

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA**



TESIS

**CARBONO ALMACENADO DE ACUERDO AL TIPO DE COBERTURA Y LA
GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO EN CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

PRESENTADO POR:

ANDREA MARIANA GARRIDO PEREZ

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 08 de Julio del 2016, a horas 6:10 p.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Conservación de Suelos y Agua de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

“CARBONO ALMACENADO DE ACUERDO AL TIPO DE COBERTURA Y LA GRADIENTE ALTITUDINAL EN LA PROVINCIA DE LEONCIO PRADO”

Presentado por la Bachiller: **ANDREA MARIANA GARRIDO PÉREZ**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda apta para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 20 de Octubre del 2016.

Ing. Mg. **ROBERTO OBREGÓN PEÑA**
PRESIDENTE

Ing. MSc. **SANDRO J. RUIZ CASTRE**
MIEMBRO

Ing. M.Sc. **RONALD HUGO PUERTA TUESTA**
MIEMBRO



Ing. MSc. **JOSÉ LEVANO CRISÓSTOMO**
ASESOR

DEDICATORIA

A Dios, por guiarme y darme las fuerzas necesarias para vencer los obstáculos, mostrarme el camino para poder cumplir mis metas trazadas y bendecirme cada día de mi vida

A mis padres Mercedes Pérez T. y Lucas Mariano Garrido B. por su amor comprensión, dedicación, entrega y su apoyo incondicional en mi formación académica y espiritual en valores, compartiendo buenos y malos momentos y enseñarme a encarar las adversidades con madurez.

A mis hermanos Junior, Carlos, Alessandra y Valeria, por su cariño, confianza, por siempre estar presentes en los momentos más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de forjarme como profesional.
- A mis padres que me han brindado todo lo que soy como persona, valores, principios, perseverancia, empeño y educación.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y demás facultades que han aportado en mi formación académica y personal , inculcándome valores y su experiencia en conocimientos para mi formación profesional.
- A mis jurados de tesis Ing. Obregón Peña Roberto, Ing.M.Sc. Puerta Tuesta Ronald Hugo, Ing.M.Sc. Ruiz Castre Sandro por sus oportunas sugerencias.
- A mi asesor el Ing. Lévano Crisóstomo José por sus sugerencias en la culminación y revisión del informe final.
- A todas las personas que me brindaron su colaboración, conocimientos, ayuda y sobre todo su amistad.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCION.....	12
II. REVISIÓN DE LITERARIA	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Predio “Fundo Valeria” y “San José”	14
2.1.2. Condiciones climáticas	14
2.1.3. Zonas de vida	15
2.1.4. Ecosistemas	15
2.2.1. Dinámicas del carbono orgánico en los suelos.....	16
2.2.2. Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono.....	16
2.5 Suelo	21
2.6 Captura de carbono en diferentes sistemas de cultivo.....	22
2.7 El papel de los suelos en el ciclo del carbono.....	23
2.7.1. El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos	24
2.7.2. Calidad y fertilidad del suelo.....	25
III. MATERIALES Y METODOS	28
3.1. Descripción de la zona de trabajo	28

3.1.1.	Lugar de ejecución	28
3.1.2.	Ubicación geográfica	29
3.2.	Materiales, herramientas y equipos.....	29
3.2.1.	Materiales	29
3.2.2.	Herramientas	29
3.2.3.	Equipos.....	29
3.3.	Metodología	30
3.3.1.	Estimación de Carbono de acuerdo a la gradiente	30
3.3.2.	Fase de campo.....	32
3.3.3.	Fase de laboratorio.....	34
3.3.4.	Fase final de gabinete	35
3.4.	Calculo de correlación de carbono almacenado en la gradiente altitudinal	37
3.5.	Valorización de la parcela	37
IV.	RESULTADOS	39
4.1.	Carbono almacenado en tres tipos de cobertura: bosque secundario, cacao y pastizal.	39
4.1.1.	Contenido de carbono almacenado de los diferentes cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado con respecto a la textura	39

4.1.2.	Contenido total de carbono almacenado en el suelo de los diferentes cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado con respecto a la M.O	40
4.1.3.	Contenido de carbono almacenado en el suelo de los diferentes cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado con respecto a la densidad	42
4.2.	Correlación de carbono almacenado a la gradiente altitudinal....	43
4.3.	Valorización de las parcelas con respecto al contenido de carbono almacenado.....	45
V.	DISCUSIÓN.....	46
5.1.	Carbono almacenado en tres tipos de cobertura: bosque secundario, cacao y pastizal.	46
5.1.1.	Del carbono total almacenado en el suelo por tipo de cultivo con respecto a la textura	46
5.1.2.	Del carbono total almacenado en el suelo por tipo de cultivo con respecto a la M.O	47
5.1.3.	Del carbono total almacenado en el suelo por tipo de cultivo con respecto a la densidad.....	48
5.2.	Correlación de carbono almacenado a la gradiente altitudinal....	49
5.3.	De la valoración del terreno con respecto al carbono total almacenado.....	50
VI.	CONCLUSIONES	51

VII. RECOMENDACIONES.....	52
VIII. ABSTRAC.....	53
IX. REVICION BIBLIOGRAFICA.....	54
X. ANEXO	60

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Componentes del almacenamiento de carbono.....	20
2. Carbono almacenado en diferentes SUT de la región San Martín.....	22
3. Carbono almacenado en dos SUT de la provincia de Leoncio Prado....	23
4. Valores de Pearson	27
5. Cultivos de las parcelas	28
6. Rango de altitudes.....	30
7. Contenido de carbono total en el suelo por cultivo con respecto a la textura.....	39
8. Contenido total de carbono en el suelo con respecto a la M.O.....	41
9. Contenido de carbono almacenado en el suelo.....	42
10. Contenido de carbono en el suelo de acuerdo a la gradiente altitudinal	44
11. Valor total del terreno con respecto al cultivo y carbono almacenado ...	45
12. Valoración total del terreno con respecto al carbono.....	45
13. Calculo de carbono almacenado en el suelo	60
14. Calculo de carbono en bosque almacenado en raíces (parcela 1).....	61
15. Calculo de carbono en cultivo de cacao en raíces (parcela 1).....	61
16. Calculo de carbono en cultivo de pasto en raíces (parcela 1)	62
17. Calculo de carbono en bosque almacenado en raíces parcela 2	62

18. Calculo de carbono en cacao almacenado en raíces parcela 2.....	62
19. Calculo de carbono en pasto almacenado en raíces parcela 2	63
20. Calculo de carbono en bosque almacenado en hojarascas parcela 1 ...	63
21. Calculo de carbono en cacao almacenado en hojarascas parcela 1	64
22. Calculo de carbono en pasto almacenado en hojarascas parcela 1.....	64
23. Calculo de carbono en bosque almacenado en hojarascas parcela 2...	65
24. Calculo de carbono en cultivo de cacao almacenado en hojarascas parcela 2	65
25. Calculo de carbono en pasto almacenado en hojarascas parcela 2.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Esquema general de muestreo.....	31
2. Diagrama de muestreo carbono almacenado en el suelo y raíces (ICRAF, 2009).....	32
3. Esquema de muestreo de hojarascas (MacDICKEN, 1997).....	33
4. Contenido total de carbono almacenado en el suelo	40
5. Contenido total de carbono almacenado en el suelo con respecto a la M.O 41	
6. Contenido de carbono almacenado en el suelo con respecto a la densidad aparente	43
7. Contenido de carbono almacenado en el suelo con un ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.....	44

RESUMEN

El propósito de la presente investigación consistió en la realización del análisis del almacenamiento de carbono al tipo cobertura (Bosque, Cacao y Pasto); y gradiente altitudinal. El estudio se desarrolló con la estratificación del área, teniendo en cuenta 2 gradientes altitudinales 690 - 730 m.s.n.m. y 980 - 1100 m.s.n.m, en cada gradiente se estableció tres parcelas de 20 x 50 m, la misma que fue dividida en dos sub parcelas de 25 x 10 m para el muestreo de carbono orgánico del suelo, raíces y densidad aparente y a profundidades de 0-10 cm., 10-20 cm., y una parcela de 50 x 10 para el muestreo de hojarascas. Seguidamente se determinó su correlación mediante el método de Pearson y su valoración teniendo en cuenta al PCF. El procesamiento de datos permitió determinar en los tres componentes estudiados siendo carbono orgánico del suelo raíces y hojarascas por tipo de cobertura (bosque, cacao pasto), (1555.80 t/ha, 646.11 t/ha y 133.04 t/ha); (1631.52 t/ha, 907.36 t/ha y 274.60 t/ha) respectivamente siendo la mayor cantidad de carbono almacenado se dio en el Bosque, 1555.80 t/ha, 1631.52 t/ha y el menor en el Pasto 133.04 t/ha, 274.60 t/ha, su correlación con la altitud (parcela 1 y 2); (-0.14) y su valoración total de las 2 parcelas. (9339.8; 11254.72 dólares americanos). Llegando a la conclusión que el Bosque es el que más carbono almaceno con respecto a los demás coberturas, su correlación es inversa negativa muy baja, y por último la mayor valoración se dio en la parcela 2.

I. INTRODUCCION

En los últimos tiempos se ha producido una gran preocupación debido al calentamiento global siendo esto una gran problemática en la actualidad, ya que es una de las causas principales de los gases liberados por las diferentes actividades realizadas por la raza humana.

Una de las metas del protocolo de Kyoto es lograr que los diferentes tipos de cobertura a nivel mundial actúen como recipiente de carbono para que sea capturada y cuantificada y así al mismo tiempo se beneficiaría el medio ambiente ósea se tendría la conveniencia de percibir una compensación monetaria a cambio de almacenar carbono es decir cuidar el planeta.

Basada en investigaciones en Perú entre 1983 y 2007 se recopilaron datos precisos que determinan que la mayor concentración de carbono acumulado se dio en los bosques. Siendo datos importantes para la presente investigación debido a la problemática mundial que se viene experimentado; el calentamiento global, esta situación resalta la importancia de la presente investigación que se ejecutó en la Provincia de Leoncio Prado Distritos de José Crespo y Castillo y Daniel Alomia Robles debido a la problemática mundial que se presenta sobre el calentamiento global y a través de esta evaluación determinar qué cantidad de carbono se estaría almacenando y como mejorarlo para la cual surge la siguiente interrogante ¿Qué tipo de cobertura (bosque,

cacao y pasto de la parcela 1 y 2) almacena mayor cantidad de carbono con respecto a la altitud?

Planteándose como supuesto: El porcentaje de carbono acumulado varía de acuerdo al tipo de cobertura de las parcelas 1 y 2 de la Provincia de Leoncio Prado con respecto a la altitud.

Objetivo general

- Evaluar carbono almacenado de acuerdo al tipo de cobertura y a la gradiente altitudinal en una parcela de Cacao, Pastizal y Bosque secundario en la Provincia de Leoncio Prado.

Objetivos específicos

- Estimar el carbono almacenado en tres tipos de cobertura: bosque secundario, sistema agroforestal y pastizal.
- Evaluar la correlación de carbono acumulado en la gradiente altitudinal.
- Valorizar las parcelas con respecto al contenido de carbono almacenado.

II. REVISIÓN DE LITERARIA

2.1. Antecedentes

Gonzales (2009) trabajando en Supte y en el BRUNAS de Tingo María, encontraron en un sistema agroforestal (cacao + laurel) el almacenamiento de carbono total fue de 114.51 t/ha. Y en un bosque secundario fue de 110.56 t/ha. Con 9 años de edad en tanto a la edad de 11 años el bosque secundario almaceno 198.25 t/ha, versus el sistema agroforestal (cacao + laurel) que fue de 152.34 t/ha.

2.1.1. Predio “Fundo Valeria” y “San José”

El predio Valeria, presenta pendiente que van de 3 % a 15 %, es un suelo franco por partes y arcilloso por otros. Dicho predio cuenta con 32.1758 ha, existen instalados cultivos de cacao 9 ha, pastizal 2 ha, y bosque natural 15 has. (MINAG, 2014).

El predio San José, presenta pendiente que van de 15 % a 20 %, es un suelo franco por partes y limoso por otros. Dicho predio cuenta con 40.85 ha, existen instalados cultivo de cacao 12 ha, pastizal 5 ha., y bosque natural 16.8 Has. (MINAG, 2014).

2.1.2. Condiciones climáticas

La estación meteorológica de José Abelardo Quiñones que está ubicada en la Provincia de Leoncio Prado, registra una temperatura máxima de 35 °C, y una temperatura mínima de 12 °C, siendo la temperatura media de 25°C.

2.1.3. Zonas de vida

Siendo de la región natural Rupa Rupa HOLDRIDGE (1987) indica que el predio Valeria y San José se encuentran situadas en la formación vegetal de bosque húmedo tropical (bh-T).

2.1.4. Ecosistemas

RÍOS (2006) los ecosistemas que se encuentran en selva alta, de acuerdo al tipo vegetación son los siguientes:

2.1.4.1. Selva alta o yunga

Es un bosque húmedo tropical, el clima es cálido, y cuenta con una temperatura media de 24 °C, precipitación de 3,300 mm y humedad relativa del 88 %. La numerosa vegetación de árboles se ve favorecida por la habitual y recargada precipitación, especialmente entre los meses de diciembre a marzo.

2.1.5. Flora y Fauna

Su pluralidad de flora y fauna en el territorio de la del predio Valeria es variada y se encuentran diferentes tipos de flora y fauna tales como:

Flora

- Huairuro *Ormosia coccinea*
- Atadijo *Trema micrantha*
- Macorilla *Pteridium sp.*
- Renaco *Ficus sp.*
- Tangarana *Triplaris sp, entre otros.*

Fauna

- Anuje *Dasyprocta fuliginosa*
- Pucacunga *Penelope jacquacu*
- Monos *Ateles hybridus*
- Loros *Psittacidae sp*, entre otros

2.2. Carbono

El carbono y su proceso son la fuente principal para el progreso de la humanidad y los diferentes organismos (ALEGRE *et al.*, 2001). El carbono se acopia en tipos de locaciones o lugares siendo el de mayor cantidad de almacenamiento los océanos, pero en la actualidad debido a la contaminación este está empezando a hacerse ácido, en segundo lugar, el suelo (1,500 Gt), la atmósfera (750 Gt) y las plantas (560 Gt). Cualquier alteración en su proceso causa un desequilibrio que se ve reflejada en la concentración de CO₂ afectando al planeta. (CHIDIAK *et al.*, 2003).

2.2.1. Dinámicas del carbono orgánico en los suelos

El carbono orgánico en el suelo representa la sustentabilidad y balance en el proceso de descomposición de la materia orgánica ya que se encuentra asociada a la misma (mineralización (RONCAL, 2008).

El balance dinámico que existe está también conectada o vinculada a un tipo de uniones químicas y físicas principalmente o debido al alto contenido de capacidad de intercambio catiónico y sus partículas de macro y micro agregados del suelo (ESTRADA, 2001).

2.2.2. Principales consecuencias e impacto de la captura de carbono

Al realizar la asimilación de carbono y mejorar la calidad del suelo a través de un mejor manejo de la materia orgánica se obtendrán unos mejores resultados de calidad y mejor fertilidad en los suelos, y a su vez también un impacto positivo en el medio ambiente (ESTRADA, 2001).

El efecto que tiene la asimilación de carbono en los suelos agrarios va de la mano con la proporción de materia orgánica en el suelo, ya que al incrementarla habría una mejor cobertura haciéndola más resistente, evitando así las diversas erosiones hídricas eólicas y mejorando también la retención de agua; para mejorar su cobertura y superficie del suelo logrando un equilibrio en los suelos agrícolas.

Al aumentar la cantidad de materia orgánica mejora la calidad del suelo, eso hace que al momento del proceso de abonamiento tratamiento o manejo integral de plagas y o enfermedades de dicho sistema o plantación el suelo pueda resistir su toxicidad.

RONCAL *et al.*, 2008 también depende mucho del tipo de suelo ya que en algunos sistemas o ambientes; el balance o equilibrio debería ser más cuidadoso en su manejo por lo diferentes tipos de problemáticas que pueden existir en dicha clasificación de suelos.

Para así amortiguar y manejar de una manera más eficiente la capacidad de un suelo a través de la materia orgánica amortiguando así la degradación o estrés que se le podría causar al suelo con un mal manejo.

2.3. Problemática de la emisión de carbono

2.3.1. Dióxido de carbono

Como ya sabemos el dióxido de carbono está formado por dos componentes que son el carbono y oxígeno. Estos a su vez se forman por la ignición de carbono o hidrocarburos también por la materia orgánica mediante su descomposición, por otro también tenemos al ser humano a través de su respiración y en pequeñas porciones en la atmósfera que es captado por las plantas que a cambio elaboran oxígeno. El dióxido de carbono es un gas pesado e incoloro (CIELSA, 1996).

2.3.2. Efecto invernadero

CENTENO, J (1992) el efecto invernadero es una manifestación natural que permite al mundo mantener las circunstancias óptimas para albergar vida en el planeta.

El efecto invernadero es causado por diferentes gases en la atmósfera, reteniendo la atmósfera algunos de esos gases para mantener una temperatura límite adecuada para el desarrollo de la tierra y así mantener su equilibrio para su propia evolución, siendo la temperatura para condiciones óptimas para el planeta menciona que es una manifestación auténtica que permitirá la evolución de la existencia en el mundo ya que sino fuera esa retención o bloqueo de dichos gases contaríamos con una temperatura promedio 18°C bajo cero.

Estos gases son los principales causantes de los deshielos, incendios forestales, contaminaciones en otras palabras la destrucción del planeta; ya que tienen una mayor incidencia en el efecto invernadero.

Y los estos son los siguientes gases producto de la actividad humana, que contribuyen al efecto invernadero: el dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), cloro-fluoro-carbonados (CFCS), óxido de nitrógeno (NOX), monóxido de carbono (CO) y el ozono troposférico (O₃) (ANDRASKO, 1990 Y PNUD, 1997).

2.3.3. La convención sobre el clima y el protocolo de Kyoto (PK)

En 1992 se realizó la asamblea de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), diversos países del continente se reunieron para tratar de darle un cambio positivo al gas de efecto invernadero ya que aceptaron la problemática del cambio climático y el calentamiento global; cuyo objetivo principal es estabilizar la emisión de gases contaminantes y perjudiciales para la raza humana, para la agricultura que fea al contenido de materia orgánica (biomasa) para poder tener así una mejor sostenibilidad (GUZMAN *et al.*, 2006).

SALINAS y HERNANDEZ (2008) señalan que son muchos los países que tomaron conciencia y llegaron un acuerdo para mejorar o tratar de mejorar el manejo y uso de los recursos naturales en todas sus actividades.

Estos países a través de este protocolo reconocen y se hacen responsables del uso y abuso de dichos recursos creando un desequilibrio en el efecto invernadero, todos los países participantes se comprometieron a presentar inventarios sobre sus emisiones de gas de efecto invernadero GEI

para así controlar la contaminación que tanto está afectando al planeta. los países comprometidos tienen como meta mejorar su estilo de vida con respecto al uso y abuso de los recursos naturales.

El propósito absoluto de las emisiones de aquellos países es que lleguen a un nivel inferior de no menos del 5% a las del año 1990, en la etapa del convenio que se dará los años 2008 y 2012 (UNFCCC, 1998).

2.4. Biomasa y carbono

La biomasa es la cantidad de materia orgánica e inorgánica en un ecosistema o comunidad y su valor se expresa en unidades de volumen o peso seco (ORDOÑEZ, 1999).

ALEGRE *et al.* (2002), LAPEYRE (2004) nos plantean que mientras más tiempo o largo sea la existencia de un ecosistema o comunidad mayor es la cantidad o acumulación de biomasa; es decir por ejemplo que mientras más antiguo sea un bosque o un cultivo mayor es el contenido de biomasa en tanto mayor acumulación en contenido de carbono.

Cuadro 1. Componentes del almacenamiento de carbono

Biomasa		M.O.M	Suelo
biomasa debajo de suelo: raíces finas y raíces gruesas	biomasa aérea: fuste, ramas, corte y follaje	hojarascas: raíces, hojas y ramas	materia orgánica del suelo

Fuente: IPCC, 1996

HERRERA y ALVARADO (1998) nos señalan que no solo la antigüedad de un ecosistema es importante sino también las variables ambientales que pudieran presentar dicho cultivo, ecosistema, comunidad entre otros.

2.4.1. Parámetros técnicos para inventarios de Carbono

2.4.1.1. Biomasa aérea

Está conformada en general por los arbustos, arboles (ramas, fuste y follaje) y hierbas (FUNDACIÓN SOLAR, 2000). Dichas composiciones varían de acuerdo al tipo de sistema, cultivo o ecosistema. El que más sobresale es el que está compuesto por arboles (bosques ya sea secundario o primario debido a la cantidad de materia orgánica que se aloja en esta, forestales y otros cultivos agroforestales), seguida por los arbustos y hierbas estos poseen una baja asimilación de carbono, entonces su fijación sería baja y se considera casi nula su prueba, en todo caso se manejaría a criterio del técnico encargado.

2.4.1.2. Biomasa abajo del suelo

La biomasa que se encuentra debajo del suelo y se refiere a las raíces gruesas y finas del ecosistema, cultivo o comunidad que se vendría estudiando. Una fórmula simple para realizar dicho cálculo, es basándose en los antecedentes o estimando un resultado de la biomasa de la superficie del suelo. No obstante, hay diversas situaciones en la que es posible determinarla y resulta interesante (FUNDACIÓN SOLAR, 2000).

2.5. Suelo

Los Estos son en su mayoría los de mayor almacenamiento de carbono orgánico e inorgánico ya que se refiere directamente a la materia orgánica. Se calcula a través de pruebas en bloques de parcelas para que el cálculo sea más preciso (MACDICKEN, 1997).

No existe un procedimiento definido o exacto para evaluar, determinar o estimar el porcentaje de carbono en el suelo, va en función a su densidad aparente.

Pero se recomienda tomar la prueba a una profundidad estimada de 30 cm., ya que el cambio de uso del suelo tiene más efecto en sus capas superiores (IPCC, 1996).

2.6 Secuestro de carbono en diferentes sistemas de cultivo

Cuadro 2. Carbono almacenado en diferentes SUT de la región San Martín

Sistema de uso de tierra	Carbono (t/ha)	Lugar	Altitud (m.s.n.m)
Bosque primario	485.3	Lamas-Tabaloso	1193
Bosque secundario de 50 años	234.3	La Banda de Shilcayo	700
Bosque descremado de 20 años	62.1		
Arroz de 70 días	1.7	Juan Guerra	650
Maíz de 90 días	4.4		
Pasto mejorado de 7 años	2.3		
SAF café + guaba de 4 años	19.3	Lamas-Zapatero	
SAF cacao de 15 años con especies forestales entre 15 y 20 años	47.2	Tarapoto	650-1500

Fuente: LAPEYRE (2004)

Cuadro 3. Carbono acumulado en dos SUT de la provincia de Leoncio Prado.

Sistema de uso de tierra	Arbórea	Arbustiva/ herbácea	Hojarasca	Total (t C/ha)
Bosques secundario 9 años	21.6	0.87	5.2	50.3
Bosque secundario de 10 años	69.3	0.2	5.3	74.8
Bosque descremado de 11 años	94.7	0.4	6.9	102.1
Cacao + Laurel 9 años	47	0.5	2.8	50.3
Cacao + Laurel 10 años	62.6	1.7	5.1	69.5
Cacao + Laurel 11 años	80	1	2.6	83.6

Fuente: BRINGAS (2010)

2.7 El papel de los suelos en el ciclo del carbono

ESPINOZA (2005) en esta etapa, el suelo es importante por su interrelación con la atmósfera y se calcula alrededor de 1500 Pg/C a 1 m. de hondura (alrededor 1 a 2 m. de hondura). (ÁVILA et al., 2001) el buen manejo del suelo es importante porque almacena más carbono que la vegetación. carbono inorgánico representa cerca de 1 700 Pg , la vegetación (650 Pg) y la atmósfera (750 Pg) acumulan notablemente menor porcentaje en comparación del suelo. Los contenidos de acumulados entre el carbono orgánico y la atmosfera son de mucha importancia debido a su interrelación ya que estos pueden ser asimilados de manera negativa y positiva.

No obstante, tiempo atrás, la labranza también fue el primordial motivo del desarrollo de la concentración de CO₂ debido a los constantes roces (quema de parcelas o terrenos para empezar cultivos), talas ilegales, mal manejo del suelo entre otros. En la actualidad los principales contaminantes son los

carburantes que forman parte de la industria y el transporte (6,5 Pg/año) los mayores contaminantes. La tala de varias y diversas áreas naturales como bosques, especies forestales entre otros produce emisiones de carbono de 1,5 Pg/año, que en paralelo se produce una acumulación en los diversos ecosistemas o comunidades de 1,8 a 2 Pg/año. Con esto queremos decir o dar a entender que mientras en algún lugar existe un acto negativo en otro sucede todo lo contrario, no por eso deberíamos seguir contaminando que cada vez hay menos ecosistemas o áreas completas todas están siendo consumidas por el hombre (AREVALO *et al.*, 2003).

GÓMEZ (2000) nos señala que la buena calidad del suelo proviene del buen manejo de un ecosistema o cultivo. Para que la materia orgánica tenga un ingreso de residuos también influye la composición de las plantas, factores climáticos, las propiedades del suelo, entre otros.

2.7.1. El papel fundamental de la materia orgánica en los suelos

La materia orgánica es importante porque está ligada directamente al suelo, agua y aire; ya que a mayor materia orgánica mayor captura de carbono, menor contaminación de agua y mejor calidad del suelo (GÓMEZ, 2000). La materia orgánica en los suelos también es importante en su composición orgánica e inorgánica ya que los microorganismos están relacionados a la materia orgánica, ya que esta interacción con su actividad biológica interferiría directamente a la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo, influyendo en su mejor desarrollo y manejo (GALLARDO, 2001).

El contenido de materia orgánica estabiliza el suelo en todos sus conceptos, es decir: su permeabilidad, estructura, propiedades físicas químicas, su capacidad de infiltración, erosión hídrica y eólica, textura, pH entre otros (ZECH *et al.*, 1999).

2.7.2. Calidad y fertilidad del suelo

La abundancia del suelo y su calidad están directamente relacionadas al contenido de materia orgánica y su buen manejo, ya que como describimos anteriormente la materia orgánica es importante en el suelo en todos sus conceptos (capacidad de intercambio catiónico, estructura, erosión entre otros) ya sea en sus funciones ambientales o agrícolas.

La materia orgánica es importante en todos los tipos de suelos, de excepto en el tipo de suelo vertisoles con arcillas los cuales poseen una muy baja capacidad de intercambio de cationico. Ya que la materia orgánica está relacionada con la capacidad de intercambio catiónico, esta al ser muy baja la materia orgánica seria baja por los tanto la disponibilidad de nutrientes seria pobre haciendo de este suelo con un alto contenido de toxicidad para su desarrollo (GÓMEZ, 2000).

2.8. Costo del carbono almacenado

Actualmente, los precios que se negocian por proyectos de reducción de emisiones oscilan entre US\$3 y US\$5 por tonelada de CO fijado y, aunque los mercados son todavía pequeños, están participando entidades multinacionales (PCF, 2005). Un ejemplo es FONAM, es reconocido en el Negocio de Carbono como la corporación líder tanto en el Perú como en el

mundo patrocinando el mercado de carbono y representando al Perú en diversos organismos internacionales como el Comité Directivo del Joint Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático; en el Comité Directivo de los países anfitriones del Mercado de Carbono del Banco Mundial.

FONAM está ejecutando alternativas de desarrollo presupuestadas en su totalidad para la evolución de programas y proyectos socio ambientales para mejorar la calidad del suelo, agua y aire.

2.9. Correlación de Pearson

La fórmula de correlación de Pearson es un análisis que determina el enlace lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas. Que es diferente de la covarianza, la correlación de Pearson es independiente de la escala de medida de las variables. El coeficiente de correlación entre dos variables aleatorias X e Y es el cociente.

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Donde σ_{xy} es la covarianza de (x,y) y σ_x y σ_y las desviaciones típicas de las distribuciones marginales. El valor del índice de correlación varia en el intervalo [-1, +1]:

Cuadro 4. Valores de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0,9 a -0,99	Correlación negativa muy alta
-0,7 a -0,89	Correlación negativa alta
-0,4 a -0,69	Correlación negativa moderada
-0,2 a -0,39	Correlación negativa baja
-0,01 a -0,19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0,01 a 0,19	Correlación positiva muy baja
0,2 a 0,39	Correlación positiva baja
0,4 a 0,69	Correlación positiva moderada
0,7 a 0,89	Correlación positiva alta
0,9 a 0,99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación positiva grande y perfecta

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Descripción de la zona de trabajo

3.1.1. Lugar de ejecución

El actual estudio lo realice en el predio Valeria y San José, que cuenta con 32.17 ha y 40.85 ha. Dichas parcelas se encuentran ubicadas en el Sector Laguna de los Milagros a y en el sector José Carlos Mariátegui respectivamente en la Provincia de Leoncio Prado. El área del experimento se desarrolló en la zona de vida bosque húmedo pre montano sub tropical (bmh-PST). En el cuadro se presenta las características de las parcelas, dentro de ello se encontró cacao con un sistema de siembra de tres bolillos, y dentro del bosque se encontró especies forestales siendo las más representativas capirona, ishpingo y bolaina.

Cuadro 5. Cultivos de las parcelas

Características	Parcelas					
	parcela 1/ Fundo Valeria			parcela 2/ Fundo San José		
cultivo	cacao	Pasto	bosque	cacao	bosque	pasto
edades	5	12	25	7	19	8
ha	9	2	15	12	16	5
tipo de caco	aromático			aromático		
tipo de asociación	cacao / plátano	Brachiaria		cacao/ guaba	brachiaria/ vrisanta	

3.1.2. Ubicación geográfica

El predio Valeria y el predio San José respectivamente, geográficamente se encuentra ubicado en las coordenadas UTM:

Este	: 391340	Este	: 407279
Norte	: 8988855	Norte	: 8969341

3.2. Materiales, herramientas y equipos

3.2.1. Materiales

Los materiales que se utilizaron son: cuadrantes de madera de 0.50 m x 0.50 m, pintura roja, rafia, bolsas de plástico, costal de 50 kg, cinta de embalaje, papel Kraff (A4), papel periódico, plumón indeleble, libreta de anotaciones, estacas, cilindros de muestreo con volumen conocido del laboratorio, recipientes de plástico, tamizado de 2 mm, recipientes de porcelana.

3.2.2. Herramientas

Las herramientas que utilice fueron: machete, barreno, martillo, cuchillo, pala recta pico ancho, wincha de 50 m, cinta métrica de 1 m, brocha de ½”.

3.2.3. Equipos

Los equipos a ser utilizados son GPS Trimble 6000, cámara digital (marca 'PANASONIC'), estufa, balanza analítica (marca 'Yuyao').

3.3. Metodología

Para el procedimiento de análisis se planteó desarrollarlo en cuatro (04) fases fundamentales: trabajo inicial delimitación reconocimiento, de campo recopilación de datos, de laboratorio análisis y resultado y final de gabinete conclusión y discusión.

3.3.1. Estimación de Carbono de acuerdo a la gradiente

3.3.1.1. Estratificación del área

Se examinó el área de estudio de acuerdo al mapa de ubicación del predio Valeria y San José, para poder determinar áreas en unidades homogéneas y establecer los puntos de muestreo.

Cuadro 6. Rango de altitudes

Rango de altitudes.	
Estratos de muestreo	Rango de altitudes (m.s.n.m)
Parcela 1	690 – 730
Parcela 2	980 – 1100

3.3.1.2. Diseño de muestreo

Se estableció los espacios de prueba a través de un croquis de muestreo al azar estratificado (SCHLEGEL *et al.*, 2001), para esto trabajé con dos (02) parcelas de 1000 m², (50 m x 20 m), (HIGUCHI, 1982) situadas al azar, dentro de las pendientes ya definidas. Cada una de las parcelas las dividí en dos sub parcelas de 50 x 10 (MACDICKEN, 1997); una de las sub parcelas la utilicé

para la prueba de hojarascas la cual dividí en 4 partes iguales; en la segunda sub parcela de 50 x 10 se estableció dos parcelas de 25 x 10 para la prueba de suelo (COS) y raíces; en cada una de las parcelas se ubicó un área de 1 m² (ICRAF, 2009).

Para obtener los datos para el cálculo del pH y textura se adquirió de la combinación de suelos de cada una de las honduras establecida para la prueba de suelos (COS). ICRAF (2009); CATIE (2008) recomiendan realizar la prueba hasta una hondura de 30 cm, en rangos de 0 - 10 cm; 10 - 20 cm.

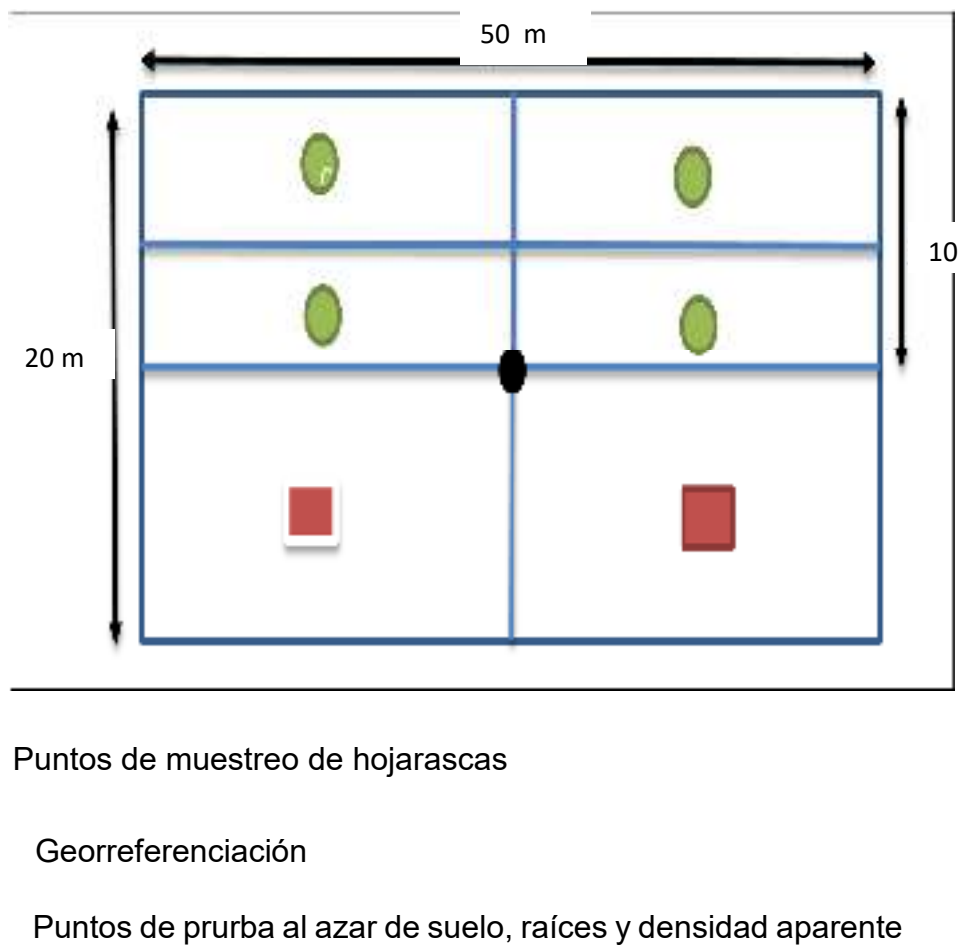


Figura 1. Esquema general de muestreo

3.3.2. Fase de campo

La técnica determinada para el cálculo de biomasa del suelo, radicular y de hojarasca es la recomendada por el Centro Internacional de Investigación en Agroforestería (ICRAF, 2009).

3.3.2.1. Obtención de la muestra de suelo

En la parcela de 50m x 20m elegí al azar dos (02) sub parcelas de 1 m² para hacer las calicatas de 0.30 m x 0.30 m x 0.30 m de hondura en cada plantación para luego definir las honduras de muestreo en los siguientes rangos: 0 - 0,1 m; 0,1 - 0,2 m ICRAF (2009), para adquirir las pruebas de suelo según el plano de la Figura 2. Por cada rango tomare con la ayuda de un barreno una prueba de suelo de 1kg más o menos (ICRAF, 2009).

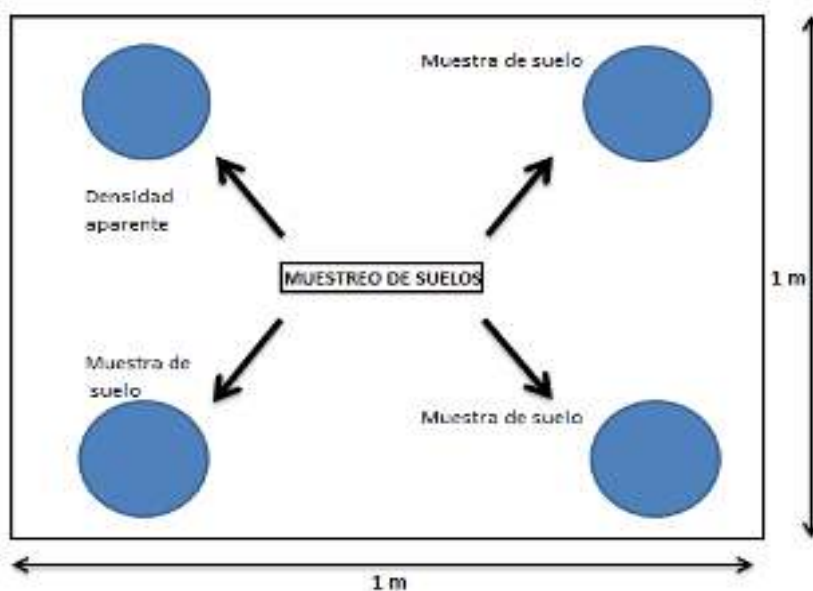


Figura 2. Diagrama de muestreo carbono acumulado en el suelo y raíces (ICRAF, 2009).

3.3.2.2. Obtención de muestras para determinar la densidad aparente

En las mismas honduras y sub parcelas establecidas para la prueba de carbono orgánico en el suelo realicé el siguiente procedimiento introduje el cilindro de volumen 92.25 cm^3 , utilizando mi martillo; para luego sacar el cilindro lleno de suelo, con cuidado para no contaminar o perjudicar la muestra que se encuentra dentro del cilindro. De allí saque el suelo que se encontraba en el cilindro y lo deposite en las bolsas plásticas para llevar al laboratorio para su estudio (MacDICKEN, 1997).

3.3.2.3. Obtención de la muestra de hojarasca

Utilice un dimensiador de madera de 0.25 m^2 y lo coloque en el interior de cada una de las 4 divisiones de la sub parcela de 50×10 (MacDICKEN, 1997), recolecte toda la hojarasca, ramitas, semillas, flores, etc. que encontré en el interior del cuadrante previamente colocado y lo puse en una bolsa plástica previamente enumerada para cada muestra. Este estudio lo realice en los dos estratos en cada una de las coberturas vegetales de los dos distritos.

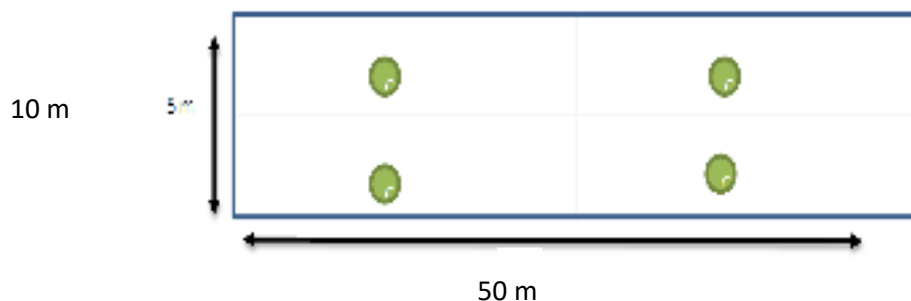


Figura 3. Esquema de muestreo de hojarasca (MacDICKEN, 1997).

3.3.2.4. Obtención de la muestra de raíces

Para obtener las muestras de raíz lo realice en la misma calicata utilizada para la muestra de densidad aparente y trabaje en dos profundidades 0 - 0.10 m; 0.10 - 0.20 m, para lo cual use la pala recta y el machete y extraje las muestras de un área de 0.10 x 0.10 m, para después colocarlas en las bolsas plásticas previamente enumeradas para su estudio (ICRAF, 2009). Dicho trabajo también se realizó en dos 2 estratos en cada una de las coberturas vegetales en los dos distritos.

3.3.3. Fase de laboratorio

3.3.3.1. Obtención de datos de carbono acumulado en el suelo

Para la estimación de carbono acumulado en el suelo, use el método de Walkley y Black, para el cual el contenido de materia orgánica es calculado a través de un análisis en el laboratorio. Antes de enviar las muestras al laboratorio y ser analizadas estas fueron previamente secadas bajo sombra, evitando la llegada del sol hacia las muestras.

Para determinar la densidad aparente use el método propuesto por el Centro Mundial Agroforestal (ICRAF, 2009). Las muestras recopiladas para la obtención de la densidad aparente fueron sometidas a una estufa a una temperatura de 75 °C, hasta adquirir un peso constante. Después de sacar la muestra pese de nuevo para adquirir el peso seco de la muestra.

3.3.3.2. Obtención de datos de carbono en hojarasca

Junte el total de la hojarasca que se encontraba al interior del marco de 0.25 m². la hojarasca húmeda recolectada la envolví en papel periódico y lo pese en la balanza digital para adquirir el peso húmedo, posteriormente se secó en estufa a 75°C por 24 a 48 horas aproximadamente, hasta adquirir un peso constante. Una vez la muestra seca pese nuevamente para así adquirir el peso seco y estimar por diferencia de pesos la biomasa (ICRAF, 2009).

3.3.3.3. Obtención de datos de carbono en raíces

Cuando están escogidas las raíces del suelo (suelo + piedras + raíces), a través de un lavado y tamizado, quedando solamente raíces. Para posteriormente pasar a pesar la muestra en la balanza para adquirir el peso húmedo, y posteriormente ser secado en la estufa a 75 °C por 24 a 48 horas (hasta adquirir peso constante), una vez adquirido el peso constante procedí a pesar la materia seca, y así adquirir la biomasa por diferencia de pesos. Con los valores adquiridos calcule la materia seca por hectárea (t MS/ha) en absoluto.

3.3.4. Fase final de gabinete

3.3.4.1. Cálculos para la determinación de carbono almacenado en el suelo

Para calcular el valor del carbono acumulado en el suelo, use la fórmula propuesta por Walkley y Black (1938):

$$COS = \%CO \times Da \times Ps$$

COS : Carbono orgánico suelos (t/ha)

%CO : 0.58 x %MO (Walkley y Black, 1938)

Da : Densidad aparente (g/cm³)

Ps : Hondura del suelo (cm)

El porcentaje de carbono se dará en kg/ha y transformado a- t/ha.

Para calcular el volumen del cilindro y la densidad aparente utilice las siguientes fórmulas propuestas por MacDICKEN (1997) e ICRAF (2009):

$$V = \pi \times r^2 \times h$$

$$Da = \frac{MS}{V}$$

Donde;

V : Volumen n

r : radio del cilindro

h : altura del cilindro

Da : densidad aparente

MS : masa seca.

3.3.4.2. Cálculos para la determinación de carbono almacenado en hojarasca

Para determinar el valor de carbono acumulado en hojarasca use la fórmula propuesta por el ICRAF (2009):

Biomasa = peso seco

$$CH = \text{Biomasa (t/ha)} \times 0.50$$

Dónde:

CH : Carbono en hojarasca

0.50 : Valor propuesto por IPCC.

3.3.4.3. Cálculo para la detreminacion de carbono almacenado en raíces

Para el cálculo de carbono acumulado en la raíz utilice la fórmula propuesta por (ICRAF, 2009)

Biomasa = peso seco

CR = Biomasa (t/ha)x0.50

Dónde:

0.50: valor propuesto por el IPCC.

3.4. Cálculo de correlación de carbono acumulado en la gradiente altitudinal

Lo realice mediante el coeficiente de correlación de Pearson

La fórmula para el coeficiente de correlación producto o momento r de Pearson es la siguiente:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Donde x e y son las medias de muestra promedio (matriz 1) y promedio (matriz 2).

3.5. Valorización de la parcela

Para la valoración del carbono se utilizó el valor estimado promedio de 4 dólares americanos (PCF, 2005).

$$VP = CA * PC$$

Donde:

VP: valor de parcela

CA: carbono acumulado

PC: precio de carbono

IV. RESULTADOS

4.1. Carbono almacenado en tres tipos de cobertura: bosque secundario, cacao y pastizal.

4.1.1. Contenido de carbono almacenado de los diferentes cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado con respecto a la textura

En el cuadro 7 y figura 4, se indica el carbono absoluto acumulado en el suelo de cada una de los cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado. Se observa que la cobertura que presenta mayor cantidad total de carbono almacenado es el bosque con 103.72 t/ha; 101.97 t/ha seguido por el cultivo de cacao con 71.79 t/ha; 75.63 y el cultivo de pasto con 66.52 t/ha; 54.92 t/ha con una textura de franco arenoso y franco; franco y franco limoso; franco arcillo arenoso y franco respectivamente.

Cuadro 7. Contenido de carbono absoluto en el suelo por cultivo con respecto a la textura

Sector	Cultivo Actual	Carbono total en el suelo (t/ha)	Textura
Los Milagros	Bosque	103.72	Franco arenoso
Los Milagros	Cacao	71.79	Franco
Los Milagros	Pasto	66.52	Franco arcillo arenoso
José Carlos M.	Bosque	101.97	Franco
José Carlos M	Cacao	75.63	Franco limoso
José Carlos M	Pasto	54.92	Franco

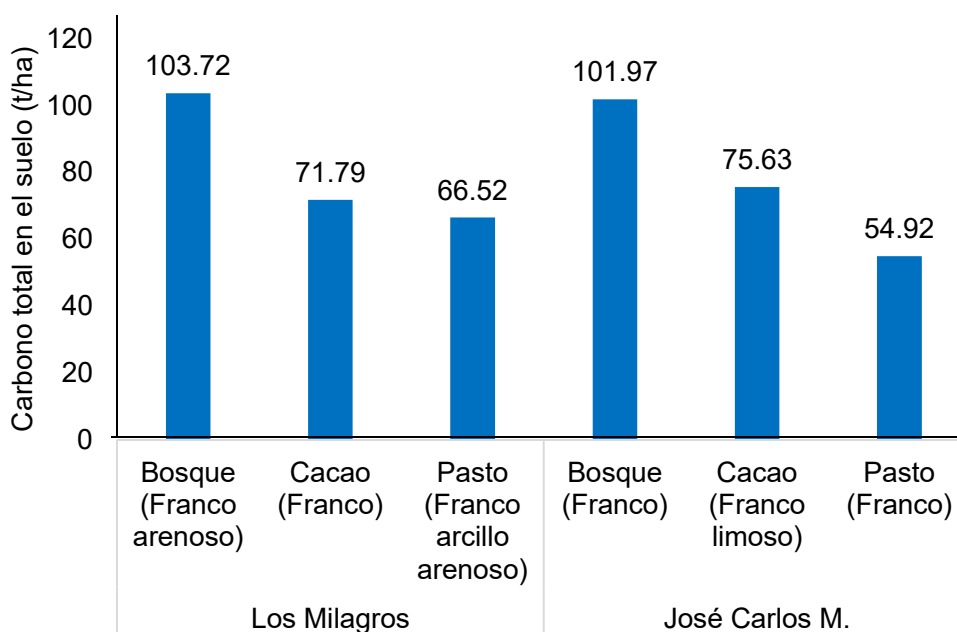


Figura 4. Porcentaje total de carbono acumulado en el suelo

4.1.2. Porcentaje total de carbono acumulado en el suelo de los diferentes cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado con respecto a la M.O

En el cuadro 8 y figura 5, se indica el carbono absoluto acumulado en raíces de cada una de los cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado. Se observa que la cobertura que presenta más cantidad de carbono acumulado es el bosque con 103.72 t/ha; 101.97 t/ha seguido por el cultivo de cacao con 71.79 t/ha; 75.63 t/ha y el cultivo de pasto con 66.52 t/ha; 54.92 t/ha respectivamente, con una materia orgánica 5.49 y 5.075; 4.195 y 4.255; 4.08 y 3.625 respectivamente.

Cuadro 8. Contenido total de carbono en el suelo con respecto a la M.O

Sector	Cultivo Actual	Carbono total en el suelo (t/ha)	M.O (%)
Los Milagros	Bosque	103.72	5.49
Los Milagros	Cacao	71.79	4.195
Los Milagros	Pasto	66.52	4.08
José Carlos M	Bosque	101.97	5.075
José Carlos M	Cacao	75.63	4.255
José Carlos M	Pasto	54.92	3.625

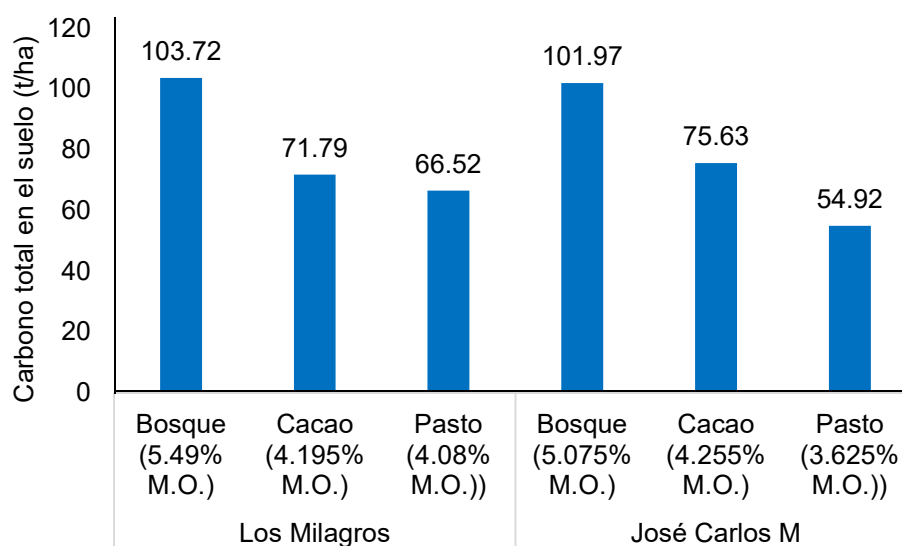


Figura 5. Contenido total de carbono acumulado en el suelo con respecto a la M.O

4.1.3. Porcentaje de carbono almacenado en el suelo de los diferentes cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado con respecto a la densidad

En el cuadro 9 y figura 6, se indica el carbono absoluto acumulado en el suelo de cada una de los cultivos vegetales en la provincia de Leoncio Prado. Se observa que la cobertura que presenta más cantidad de carbono acumulado es el bosque con 103.72 t/ha; 101.97 t/ha % seguido por el cultivo de cacao con 71.79 t/ha; 75.63 t/ha y el cultivo de pasto con 66.52 t/ha; 54.92 t/ha con una densidad de 1.21 y 1.38; 1 y 1.11; 1.18 y 1.09 respectivamente.

Cuadro 9. Contenido de carbono acumulado en el suelo

Sector	Cultivo Actual	Carbono total en el suelo (t/ha)	D.A (%)
Los Milagros	Bosque	103.72	1.21
Los Milagros	Cacao	71.79	1
Los Milagros	Pasto	66.52	1.18
José Carlos M	Bosque	101.97	1.38
José Carlos M	Cacao	75.63	1.11
José Carlos M	Pasto	54.92	1.09

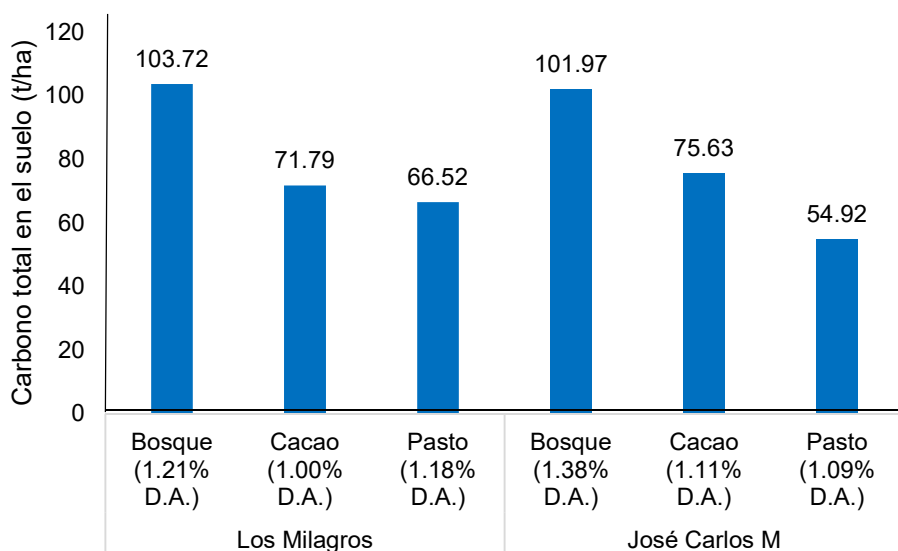


Figura 6. Porcentaje de carbono acumulado en el suelo con respecto a la densidad aparente

4.2. Correlación de carbono almacenado a la gradiente altitudinal

En el cuadro 10 y figura 7, se indica que el carbono absoluto acumulado en el suelo entre las dos gradientes altitudinales en la provincia de Leoncio Prado. La mayor dosis de carbono se encuentra en el primer gradiente altitudinal (690 -730 m.s.n.m). El coeficiente de Pearson estimado es de - 0.14, existiendo una correlación negativa muy baja, es decir; cuando la altitud incrementa el porcentaje de carbono en el suelo disminuye.

Cuadro 10. Porcentaje de carbono en el suelo de acuerdo a la gradiente altitudinal

Gradientes	Altitudes (m.s.n.m.)	Altitud (m.s.n.m.)	Cultivo	Sector	Carbono en el suelo (t/ha)
Parcela 1	690-730	710	Bosque	Los Milagros	103.72
		710	Cacao	Los Milagros	71.79
		720	Pasto	Los Milagros	66.52
Parcela 2	980-1100	1010	Bosque	José Carlos M	101.97
		980		Cacao	José Carlos M
		980	Pasto	José Carlos M	54.92
			Pasto	Los Milagros	54.92

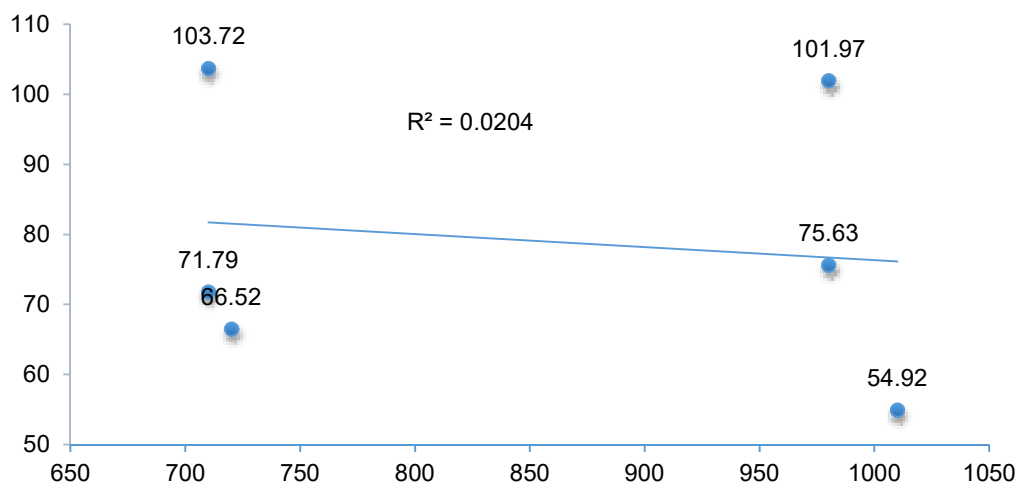


Figura 7. Porcentaje de carbono acumulado en el suelo con un ajuste al coeficiente de correlación de Pearson

4.3. Valorización de las parcelas con respecto al contenido de carbono almacenado

El cuadro 11 nos señala el porcentaje de carbono acumulado total en cada uno de los cultivos, mostrándonos que la parcela 2 es el que más carbono almacena (2813.68 t/ha); que en la parcela 1(2334.95 t/ha) y su valoración como se observa en el cuadro 12 es de 9339.8 dólares americanos en la parcela 2 y el par en la 11254.72 dólares americanos

Cuadro 11. Valor total del terreno con respecto al cultivo y carbono almacenado

Sector	Cultivo	C t/ha	Nº ha	C t/ha	C dólares
Los Milagros	Bosque	103.72	16	1555.8	6223.2
José Carlos M.	Bosque	71.79	15	646.11	2584.44
Los Milagros	Cacao	66.52	9	133.04	532.16
José Carlos M	Cacao	101.97	12	1631.52	6526.08
Los Milagros	Pasto	75.63	2	907.56	3630.24
José Carlos M	Pasto	54.92	5	274.6	1098.4

Cuadro 12. Valoración total del terreno con respecto al carbono.

Valoración total del terreno		
Cobertura	Parcela 1	Parcela 2
Bosque	6223.2	6526.08
Cacao	2584.44	3630.24
Pasto	532.16	1098.4
Total	9339.8	11254.72

V. DISCUSIÓN

5.1. Carbono almacenado en tres tipos de cobertura: bosque secundario, cacao y pastizal.

5.1.1. Del carbono total acumulado en el suelo por tipo de cultivo con respecto a la textura

Como se observa en el cuadro 7 y figura 4 el cultivo con más cantidad de carbono acumulado es el bosque y la de menor cantidad es el pasto; una de las razones podría ser la textura del suelo ya que tiene una textura franco arenosa y franco respectivamente. Como mencionan QIAN y FOLLET *et.al.* (2010) indican que los suelos arenosos poseen partículas de arcilla y limo en mayores cantidades con respecto a los suelos arcillosos.

Una de los factores por la que el pasto tiene el menor carbono almacenado podría ser el sobrepastoreo. FAO (2000) el sobrepastoreo es la principal causante de la degradación y disminución de carbono, debido a la compactación del suelo por el mal uso y abuso del pasto con respecto a la cantidad de vacuno por hectárea.

El porcentaje de carbono en el suelo va de la mano con el uso y manejo que le estarían dando a dicho cultivo o sistema; ya que eso determinaría su formación y nos permitiría determinar el carbono acumulado en el suelo.

Al respecto HONTORIA, *et al* (2004); MARTINEZ (2008) indica que el porcentaje o dosis de carbono orgánico, no solo está relacionada a condiciones climáticas, desarrollo de la planta, tipo de suelo, sino que este entrelazado al uso y manejo del suelo.

5.1.2. Del carbono total acumulado en el suelo por tipo de cultivo con respecto a la M.O

En el cuadro 8 figura 5 el cultivo con más cantidad de carbono acumulado es el bosque y a de menor contenido es el pasto una de las razones podría ser el contenido de materia orgánica (parcela 1 y parcela 2); ya que el humus que resulta de la descomposición de la materia orgánica contribuye a fortalecer la estabilidad de la estructura, y a aumentar la porosidad facilitando el almacenamiento de carbono. Que concuerda con (MAGFOR, 2005) indica que la hojarasca y restos como ramas (materia orgánica e inorgánica) , son importantes ya que al descomponerse forman materia orgánica actica (dependiendo del tipo de suelo, sus nutrientes y otros factores) que se iran convirtiendo en materia orgánica estable acumulando mayores cantidades de carbono.

Son varios los factores que afectan la acumulación de carbono las cuales pueden ser la erosión hídrica y eólica, la mineralización, la lixiviación entre otros. Estos procesos o mecanismos crean o producen una pérdida considerable de materia orgánica en el suelo afectando así la acumulación de carbono. FAO (2000).

LAPEYRE *et al.* (2004) nos plantean que mientras más tiempo o largo sea la existencia de un ecosistema o comunidad mayor es la cantidad o acumulación de biomasa; es decir por ejemplo que mientras más antiguo sea un bosque o un cultivo mayor es el contenido de biomasa en tanto mayor acumulación en contenido de carbono.

5.1.3. Del carbono total acumulado en el suelo por tipo de cultivo con respecto a la densidad

En el cuadro 9 figura 6. Se presenta la dosis de carbono acumulado en raíces, notándose que el cultivo con más porcentaje de carbono acumulado es el bosque, seguido por el cultivo de cacao y por último el de pasto. Unos de los factores podrían ser la densidad ya que a medida que se acumula más carbono orgánico al suelo se reduce su densidad aparente.

Se puede notar una tendencia en la reducción de esta variable que puede ser debido a que el ciclo vegetativo de las diferentes SUT con respecto a sus raíces la cual nos permite una acelerada descomposición de necro masa mayor, incrementando así la fijación de la materia orgánica al suelo y reduciendo la compactación del suelo. Otra explicación para la menor densidad aparente es la conformación de su sistema radicular; (ALVARADO Y FORSYTHE, 2005) Esta reducción en densidad aparente nos indica que los suelos que sean más sueltos, fomentan el crecimiento y exploración de raíces, facilita la aireación, la movilidad del agua y la toma de nutrientes por las plantas.

Según ICRAF (2009); KIMMINS, 2004 citado por VACCARO *et al.* (2003) la cantidad de raíz del tipo no arbórea se encuentra en más cantidades

en la superficie del suelo, reduciendo considerablemente a medida que se acrecenta la profundidad. Estas variaciones en la dosis de carbono encontrado en la raíz pueden ser producidos por de varios factores, siendo los más considerados las dimensiones de las plantas o antigüedad, las sucesiones y los cambios ambientales (RODRIGUEZ et. al. (2008); ANDRADE et al. (2003)).

Los estudios de la biomasa radical basándose a los resultados obtenidos su determinación dependerá de varios factores tales como Las profundidades de la toma de muestra, la estación del año en la que se toma la muestra, (DOLL et al, 2008).

5.2. Correlación de carbono almacenado a la gradiente altitudinal

En el cuadro 10 y figura 7, se señala que el carbono absoluto acumulado en el suelo entre las dos parcelas en la provincia de Leoncio Prado el mayor porcentaje de carbono se encuentra en la primera parcela (690-730 msnm). El coeficiente de Pearson calculado es de -0.14, existiendo una correlación negativa muy baja, es decir; cuando la altura se acrecenta el porcentaje de carbono en el suelo se reduce esto indica una dependencia total entre las dos variables. Uno de los factores podría ser la materia orgánica que concuerda con lo que menciona Ochoa et al. (2000) indica que hay una relación directa entre el contenido de carbono orgánico en el suelo y la altura. En relación a lo anterior (ALVARADO Y FORSYTHE, 2005) hacen referencia a la disminución en altura, tiene un efecto positivo en la acumulación de carbono en la biomasa, ya que a medida que aumenta la altura aumenta el carbono orgánico disminuye.

En el actual análisis se propone como supuesto: que los suelos ubicados a menor altura sobre el nivel del mar presentan más acumulación de carbono, en paralelo a los suelos situados a una altura mayor. Los datos adquiridos de carbono acumulado en el suelo contrastan este supuesto, observando que en la figura 8, una correlación inversa de ($R = -0.37$), mientras que la altura se incrementa, la dosis de carbono acumulado en el suelo reduce

5.3. De la valoración del terreno con respecto al carbono total almacenado

En el cuadro 13, observamos que los valores encontrados de carbono almacenado en la parcela 1 y 2 en sus diferentes cultivos como (Bosque, Cacao y pasto).

El mecanismo de desarrollo limpio es un comercio internacional creciente que promueve la conservación de los diferentes ecosistemas para así prevenir desastres naturales, contaminación de agua, suelo y aire; entre otros, disminuyendo así la deforestación de las diversas especies forestales, normalizando el clima, restableciendo las características del agua, la flora, la fauna, beneficiándose con una compensación monetaria con incentivo a cambio del manejo controlado de los recursos generando así mismo empleos mejorando el ambiente y su conservación. (PCF, 2005)

VI. CONCLUSIONES

1. De la dosis de carbono acumulado en la hojarasca, suelo y raíz; se encontró la mayor cantidad en el bosque, seguido por el cultivo de cacao, y en menor cantidad el pasto. En la parcela 1 y la parcela 2 determinándose que los bosques acumulan una superior dosis de carbono.
2. La correlación de carbono almacenado en el suelo es negativa, estableciéndose que a menores alturas (690 - 730 msnm) la dosis de carbono acumulado es mayores.
3. La parcela que mayor valor con respecto al carbono almacenado es el Fundo San José. 11254.72 dólares americanos; seguido por el Fundo Valeria con 9339.8 dólares americanos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Tomar en consideración los datos de la presente investigación incluyéndolo en los diversos proyectos con charlas relacionadas para mejorar el manejo de los diferentes cultivos para hacer un mejor uso del suelo.
2. Tomar consideración los datos de la investigación con el fin de ejecutar un balance en la valorización de almacenamiento de carbono en beneficio de los agricultores para la venta de carbono.
3. Considerar en futuras investigaciones de almacenamiento de carbono a factores como humedad del suelo, temperatura y aireación.

VIII. ABSTRAC

The information and content of carbon in the soil in different use systems and with respect to the altitude is scarce. The purpose of this research consisted of the analysis of carbon at the rate storage cover (forest, cocoa and grass); and Elevational gradient. The study was developed with the stratification of the area, taking into account altitudinal gradients 2 690-730 meters and 980-1100 meters, every gradient is established three plots of 20 m x 50 m, which was divided into two sub plots of 25 x 10 m for sampling of organic carbon in the soil, roots, and bulk density and at depths of 0-10 cm. 10-20 cm., and a plot of 50 x 10 for hojarascas sampling. Then is determined its correlation using the method of Pearson and its valuation taking in has to the PCF. Data processing allowed to determine in the three studied components being soil organic carbon hojarascas by type of coverage (forest, cocoa pasture), and roots (1555.80 t / ha, 646.11 t / has and 133.04 t / has); (1631.52 t / has, 907.36 t / has and 274.60 t / has) respectively being the greater amount of carbon stored is gave in the forest, 1555.80 t / has, 1631.52 t / has and the less in the grass 133.04 t / has, 274.60 t / has, its correlation with the altitude (plot 1 and 2);(-0.14) and its valuation total of them 2 plots. (9339.8; 11254.72 U.S. dollars). Coming to the conclusion that the forest which is more collect carbon with respect to the other coverage, their correlation is reverse negative low negative, and finally the greater appreciation in the plot 2.

IX. REVICION BIBLIOGRAFICA

ACOSTA M., ETCHEVERRS D., MONREAL C., QUEDNOW E., HIDALGO C. 2001. Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. Colegio de Postgraduados, México. 15 p.

ALBAREJO, J., MARTINEZ, M., ALMAGRO, M., RUIZ, A., ORTIZ, R. 2010. Factores de control en la dinámica del carbono de los suelos de la región de Murcia, España 155-158 p.

ALEGRE J., ARÉVALO L., RICSE A., BARBARAN J. y PALM C. 2001. Reservas de Carbono y emisión de gases con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonía peruana. Symposium Internacional de Agroforesteria. Manaus, Brasil EMBRAPA 21-24 de noviembre 2000.

ALEGRE J., RICSE A., ARÉVALO L., BARBARÁN J. y PALM C. 2000. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU) Boletín informativo. 12: 8-9, 58 p.

AREVALO L.J, ALEGRE y PAM C. 2003. Manual de determinación de las reservas de carbono en los diferentes sistemas de uso de tierras en Perú. ICRAF, CODESU, INIA, INRENA. Ediciones Gráfica Miguel Álvarez.

ÁVILA, G; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M. y IBRAHIM, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios

ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforesteria en las Américas*. 8 (30):32.

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. 100p.

ICRAFF, 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Lima, Perú. 79 p.

CATIE, 2008. Diseño de actividades REED para la mitigación del cambio climático. Turrialba, Costa Rica. 51 p.

CHIDIK, M.; MOREIRA, A. y GRECO, C. 2003. Captura de carbono y desarrollo sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafío. CEPAL, Universidad de San Andrés y CENIT. 59p.

DE LA CRUZ, M. 2010. Estimación del carbono almacenado en plantaciones de palma aceitera (*Elaeis guineensis* Jacq) de diferentes edades en Tocache-San Martín. 89p.

ESPINOZA, Y. 2005. Captura del carbono en el suelo. CENIAP HOY. Venezuela. Pp. 254 – 260.

ESTRADA, P. 2001. Cambio Climático Global: Causas y Consecuencias. 16 ed. México. 11 p.

- GALLARDO, A. 2001. Descomposición de hojarasca en ecosistemas mediterráneos. Páginas 95-122 En R. Zamora, y F. I. Pugnaire (Editores) Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional. Textos Universitarios nº32, CSIC y AEET, Castillo y Edisart, S. L.
- GUZMÁN, A., LAGUNA, I., MARTÍNEZ, J. 2006. Los mecanismos flexibles del protocolo de kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. [En línea]: INE, (<http://www.inei.gob.mx/ueajei/publicaciones.html>, documentos, 15 Feb.2012).
- HERRERA. B; ALVARADO, A. 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. *Agronomía Costarricense* 22 (1): Pp 99-117.
- 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. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 95p.
- 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.
- LAPEYRE, Z.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 In: Ecología Aplicada 3(1,2): Pp. 35-44.

LUCENA, A. 2002. Un proyecto internacional estudia la influencia de la Amazonia en el Cambio Climático; Proyecto LBA: Experimento de gran escala de la Biosfera – Atmosfera en la Amazonia, Master CTS – Universidad de Salamanca. 17 p.

MACDICKEN, K. 1997. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 43 p.

MAGFOR (2005). Ministerio Agropecuario y Forestal. Nicaragua, Potencial de Plantaciones Forestales y Fijación de Carbono en Nicaragua, 1ra Edición - Managua. 65 p.

QIANY FOLLET 2010. Como monitorear el captura de carbono en los sistemas silvopastoriles. Agroforesteria en las Américas 109 p.

ORDOÑEZ, J. 1999. Captura de Carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. México, Instituto Nacional de Ecología. 81 p.

ORTIZ, G. y RIASCOS, C. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* y laurel *Cordia alliodora* en la reserva indígena de Talamanca, Universidad de Nariño, Costa Rica. 87p.

- PARDÉ, M. 1980. Forest Biomass Forestry products abstract: review article. Commonwealth Forestry Bureau. 192p.
- PNUD. 1997. Protocolo de Kyoto para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Pp. 2 - 4.
- RIOS, A, J. 2007. Almacenamiento de carbono y valoración económica en sistemas de uso de tierra comparados con el cultivo de coca (*Erythroxylon coca L.*) en el distrito de José Crespo y Castillo, Perú. 125 p
- RÍOS, R. R. 2006. Paquete Tecnológico Ofertado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, para el cultivo del cacao y últimos resultados de investigación. Taller Nacional: "Estandarización de la Oferta Tecnológica del Cultivo del Cacao en el Perú" ACCESO, IICA, USAID, WCF, CICAD/OEA. Lima, Perú. 16 de mayo 2006.
- RONCAL-GARCÍA, S.; SOTO-PINTO, L.; CASTELLANOS-ALBORES, J.; RAMÍREZ-MARCIAL, N.; DE JONG, B. 2008. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*, 33(3): 200-206.
- SCHLEGEL, B, GAYOSO, J. GUERRA, J. 2001. Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 17 p.
- UNFCCC. 1998. El protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Publicado por la secretaría del cambio climático con el apoyo de la oficina de Información sobre las convenciones del PNUMA.

[En línea]: Unfcc, (<http://unfcc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>).

ZECH, W.; WILCKE, W. & VALAREZO, C.; 1999. Influencia del uso del suelo en las propiedades del suelo y de elementos en los bosques montañosos del Sur del Ecuador. Informe de los resultados del periodo 1997 – 1999. Loja, Ecuador.

X. ANEXO

Anexo 1. Cálculo de carbono almacenado en (suelo, raíces y hojarasca (t/ha).

Cuadro 13. Cálculo de carbono almacenado en el suelo

Sector	Cultivo	Prof.	Peso seco	Dens. Aparente	M.O	%CO	COS t/ha
Los Milagros	Bosque	20	111.46	1.21	5.49	3.18	76.95
José Carlos M.	Bosque	20	127.29	1.38	5.075	2.94	81.23
Los Milagros	Cacao	20	92.54	1	4.195	2.43	48.81
José Carlos M.	Cacao	20	103.24	1.11	4.255	2.46	55.24
Los Milagros	Pasto	20	108.895	1.18	4.08	2.36	55.87
José Carlos M.	Pasto	20	101.26	1.09	3.625	2.1	46.16

Cuadro 14. Cálculo de carbono en bosque almacenado en raíces (parcela 1)

Profundidad de muestreo	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
10	0.068	0.044	4.4	44	22
20	0.059	0.015	1.5	15	7.5
Total					29.5

Cuadro 15. Cálculo de carbono en cultivo de cacao en raíces (parcela 1)

Profundidad de muestreo	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m2	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
10	0.058	0.033	3.3	33	16.5
20	0.06	0.004	0.4	4	2
Total					18.5

Cuadro 16. Cálculo de carbono en cultivo de pasto en raíces (parcela 1)

Profundidad de muestreo	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m2	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
10	0.038	0.018	1.8	18	9
20	0.008	0.004	0.4	4	2
Total					11

Cuadro 17. Calculo de carbono en bosque almacenado en raíces (parcela 2)

Profundidad de muestreo	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m2	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
10	0.071	0.009	0.9	9	4.5
20	0.005	0.003	0.3	3	1.5
Total					6

Cuadro 18. Cálculo de carbono en cacao almacenado en raíces (parcela 2)

Profundidad de muestreo	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
10	0.062	0.038	3.8	38	19
20	0.059	0.004	0.4	4	2
Total					21

Cuadro 19. Cálculo de carbono en pasto almacenado en raíces (parcela 2)

Profundidad de muestreo	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
10	0.036	0.015	1.5	15	7.5
20	0.007	0.003	0.3	3	1.5
Total					9

Cuadro 20. Cálculo de carbono en bosque almacenado en hojarascas (parcela 1)

Sub parcela	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
h1	0.152	0.12	0.48	4.8	2.4
h2	0.171	0.127	0.508	5.08	2.54
h3	0.152	0.096	0.384	3.84	1.92
h4	0.309	0.236	0.944	9.44	4.72
Promedio					2.895

Cuadro 21. Cálculo de carbono en cultivo de cacao almacenado en hojarascas (parcela 1)

Sub parcela	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
h1	0.129	0.094	0.376	3.76	1.88
h2	0.161	0.119	0.476	4.76	2.38
h3	0.165	0.092	0.368	3.68	1.84
h4	0.182	0.14	0.56	5.6	2.8
Promedio					2.225

Cuadro 22. Cálculo de carbono en pasto almacenado en hojarascas (parcela 1).

Sub parcela	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
h1	0.125	0.061	0.244	2.44	1.22
h2	0.219	0.07	0.28	2.8	1.4
h3	0.175	0.09	0.36	3.6	1.8
h4	0.134	0.059	0.236	2.36	1.18
Promedio					1.4

Cuadro 23. Cálculo de carbono en bosque almacenado en hojarascas (parcela 2)

Sub parcela	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
h1	0.184	0.145	0.58	5.8	2.9
h2	0.281	0.236	0.944	9.44	4.72
h3	0.195	0.132	0.528	5.28	2.64
h4	0.199	0.141	0.564	5.64	2.82
Promedio					3.27

Cuadro 24. Cálculo de carbono en cultivo de cacao almacenado en hojarascas (parcela 2).

Sub parcela	Peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
h1	0.095	0.07	0.28	2.8	1.4
h2	0.154	0.128	0.512	5.12	2.56
h3	0.196	0.144	0.576	5.76	2.88
h4	0.183	0.087	0.348	3.48	1.74
Promedio					2.145

Cuadro 25. Cálculo de carbono en pasto almacenado en hojarascas (parcela 2).

Sub parcela	peso fresco (kg)	Peso seco de la muestra (kg)	Peso seco m ²	Peso seco (t/ha)	C (t/ha)
h1	0.139	0.056	0.224	2.24	1.12
h2	0.125	0.036	0.144	1.44	0.72
h3	0.135	0.054	0.216	2.16	1.08
h4	0.19	0.056	0.224	2.24	1.12
Promedio					1.01

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 8. Vista de la parcela 1 de cacao



Figura 9. Toma de muestra de la parcela 2



Figura 10. Calicata para el muestreo de la parcela 1.



Figura 11. Muestra hojarasca de la parcela 2



Figura 12. Proceso de análisis de las muestras (textura)



Figura 13. Proceso de análisis de muestras (pH)