
- Arévalo, Ch. y Alegre, J. C. (2003). Manual de Determinación de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en el Perú. ICRAF, CODESU, INIA e INRENA.
- Aristizabal, J. y Guerra, A. (2002). Estimación de la tasa de fijación de Carbono en el sistema agroforestal nogal cafetero *Cordia alliodora* - cacao *Theobroma cacao* L., -plátano *Musa paradisiaca*. Bogotá, 108 p. Trabajo de grado (Ingeniero Forestal). Universidad Distrital.
- Andrade, H. Figueroa J. y Silva D. (2013) Almacenamiento de carbono en cacaotales (*Theobroma cacao* L.) en armero-guayabal (Tolima, Colombia).
- Arce, N.; Ortiz, E.; Villalobos, M. y Cordero, S. (2006). Existencias de carbono en charrales y sistemas agroforestales de cacao y banano de fincas indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa.Rica.
- Ávila V, (2002). Fijación y almacenamiento de Carbono en sistemas de café bajo sombra, café a pleno sol, sistemas silvopastoriles y pasturas a pleno sol. Turrialba, Costa Rica. 99 p. Trabajo de grado (Magíster Scientiae). Centro Agronómico Tropical de

Investigación y Enseñanza CATIE.

- Bandy, D. (2004). Estudio de Suelos en la Zonas del Programa de Desarrollo Alternativo, CARE/PDA.
- Bringas, H. (2010). Estimación de carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) comparado con un bosque secundario de tres edades. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tino María, Perú.
- Brown, S. y Lugo, A. (1992). Aboveground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. *Interciencia* 17. FAO, (<http://www.fao.org/docrep/005/Y2779S/y2779s05.htm>).
- Castro, R.; Cordero, S. y Acevedo, C. (2002). Casos latinoamericanos de cambio climático y desarrollo. San José: Copieco de San Pedro.
- Cifuentes, M.; Jobse, J.; Watson, V. y Kaufman, B. (2004). Determinación de carbono total en suelos de diferente tipo de uso de tierra a lo largo de una gradiente climática en Costa Rica. Centro Científico Tropical. Costa Rica.
- Concha, J., Alegre, C. y Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en San Martín, Perú. Tesis. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima Perú.
- Connolly, R. (2007). Cuantificación de la captura y almacenamiento de carbono en un sistema agroforestal y forestal en seis sitios de cuatro municipios de Nicaragua, Tesis, Nicaragua.pdf
- De La Cruz, M. (2010). Estimación del carbono almacenado en plantaciones de palma

aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) de diferentes edades en Tocache-San Martín.

- Dixon R. (1995). Sistemas Agroforestales y Gases de Invernadero. En Agroforestería en las Américas. Número 7. Turrialba (CR), P 22-26
- Fondo Nacional del Ambiente - FONAM. PROAMAZONIA, (2003). Conferencia N° 2 "los Bosques Amazónicos en el Mercado de los Servicios Ambientales". Ministerio de Agricultura. Presentación de Gonzáles y Zuñiga G.
- Feldpausch, TR; Rondon, MA; Fernandes, EC; Riha, SJ; Wandelli, E. (2004). Carbon and nutrient accumulation in secondary for-ests regenerating on pastures in central Amazonia. Ecological Applications revista N° 14
- Fonseca, G.; Alice, F.; Montero, J.; Toruño, H. y Leblanc, H. (2006). Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales de *Vochysia guatemalensis* e *Hieronyma alchorneoides* en el Caribe de Costa Rica. Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR). Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A3123E/A3123E.PDF>.
- Gonzales H, (2009). Estimación del carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) comparado con un bosque secundario de tres edades.
- Herrera, A. J. (2010). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo.
- Herrera. B; Alvarado, A. (1998). Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro America. Agronomía Costarricense.

- Hinostroza, E. (2012). Cuantificación del carbono en la biomasa aérea de tres diferentes usos de la tierra en la cuenca de aguaytia sectores: Irazola, Curimaná y campo verde-Región Ucayali.
- Houghton, (1993). Sistemas Agroforestales y Gases de Invernadero. En : Agroforestería en las Américas. Número 7. Turrialba, Costa Rica.
- Instituto de Cultivos Tropicales ICT, Servicio Nacional de Sanidad Agraria SENASA, (2004). Protocolo Estandarizado de Oferta Tecnológica para el Cultivo del Cacao. Proyecto Acceso - Oportunidad de Apoyo a Exportaciones de Cacao en países andinos.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, Agencia Alemana de Cooperación Técnica GTZ, Ministerio Agricultura MINAG, (2006). Protocolo Estandarizado de Oferta Tecnológica para el Cultivo del Cacao. Plan estratégico cadena agroproductiva del cacao.
- Larrea, G. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de combinaciones agroforestales de *Theobroma cacao* L. & determinación de la ecuación alométrica para el cacao. Tesis para optar el título de ingeniera ambiental. Universidad Nacional Agraria la Molina. 146pag.
- Lapeyre, T. (2004). Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Gobierno Regional de Madre de Dios - GOREMAD, & Instituto de investigación de la Amazonia Peruana, - IIAP, (2009), Macro Zonificación Ecológica Económica como base para el Ordenamiento Territorial. Madre de Dios.
- Ministerio de Agricultura MINAG. (2003). El cultivo del cacao en la Amazonia peruana. Ministerio de Agricultura, Lima, Perú.

Ortiz, G. y Riascos, C. (2006). Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* L. y laurel *Cordia alliodora* (ruiz & pavón) en la reserva indígena de Talamanca, Universidad de Nariño, Costa Rica.

Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), (2000). Carbon Dioxide and Terrestrial Ecosystems. San Diego – Estados Unidos.

Peña, V. J. (2008). Guía metodológica para estudios y análisis de suelos tropicales. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios-MDD, Suelos Forestales, CAP III.

Puelles, L. (2011). Definición de Zonas de Vida de Holdrich. Consulta: 15 de julio del 2011. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/49495294/Definicion-de-zonas-de-Vida-de-Holdrich>>

PROAMAZONÍA (2006). “Caracterización de las Zonas Productoras de Cacao en el Perú y su Competitividad”. Informe Final. Lima.

Rodriguez, H. y Gonzalez, F. (2000). Opciones para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Colombia. Bogotá D.C: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Alvarez Lleras No 14.

Sánchez K., (2000) en Almacenamiento de Carbono por *Gliricidia sepium* en Sistemas Agroforestales de Yaracuy, Venezuela. Livestock Research for Rural Development 13 (5) 2001.

United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC (2006), Highlights Data from GHG Green House Gas Emissions Data; from 1990 to 2004 for Annex 1 Parties Submitted under de United Framework Convention on Climate change

United Nations Framework Convention on Climate Change. UNFCCC (2005). The
Mechanisms under the Kyoto Protocol: The Clean Development Mechanism, Joint
Implementation and Emissions Trading,
unfccc.int/kyoto_protocol/mechanisms/items/1673.php

ANEXOS

ANEXOS 1

Tabla de Resultados

Biomasa aérea	Cod	Stándar (t/ha)	Larrea (t/ha)
08 A-Las Piedras	08 A	31,32	24,48
10 B-Huepetuhe	10 B	93,65	42,34
12 A-Madre de Dios	12 A	200,16	166,56
15 A-Tambopata	15 A	217,63	160,18

Biomasa Necromasa	Cod	P. Fresco (gr)	P Seco (gr)
08 A-Las Piedras	08 A	90	40,50
10 B-Huepetuhe	10 B	190	123,50
12 A-Madre de Dios	12 A	210	136,50
15 A-Tambopata	15 A	250	165

Suelo Promedio	Cod	Densidad (gr/cm3)	%C
08 A-Las Piedras	08 A	1,27	1,47
10 B-Huepetuhe	10 B	1,05	1,28
12 A-Madre de Dios	12 A	1,39	1,70
15 A-Tambopata	15 A	1,17	1,98

Carbono aereo	Cod	F (0,45) Stándar	F (0,45) Larrea
08 A-Las Piedras	08 A	14,09	11,02
10 B-Huepetuhe	10 B	42,14	19,05
12 A-Madre de Dios	12 A	90,07	74,95
15 A-Tambopata	15 A	97,93	72,08

Carbono Necromasa	Cod	F (0,45)	CC en t/ha
08 A-Las Piedras	08 A	18,23	7,29
10 B-Huepetuhe	10 B	55,58	22,23
12 A-Madre de Dios	12 A	61,43	24,57
15 A-Tambopata	15 A	74,25	29,70

Carbono suelo	Cod	%C	CC t/ha
08 A-Las Piedras	08 A	1,47	23,58
10 B-Huepetuhe	10 B	1,28	14,33
12 A-Madre de Dios	12 A	1,70	32,31
15 A-Tambopata	15 A	1,98	27,06

ANEXOS 2
Análisis de Suelos

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺			
221	08 A-Las Piedras	4,22	0,17	0,00	1,01	1,90	73	59	21	20	Fr.Ar.A.	9,60	1,87	0,43	0,19	0,07	1,00	3,56	2,56	27
222	10 A-Huepetuhe	4,00	0,18	0,00	0,62	1,40	50	75	15	10	Fr.A.	7,20	0,73	0,30	0,06	0,03	0,40	1,52	1,12	16
223	12 B-Madre de Dios	4,21	0,38	0,00	1,52	2,50	57	77	13	10	Fr.A.	7,04	1,41	0,52	0,08	0,03	0,30	2,33	2,03	29
224	15 A-Tambopata	4,74	0,77	0,00	2,14	2,80	106	85	11	4	A.Fr.	8,00	2,62	0,87	0,15	0,03	0,30	3,97	3,67	46

Número de Muestra		Prof	d	%C	C/ t /ha
221	08 A-Las Piedras	10,00	1,23	1,45	17,89
221	08 A-Las Piedras	15,00	1,23	1,45	26,84
222	10 A-Huepetuhe	9,00	1,01	1,28	11,63
222	10 A-Huepetuhe	12,00	1,01	1,28	15,50
223	12 B-Madre de Dios	10,00	1,35	1,68	22,73
223	12 B-Madre de Dios	17,00	1,35	1,68	38,65
224	15 A-Tambopata	8,00	1,23	1,96	19,32
224	15 A-Tambopata	15,00	0,92	1,96	26,94

Dr. Sady García Bendezú
Jefe del Laboratorio

Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

Análisis de suelo, Laboratorio de la Universidad Nacional Agraria La Molina

Inicio Correo Noticias Deportes Finanzas Celebrity Vida y Estilo Cine Tiempo Respuestas Flickr Mobile Más

YAHOO! MAIL

Todo Oliver Surco, busca en tu buzón de correo

Buscar mensajes Buscar en Internet

Redactar Resultados de la búsqueda Archivar Mover Eliminar Spam Más

Añade Gmail, Outlook, AOL y otros

Bandeja de e... (370)

Borradores (32)

Enviados

Archivo

Spam (1)

Papelera

Vistas inteligentes

Importante

No leídos

Destacados

Gente

Redes sociales

Solicito resultados - Recepción 48278 (3) Gente

Laboratorio de Suelo <labsuelo@lamolina.edu.pe> 01/30/15 a las 9:55 AM

Para Oliver Surco

Estimado Sr. Surco

Adjunto los resultados solicitados.

Saludos cordiales,
--
Nella Dancourt
Secretaria, Laboratorio de Suelos
Universidad Nacional Agraria La Molina
Telefax (511) 349-5622

> Mostrar mensaje original

Análisis de Suelos

Número de Muestra		pH	C.E. (1:1) dS/m	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ H ⁺			
221	08 A-Las Piedras	4.22	0.17	0.00	1.01	1.9	73	59	21	20	Fr.Ar.A.	9.60	1.87	0.43	0.19	0.07	1.00	3.56	2.56	27
222	10 A-Huepetuhe	4.00	0.18	0.00	0.62	1.4	50	75	15	10	Fr.A.	7.20	0.73	0.30	0.06	0.03	0.40	1.52	1.12	16
223	12 B-Madre de Dios	4.21	0.38	0.00	1.52	2.5	57	77	13	10	Fr.A.	7.04	1.41	0.52	0.08	0.03	0.30	2.33	2.03	29
224	15 A-Tambopata	4.74	0.77	0.00	2.14	2.8	106	85	11	4	A.Fr.	8.00	2.62	0.87	0.15	0.03	0.30	3.97	3.67	46

Número de Muestra	Prof	d	%C	C/Tn/ha	
221	08 A-Las Piedras	10.00	1.23	1.45	17.89
221	08 A-Las Piedras	15.00	1.23	1.45	26.84
222	10 A-Huepetuhe	9.00	1.01	1.28	11.63
222	10 A-Huepetuhe	12.00	1.01	1.28	15.50
223	12 B-Madre de Dios	10.00	1.35	1.68	22.73
223	12 B-Madre de Dios	17.00	1.35	1.68	38.65
224	15 A-Tambopata	8.00	1.23	1.96	19.32
224	15 A-Tambopata	15.00	0.92	1.96	26.94

Dr. Saúl García Bendezi
Jefe del Laboratorio

ANEXOS 3**Fotos**

FOTO 1. Levantamiento de muestras de suelo en parcela agroforestal del distrito de Tambopata

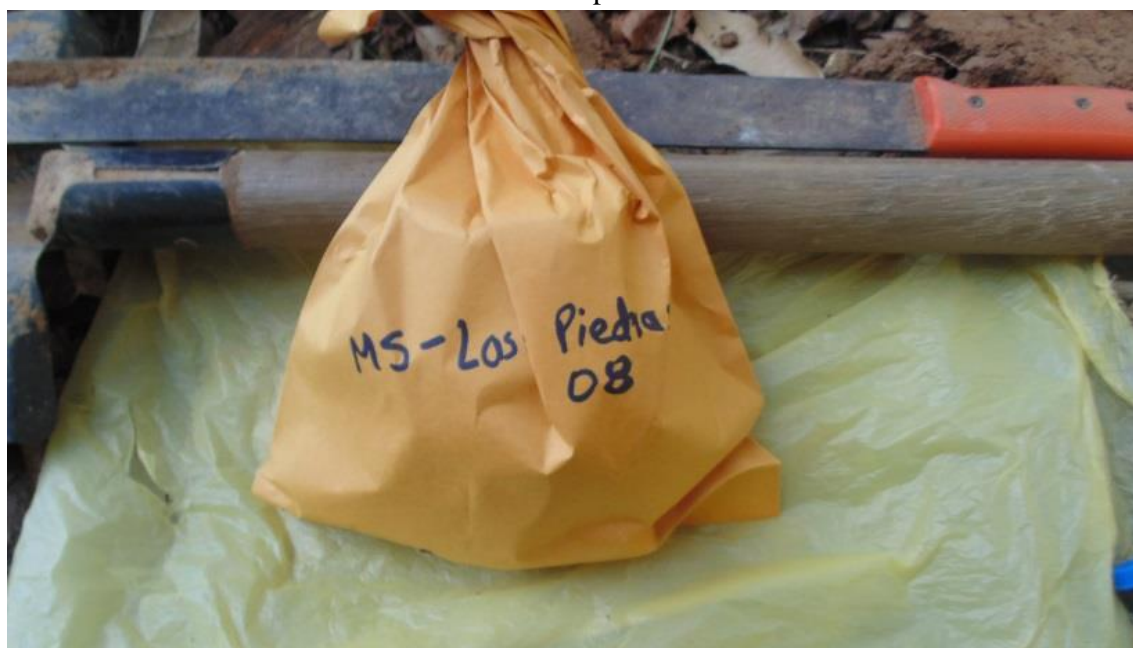


FOTO 2. Levantamiento de muestras de suelo en parcela agroforestal del distrito Las Piedras



FOTO 3. Levantamiento de muestras de suelo y georreferenciación de parcela de 4 m x 25 m



FOTO 4. Levantamiento de muestras e suelo y georreferenciación de sub-parcela de 1 m x 1 m



FOTO 5. Levantamiento de información, diámetro y altura de especies forestales



FOTO 6. Levantamiento de información, diámetro y altura de especies forestales



FOTO 7. Izquierda, levantamiento de información, diámetro y altura de especies frutales
FOTO 8. Derecha, levantamiento de información, diámetro y altura de especies forestales



FOTO 9. Levantamiento de información, diámetro y altura de especies forestales



FOTO 11. Levantamiento de información, variables dasométricas, parcela agroforestal.

FOTO 12. Levantamiento de información, diámetro y altura de especies forestales.



FOTO 13. Levantamiento de información, Hojarasca



FOTO 14. Levantamiento de información, Hojarasca



FOTO 15. Levantamiento de información, Hojarasca.



FOTO 16. Levantamiento de información, Hojarasca.



FOTO 17. Sensibilización para el levantamiento de información y muestras.



FOTO 18. Levantamiento de muestras de suelo



FOTO 19. Levantamiento de muestras de suelo



FOTO 20. Levantamiento de información parcela con 8 años de edad



FOTO 21. Levantamiento de información parcela con 10 años de edad



FOTO 22. Levantamiento de información, Hojarasca



FOTO 23. Levantamiento de información, Hojarasca



FOTO 24. Levantamiento de información georreferenciación de la parcela agroforestal.



FOTO 25. Levantamiento de información, muestras de suelo.



Oliver Quin Surco Huacachi, es Bachiller en Forestal y Medio Ambiente desde el año 2012, dominio en el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica SIG y Teledetección aplicado al estudio y manejo de los Recursos Naturales, Formulator de perfiles proyectos de inversión, Técnico de campo con dominio manejo de viveros, silvicultura, agroforestería, reforestación y Dominio de ofimática e informática avanzada laboró como “Extensionista agroforestal en Proyectos de Producción en Agroforestería y Reforestación en Recursos Naturales y Diversidad Biológica” Gobierno Regional de Madre de Dios GOREMAD y la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios UNAMAD. También personal de campo y asistente en consultoría externa.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Producción de cacao.	16
Tabla 2 Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cacao	17
Tabla 3 Fuentes de metano.	24
Tabla 4 Mercado de carbono.	27
Tabla 5 Ubicación geográfica y referencia de las parcelas agroforestales	31
Tabla 6 Toma de datos por ecosistema.	33
Tabla 7 Cuadro de comparación para Tool box.....	38
Tabla 8 Datos descriptivos de acumulación de biomasa.	42
Tabla 9 Datos descriptivos de acumulación de biomasa en los diferentes componentes	45
Tabla 10 Análisis de Varianza para Biomasa - Suma de Cuadrados Tipo III.....	47
Tabla 11 Pruebas de Múltiple Rangos para Biomasa 95,0 porcentaje Tukey HSD	47
Tabla 12 Análisis de Varianza para Biomasa - Suma de Cuadrados Tipo III.....	48
Tabla 13 Pruebas de Múltiple Rangos para Biomasa 95,0 porcentaje Tukey HSD	48
Tabla 14 Datos descriptivos de cantidad de carbono en parcelas agroforestales	52
Tabla 15 Datos descriptivos de cantidad de carbono en los diferentes componentes	55
Tabla 16 Análisis de Varianza para Carbono - Suma de Cuadrados Tipo III	58
Tabla 17 Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono porcentaje Tukey HSD	58
Tabla 18 Pruebas de Múltiple Rangos para Carbono porcentaje Tukey HSD	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Cacao en el Perú.....	14
Figura 2: Evolución de la superficie cosechada, producción y rendimiento del cacao en Perú, debido a la instalación, rendimiento y manejo de plantaciones de cacao, mas extensiones rendimiento más elevado.	15
Figura 3: Rendimiento de cacao, Madre de Dios posee el rendimiento en el año 2001 y 2002 la diferencia no es muy significativa.	15
Figura 4. Aproximadamente 14 mil hectáreas con certificación orgánica.	16
Figura 5. Ubicación de las parcelas agroforestales, departamento de Madre de Dios. LanSat 2012.	32
Figura 6. Biomasa del componente aéreo y necromasa de las diferentes parcelas de estudio. .	39
Figura 7. Flujo de biomasa en los diferentes parcelas.....	41
Figura 8. Flujo de biomasa en los componentes.....	43
Figura 9. Interaccion de Biomasa y edad	46
Figura 10. Dispersión de carbono en función a la edad.....	50
Figura 11. Flujo de carbono en las parcelas con diferentes edades.	51
Figura 12. Flujo de carbono en los diferentes componentes	54
Figura 13. Flujo carbono en función a la edad y el componente.....	57