

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS
NATURALES RENOVABLES



CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO EN LOS DISTINTOS
SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA EN EL CAMPO EXPERIMENTAL
DE TULUMAYO - LEONCIO PRADO

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES

MARGOT MARIBEL GONZALES ANDIA

Promoción: 2003 - I

Tingo María - Perú

2011



P06

G69

Gonzáles Andia, Margot M.

Capacidad de Captura de Carbono en los Distintos Sistemas de Uso de la Tierra en el Campo Experimental de Tulumayo- Leoncio Prado. Tingo María, 2011

58 h.; 48 cuadros; 23 fgrs.; 10 formulas; 18 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Forestales) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

**1. CAPTURA-CARBONO 2. SISTEMAS AGROFORESTALES 3. USO-TIERRA
4. BIOMASA VEGETAL 5. ESPECIES FORESTALES 6. PERU.**



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

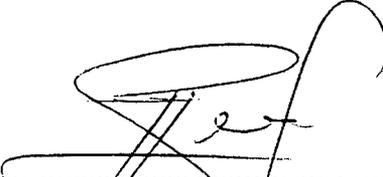
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 17 de enero de 2007, a horas 11:00 a.m. en la Sala de Conferencias de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“CAPACIDAD DE CAPTURA DE CARBONO EN LOS DISTINTOS SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE TULUMAYO - LEONCIO PRADO”

Presentado por la Bachiller: **MARGOT MARIBEL GONZALES ANDIA**, 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**”.

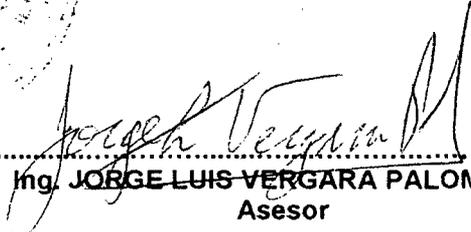
En consecuencia la sustentante queda apta para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 04 de diciembre de 2009


.....
Ing. RAUL ARAUJO TORRES
Presidente


.....
Ing. M.Sc. JOSÉ LEVANO CRISOSTOMO
Vocal


.....
Ing. M.Sc. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE
Vocal


.....
Ing. JORGE LUIS VERGARA PALOMINO
Asesor

DEDICATORIA

Con ferviente amor a Dios y a mis padres Victoria y Fausto quienes con mucho esfuerzo y amor han hecho posible culmine esta etapa de mi vida, gracias por su confianza.

A mis hermanos Nancy, Nelly, Gualberto, Maruja, Fausto, Milagros en especial a Carmen, cuñados y cuñadas. Quienes me enseñaron el verdadero significado de la unión familiar, por el inmenso amor que nos une.

A mis queridos amigos quienes recuerdo con mucho cariño, por todos los momentos compartidos.

Con todo el amor del que Dios pueda permitírseme otorgar a mi familia Noel y Gustavito.

AGRADECIMENTOS

A mi alma mater Universidad Nacional Agraria de la Selva por la formación académica impartida y por acogerme como residente.

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales quienes me han formado con sus enseñanzas a lo largo de mi carrera universitaria.

Al Ing^o. Jorge Luis Vergara Palomino, gracias a su infaltable ayuda como patrocinador y amigo de este trabajo pionero de investigación en Tingo María.

Al CIUNAS por el apoyo en el financiamiento para la ejecución de la presente investigación.

Al Dr. Julio Alegre, gracias por sus importantes aportes para el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Ing^o Mansilla Minaya L, Ing^o Msc. Zavala Solórzano J. por su valiosa y desinteresada colaboración en el presente estudio.

A mis amigos que me ayudaron en la etapa de campo, y laboratorio mis más sinceros agradecimientos: Gracias amigos Jacky Mathews, Cristian Sacramento Señores Mario Sosa y Concepción Ariza gracias por su gentil colaboración.

RESUMEN

Se ha determinado la capacidad de captura carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra (SUT) en la estación experimental de Tulumayo, planteándose los siguientes objetivos: Estimar la capacidad de captura de carbono total por los SUT, comparar los componentes dentro y entre los sistemas de uso de la tierra existentes.

Los SUT evaluados fueron pastura con diferentes alturas de corte (25 cm, 75 cm, 100 cm); agroforestal (Arazá, Sangre Grado, Bolaina - Pijuayo, Capirona - Aguaje); Agrícola (Papaya, Citrico, Cacao). Estimándose el carbono aéreo y edáfico, empleando la metodología de determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú (ARÉVALO *et al.*, 2003). El rigor científico se da con una estadística descriptiva a través de diagrama de cajas (Box Plot) la cual muestra la distribución de las frecuencias validada con una prueba de Tuckey con un nivel de significancia de 0.05.

Es el SAF, que a pesar de su corta de edad (4.6 años = edad máxima) de vida, ocupa numéricamente la más alta capacidad de captura de

carbono frente al Agrícola (25 años = edad máxima) dado que existe una relación directamente proporcional biomasa - carbono. Estadísticamente entre los SAF y los sistemas Agrícolas no existe diferencia significativa, reteniendo 118.779 tC/ha y 95.522 tC/ha respectivamente. Estos dos sistemas superan estadísticamente al sistema Pastura quien retiene 71.734 tC/ha.

Los componentes arbóreo y edáfico aportan los porcentajes más altos para el total de carbono capturado por los SUT en Tulumayo. El componente aéreo se mantiene debajo del 50% el total de carbono en los diferentes sistemas. Es el componente edáfico que supera este porcentaje, presentándose de forma estable, comportándose estadísticamente igual en los SUT evaluados.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.Secuestro de carbono.....	4
2.2.Carbono almacenado.....	4
2.3.Importancia de los sumideros de carbono	5
2.4.Carbono en los suelos	5
2.5.Biomasa y carbono	6
2.6.Papel del carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra.....	8
2.6.1.La agrosilvicultura.....	8
2.6.2.En el pastoreo	10
2.6.3.En los cultivos.....	12
2.6.4.La materia orgánica en los suelos	12

2.7. Investigaciones realizadas en la amazonia peruana.....	13
2.8. Antecedentes de los sistemas evaluados	18
2.8.1. Sistema pastura.....	18
2.8.2. Sistema agroforestal.....	18
2.8.3. Sistema agrícola.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Características ambientales de la zona de estudio.....	22
3.1.1. Ubicación política	22
3.1.2. Ubicación geográfica	22
3.1.3. Clima	23
3.1.4. Antecedentes de la zona de estudio.....	23
3.2. Materiales y equipos	24
3.2.1. Materiales	24
3.2.2. Equipos	25
3.3. Sistemas en estudio.....	25
3.4. Localización y delimitación de parcelas	26
3.5. Determinación de Carbono arbóreo.....	26
3.5.1. Biomasa arbórea	27

3.5.2. Biomasa arbustiva y herbáceo	28
3.5.3. Biomasa de la hojarasca	28
3.5.4. Muestreo de suelos y medición de densidad aparente.....	30
3.6. Diseño de investigación	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
4.1. Capacidad de captura de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el campo experimental Tulumayo...	34
4.2. Carbono existente en los diferentes componentes evaluados en cada sistema de uso de la tierra.....	38
4.3. Comparación de la capacidad de captura de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra.....	43
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. ABSTRACT	53
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
IX. ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Proporción de la Biomasa Forestal.....	7
2.	Medición de árboles para estimación de biomasa arbórea....	27
3.	Biomasa arbustiva y herbácea.....	28
4.	Biomasa de la hojarasca.....	29
5.	Secado de muestras en la estufa	30
6.	Calicatas para el cálculo de carbono en diferentes horizontes	31
7.	Muestras para la determinación de densidad aparente	31
8.	Croquis de ubicación para las distintas evaluaciones.....	32
9.	Flujo anual de carbono por sistema.....	36
10.	Porcentaje de captura de carbono por tipo de componentes – SUT Pastura	38
11.	Comparación de componentes dentro el SUT pastura	39

12. Porcentaje de captura de carbono por tipo de componentes – Agroforestal	40
13. Porcentaje de captura de carbono por tipo de componentes – Agrícola.....	40
14. Comparación de componentes dentro del SUT Agrícola	41
15. Comparación de componentes dentro del SUT - SAF	41
16. Comparación de carbono aéreo	44
17. Comparación del carbono edáfico de los diferentes SUT	45
18. Comparación entre SUT por el total de carbono capturado...	46
19. Sistema Sangre de grado -Arazá.....	59
20. Sistema Bolaina - Pijuayo - Cítrico.....	59
21. Sistema Capirona – Aguaje	60
22. Calicatas para determinación carbono edáfico	60
23. Definición de diferentes horizontes	61

ÍNDICE DE FÓRMULAS

Fórmulas	Página
1. Biomasa arbórea viva (kg/árbol).....	62
2. Biomasa arbórea viva (t/ha)	62
3. Biomasa arbustiva y herbácea	63
4. Biomasa de la hojarasca	64
5. Cálculo de la densidad aparente del suelo (gr/cc)	64
6. Cálculo del peso del volumen de suelo por horizonte de muestreo.	65
7. Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total (t/ha).....	65
8. Calculo del carbono en el suelo	66
9. Cálculo del carbono total del sistema de uso de tierra.....	66
10. Cálculo del dióxido de carbono secuestrado.....	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Cuadro 1.Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas.....	14
2. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Pucallpa, comunidad de Sarita Colonia.....	15
3. Captura de carbono en el área de influencia de la carretera Iquitos, Nauta ...	16
4. Niveles de CO ₂ equivalente capturado por los sistemas evaluados.....	17
5. Flujo anual de carbono y Dióxido de carbono equivalente.....	18
6. Sistemas en estudio con sus respectivas claves	25
7. Carbono capturado (tC/ha) por componentes y total, para cada sistema de uso de la tierra	35
8. Análisis estadístico.....	39
9. Comparación de medias de los componentes Agrícolas.....	42
10. Comparación de medias de los componentes Agroforestal	
11. Comparación de medias del carbono aéreo.....	44
12. Comparación de medias del carbono edáfico	46

13. Comparación de medias para los diferentes SUTs	47
14. Porcentaje de los componentes dentro de los SUT	48
15. Análisis de regresión del carbono aéreo total	68
16. Análisis de la varianza de los sistemas	68
17. Medias y repeticiones de los sistemas	68
18. Análisis de regresión del componente edáfico	68
19. Análisis de la varianza de los sistemas	69
20. Medias y repeticiones de los sistemas	69
21. Análisis de regresión del total	69
22. Análisis de la varianza de los sistemas	69
23. Medias y repeticiones de los sistemas	70
24. Análisis de regresión por SUT (agrícola).....	70
25. Análisis de varianza	70
26. Medias y repeticiones de los componentes.....	70
27. Análisis de regresión del SAF	71
28. Análisis de la varianza (SC tipo III).....	
29. Medias y repeticiones de los componentes (tipo III).....	71
30. Análisis de regresión de los pastos.....	71

31.	Análisis de varianza de los componentes (Tipo III)	72
32.	Medias y repeticiones de los componentes.....	72
33.	Estadística descriptiva dentro los componentes de los SUT	72
34.	Estadística descriptiva dentro los SUT.....	74
35.	Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Pastura, transecto = 4 x 25 m) -Herbáceas y arbustivas.....	75
36.	Biomasa y Carbono en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal, transecto = 4 x 25 m) - Herbáceas y arbustivas	75
37.	Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m) - Herbáceas y arbustivas.....	76
38.	Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal, transecto = 4 x 25 m) - Hojarasca	76
39.	Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m) - Hojarasca	77
40.	Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal, transecto = 4 x 25m) - Vegetación arbórea	77
41.	Biomasa y carbono (Arazá y sangre de grado transecto = 4 x 25 m).	78
42.	Biomasa y carbono (Bolaina, cítrico y Pijuayo transecto = 4 x 25 m)..	78
43.	Biomasa y carbono (Papaya) en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m)	79

44. Biomasa y carbono (Cítrico) en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m)	80
45. Biomasa y carbono (Cacao) en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m)	80
46. Carbono edáfico en el sistema de uso de la tierra (Pastura).....	82
47. Carbono edáfico en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal)...	83
48. Carbono edáfico en el sistema de uso de la tierra (Agrícola).....	85

I. INTRODUCCIÓN

La tierra se mantiene caliente gracias al calor solar retenido en la atmósfera por ciertos gases, esto permite que la temperatura promedio de la tierra se mantenga en 15 °C de otra manera caería a -18 °C; a este proceso se le conoce como el efecto invernadero (CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE, 1999b). Debido a las actividades humanas en los últimos años ha crecido constantemente el volumen de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo notoriamente al cambio climático con las exorbitantes emisiones de GEI, llevando a un incremento de temperatura durante el siglo XXI de unos 2 °C, con un rango de incertidumbre de 1 - 3 a 5 °C (CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE, 1999a). Las actividades que presentan mayor contribución al incremento de GEI son las actividades industriales y agrícolas, siendo el mayor aporte humano a estos gases el dióxido de carbono (CO₂) el cual se estima que contribuye un 50% del calentamiento global (CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE, 1999b).

Los cambios en el uso de la tierra influyen en el clima, debido a que éstos están ligados a una emisión adicional de GEI y al mismo tiempo capturan el CO₂, por ello cabe la interrogante de ¿cuál es la capacidad de captura de carbono en estos sistemas de uso de la tierra (SUT)?.

La captura de carbono es un fenómeno peculiar del proceso fotosintético de los vegetales que toman el CO₂ de la atmósfera para luego ser utilizados y generar el alimento necesario para su crecimiento. En los sistemas de usos de la tierra la cantidad total de carbono almacenado aumenta significativamente en el transcurso del tiempo, en teoría es un sumidero potencial, la sola presencia de vegetales en sí lo avala.

En la actualidad no existe información sobre la capacidad de captura el carbono en los SUT existentes en el Campo Experimental Tulumayo, con el presente trabajo de investigación se obtendrá información que servirá de provisión de argumentos técnicos que sustenten decisiones administrativas y políticas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, y poder acceder a futuros bonos de carbono generado por diversas actividades de reducción de emisiones.

Este estudio se orienta a la estimación y comparación de los diversos SUT en su capacidad de capturar el carbono, como son Sistemas agroforestales (SAF), Sistemas agrícolas y Sistema pastura.

Quizás los bosques sean los principales secuestradores de CO₂, pero existen otras alternativas como pasturas bien manejadas con sistemas silvopastoriles. Es así que, en los sistemas agroforestales se encuentra la mayor cantidad de carbono que en los demás sistemas de uso de la tierra.

Bajo este contexto se plantea los siguientes objetivos:

- Estimar la captura de carbono en los componentes en cada sistema de uso de la tierra.

- Comparar la capacidad de captura de carbono total entre los sistemas de uso de la tierra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Secuestro de carbono

Los árboles y los bosques almacenan carbono. Varios estudios sugieren que las posibilidades de almacenaje son potencialmente altas, refieren sobre tasas de secuestro y pérdida de carbono en los bosques tropicales. Un bosque primario cerrado almacena, entre suelo y vegetación, cerca de 250 toneladas de carbono por hectárea, la agricultura migratoria liberaría cerca de 200 toneladas, y un poco más al convertirse a pastizales o agricultura permanente. Los bosque abiertos albergan alrededor de 115 toneladas de carbono y liberarían entre un cuarto y un tercio al convertirse a otro uso (NASI *et al.*, 2002).

2.2. Carbono almacenado

La cantidad de carbono (C) secuestrado se relaciona con la capacidad del bosque de mantener una cierta cantidad de biomasa por hectárea, la cual está en función a su heterogeneidad y está determinada por las condiciones del suelo y clima (ARÉVALO *et al.*, 2003).

Las plantas tienen la capacidad de almacenar el CO₂ de la atmósfera basado en el hecho de que durante la fotosíntesis se fija el carbono,

que luego utilizan para generar alimento necesario para su crecimiento, estimándose que una hectárea de plantación absorbe alrededor de 10 tC/ha/año de la atmósfera dependiendo de las condiciones del lugar (ARÉVALO *et al.*, 2003).

2.3. Importancia de los sumideros de carbono

Si las predicciones actuales sobre el calentamiento atmosférico son correctas, no solo necesitamos proteger y manejar los bosques de hoy, si no que debemos plantar activamente más árboles a fin de crear los sumideros de carbono que sean necesarios para mitigar los errores del pasado.

El protocolo de Kyoto alienta las actividades de reforestación, forestación ofreciendo oportunidades para obtener créditos de emisiones de carbono, el objetivo es que estos créditos puedan luego negociarse entre las distintas partes. El primer periodo de compromiso es el 2008 - 2012 y los países que desean aprovechar las ventajas de estos créditos deberían comenzar a prepararse de inmediato (CATRIONA, 1998).

2.4. Carbono en los suelos

Los suelos en los ecosistemas terrestres contienen 2 a 4 veces más carbono en forma de sustancia inerte, la producción neta primaria se encuentra entre 120 y 170 mil millones t/ha⁻¹ de materia seca lo que equivale a 75 mil millones t/ha⁻¹ de carbono, de los cuales 2/3 son producidos en ecosistemas terrestres y 1/3 en ecosistemas marinos la misma cantidad de

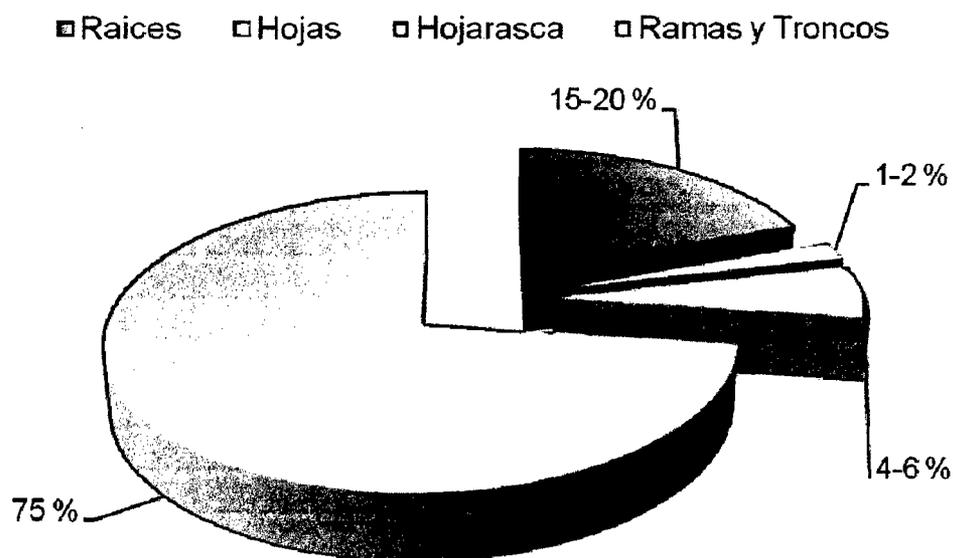
carbono es respirada anualmente y retornada al medio ambiente como CO₂. se determinó también que un 1/3, y a veces la mitad o más, de la energía y carbono que se incorpora al bosque, se encuentra en el suelo en forma de hojarasca (Woods y Gallegos, 1970; citados por BARBARÁN, 2000).

2.5. Biomasa y carbono

La biomasa es el volumen total de materia orgánica sobre la tierra, la escala de interpretación es arbitraria: árbol, hectárea, región, país, etc. Es la densidad de biomasa el mismo concepto expresado por unidad de área (ha). El producto entre densidad de la biomasa por la superficie, dará la biomasa total del espacio requerido (Brown, 1997; citado por CALLO, 2000).

Consideramos sus componentes, epigeos e hipogeos, árboles, arbustos, palmeras arbolillos, lianas, epifitas, etc. y plantas muertas que oferten madera y mulch (BARBARÁN, 2000).

En caso de bosques maduros, los volúmenes de biomasa no arbórea, herbáceos, arbustos y lianas, no suelen superar el tres por ciento de la biomasa total (Jordan y Uhl, 1978; citado por CALLO, 2000). Mientras que en bosques secundarios puede alcanzar hasta 30% (Brown y Lugo, 1990; citados por CALLO, 2000). Del 40 al 50% se incorpora al suelo, proveniente de hojas, ramas y raíces (Regos, 1989; citado por BARBARÁN, 2000).



Fuente: (Ovintong y Odum 1970, citado por BARBARÁN, 1998)

Figura 1. Proporción de la Biomasa Forestal

Sin embargo, en la cuantificación de la biomasa se suelen subestimar algunas variables: las palmeras y las raíces, de aporte oscilante de acuerdo al clima y suelo pueden llegar hasta tercera parte (Brown y Lugo, 1982; Stanford y Cuevas, 1996; Regos, 1989; citados por BARBARÁN, 2000)

Dado a un factor de proporcionalidad entre la biomasa forestal y su contenido de carbono entre 0.45 y 0.5 (Barbarán, 2000; IPCC, 1996; citado por CALLO, 2000) su precisa estimación es fundamental. En consecuencia, los inventarios forestales son el punto de partida para estimación de carbono (Brown y Lugo 1992; citados por CALLO, 2000). Midiendo directamente la biomasa y deduciéndola por modelos alométricos; resultados de regresiones de grandes volúmenes de información en campo (Brown, 1997; citado por CALLO, 2000).

2.6. Papel del carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra

2.6.1. La agrosilvicultura

La agrosilvicultura viene a ser la asociación de árboles con cultivos o pasturas, puede representar una alternativa sostenible a la deforestación y a la agricultura de roza, tumba y quema (Winterbottom y Hazlwood, 1987; Sánchez *et al.*, 1999; Schroeder, 1994; Sánchez, 1995; citados por ROBERT, 2002). Esta práctica tiene un gran potencial para la captura de carbono en tierras de cultivos (Sánchez *et al.*, 1999; citado por ROBERT, 2002).

Una evaluación del almacenamiento de carbono en diferentes ecoregiones. En las áreas tropicales, se puede obtener un almacenamiento de 21 a 50 t C/ha en zonas sub húmedas a húmedas respectivamente, y con ciclos de corte de ocho o cinco años mucho más cortos que en los bosques. En estos cálculos no se incluyó el carbono del suelo: sin embargo, las raíces por si solas podrían incrementar esos valores en 10 por ciento (Schroeder, 1994; citado por ROBERT, 2002).

En los principales sistemas agroforestales se podría mantener el carbono original presente en el ecosistema del bosque. Por ejemplo, en un período de 10 años, *Theobroma cacao* y *Erythrina* sp. se obtuvieron aumentos de 10 y 22 t/ha, respectivamente (Fassbender *et al.*, 1991; citado por ROBERT, 2002).

En principio, la agrosilvicultura podría ser, por varias razones, una de las propuestas interesantes de cambios en el uso de la tierra relacionados con la captura de carbono. En primer lugar, porque la superficie involucrada es considerable y la tasa de ganancia de carbono es relativamente alta 0.2 a 3.1 t/ha/año (IPCC, 2000; citado por ROBERT, 2002) o aún más, dependiendo del tiempo de residencia de los árboles. En segundo lugar, puede mitigar la importante emisión de CO₂ proveniente de la deforestación (Dixon, 1995; citado por ROBERT, 2002).

Finalmente, podría proporcionar un sistema sostenible desde el punto de vista técnico, ecológico y económico. Sin embargo, por razones sociales y culturales, tal tipo de manejo de la tierra es difícil de promover. Por lo tanto, la agrosilvicultura contribuirá, probablemente en menor grado a la captura de carbono (ROBERT, 2002).

Existen valores globales para estimar las tasas anuales de captura de carbono en la forestación de distintas zonas climáticas. La tasa total por encima y debajo del suelo en tC/ha/año aumenta desde las zonas boreales (0.4 – 1.2) y templadas (1.5 – 4.5) hacia las regiones tropicales (4 - 8) (Dixon, 1995; citado por ROBERT, 2002).

Los datos de sobre la distribución del carbono entre la biomasa aérea, las raíces, los residuos y en el suelo indican que el carbono del suelo por si solo representa más que el carbono de la biomasa forestal. Tales proporciones difieren dependiendo de la zona climática; con el máximo de

carbono del suelo en las áreas frías - boreales y templadas - y mínimo en las áreas tropicales (IPCC, 2000; citado por ROBERT, 2002).

Recientemente (Post y Kwon 2000, citado por ROBERT, 2002) encontraron tasas de acumulación potencial de carbono más bajas en los suelos forestales (0.3 a $0.6 \text{ t/ha}^{-1}/\text{año}^{-1}$) que en los suelos de praderas. Las enmiendas de suelos con carbonato de calcio o la fertilización incrementan la biomasa, tanto aérea como en el suelo, siempre que no haya otras condiciones limitantes (ROBERT, 2002).

2.6.2. En el pastoreo

Ya se han mencionado la gran extensión de las tierras de pastoreo y la importancia de las existencias de carbono. Mientras que el total del carbono presente en las praderas es menor que en algunos ecosistemas forestales, la parte del carbono contenido en el suelo puede ser mayor. En general, el contenido de carbono de un suelo bajo pasturas es mayor que bajo cultivos (ROBERT, 2002).

Sin embargo el 70% de las tierras de pastoreo están degradadas. El sobrepastoreo es una de las principales causas de la degradación, especialmente en zonas sub húmedas, semiáridas o áridas donde predominan las pasturas (Pieri, 1989; citado por ROBERT, 2002).

El manejo con fuego es otro método utilizado para controlar las especies leñosas, lo que involucra alguna pérdida de carbono hacia la

atmósfera si bien la transferencia principal es para el carbono vegetal, el cual puede llegar hasta un 30 por ciento del carbono total del suelo (Skjemstad *et al.*, 1996; citado por ROBERT, 2002). Una de las principales soluciones utilizadas en el manejo de las pasturas es el control del pastoreo - intensidad, frecuencia, estacionalidad y también un mejor manejo del fuego para el control de las especies leñosas. Otras soluciones incluyen el mejoramiento del suelo y la calidad de los pastos (ROBERT, 2002).

En lo que se refiere al suelo, uno de los principales factores limitantes para el crecimiento de las plantas es la deficiencia de nutrientes. La fertilización en bajas dosis puede ser una solución (tal vez con Fosforo en lugar de Nitrógeno). Sin embargo, una mejor fertilización nitrogenada, más ecológica y más sostenible, se obtiene mediante la introducción de leguminosas fijadoras de nitrógeno. Otra solución puede ser la modificación de la calidad del pastoreo e introducir especies más productivas con sistemas radicales más profundos, más resistentes a la degradación de las pasturas. Todas estas soluciones incrementarán en buena medida la captura de carbono (Fisher *et al.*, 1994; citado por ROBERT, 2002) ya que las pasturas pueden almacenar muy altas cantidades de carbono en forma estable. Paralelamente, el incremento de los rendimientos también puede ser importante, duplicando o triplicando la producción (ROBERT, 2002).

2.6.3. En los cultivos

Como se indicó anteriormente, el manejo del suelo y de los cultivos puede mejorar en forma importante el tiempo de residencia y el almacenamiento del nuevo carbono en el suelo, lo cual es digno de consideración en el Protocolo de Kyoto (Buyanovski y Wagner, 1998; citado por ROBERT, 2002) o en cualquier acuerdo post-Kyoto (ROBERT, 2002).

Los diferentes tipos de usos de la tierra y de prácticas agronómicas fueron evaluados con respecto a su efecto sobre la captura y la liberación de carbono (Lal, 1999; Batjes 1999, citados por ROBERT, 2002).

2.6.4. La materia orgánica en los suelos

La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (tanto en producción y economía) como en sus funciones ambientales entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica.

La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos. La agregación y la estabilidad de la estructura del suelo aumentan con el contenido de materia orgánica. Estas a su vez, incrementan la tasa de

infiltración y la capacidad de agua disponible en el suelo así como la resistencia contra la erosión hídrica y eólica. La materia orgánica del suelo también mejora la dinámica y la biodisponibilidad de los principales nutrientes de las plantas (ROBERT, 2002).

2.7. Investigaciones realizadas en la amazonia peruana

El Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería, (ICRAF) determinó en Yurimaguas y Pucallpa, la cantidad de carbono almacenado por la biomasa vegetal por los principales sistemas de uso de la tierra en ambas zonas. En los cuadros 1 y 2 se puede apreciar los resultados encontrados.

En líneas generales se puede apreciar la mayor concentración de almacenamiento de carbono en bosque no intervenido o parcialmente intervenidos (foresta) con relación a otros sistema. Destacan también los sistemas agroforestales tratados como mejores alternativas en comparación con sistemas de uso de la tierra tradicional como pasturas, cultivos y en algunos casos mejores que algunos barbechos para el almacenamiento de carbono (GUZMAN y AREVALO, 2003).

Cuadro 1. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Yurimaguas

Sistema de uso de la tierra	Árbol tC/ha (a)	Soto bosque tC/ha	Hojarasca tC/ha (b)	Raíz tC/ha (c)	Suelo tC/ha (d)	Total tC/ha
Foresta						
Bosque de más de 40 a.						
Con ligera extracción de madera	290	3.63	3.93	23.95	38.76	360.3
Barbecho						
Bosque secundario (15años)	184.4	0.82	4.03	3.32	46.54	239.1
Bosque secundario (5 años)	42.1	1.89	2.96	1.66	47.27	95.8
Bosque secundario (3 años)	2.4	1.25	3.44	3.66	43.80	54.6
Cultivos						
Área reciente quemada	46.0	0	0	48.7	50.36	133.7
Cultivo anual (arroz)	16.8	1.91	2.96	29.3	43.60	89.6
Pastos						
Pastura degradada (30 años) Quemada anualmente	0	4.83	5.73	1.5	54.50	63.6
Pastura mejorada con <i>B. decumbens</i> (15 años)	0	1.76	2.36	0.96	72.60	77.7
Sistema agroforestal						
Plantación de pijuayo de (16 a.) Plantación multiestrato	0.4	82.69	2.16	7.49	56.10	148.8
Bactris/Cedrelinga/Columbia	57.3	1.25	6.09	2.63	47.03	114.3

Fuente: GUZMAN y AREVALO (2003).

Cuadro 2. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en Pucallpa, comunidad de Sarita Colonia

Sistema de uso de la tierra	Árbol tC/ha (a)	Soto bosque tC/ha	Hojarasca tC/ha (b)	Raíz ttC/ha (c)	Suelo tC/ha (d)	Total tC/ha
Foresta						
Bosque primario no tocado	160.1	0.83	0.73	2.61	76.81	241.1
Bosque primario extraído de madera	120.3	0.69	1.83	3.48	47.03	173.3
Barbecho						
Bosque secundario (15 años)	121.0	2.21	2.85	1.04	68.33	195.43
Bosque secundario (3 años)	13.2	1.83	5.90	0.28	19.63	40.8
Cultivos						
Área reciente generada	68.33	0.0	0.0	3.27	29.71	101.3
Cultivo anual (arroz)	4.5	1.24	2.12	0.81	22.36	31.0
Cultivo anual (yuca)	0.7	1.75	0.98	0.50	34.16	38.1
Cultivo bi anual (plátano)	6.2	8.08	1.99	0.84	39.16	56.2
Pastos						
Pastura degradada	0	2.42	0.68	0.68	35.74	39.5
Sistema agroforestal						
Plantación de 30 años con hevea	66.6	0.91	6.47	0.35	78.20	152.6
Plantación de palma aceitera	0	37.24	4.14	0.71	57.15	99.2

Fuente: GUZMAN y AREVALO (2003).

En el año 2001 y con apoyo del proyecto BIOFOR diversos trabajos sobre captura de carbono fueron realizados utilizando la metodología de Bronw. El objetivo general de ellos fue proporcionar nuevos instrumentos de política vía estudios de valoración económica. Algunos resultados se puede apreciar en el Cuadro 3 que muestran resultados de la investigación realizadas (Malca, 2001; citado por GUZMAN y AREVALO, 2003).

Cuadro 3. Captura de carbono en el área de influencia de la carretera Iquitos, Nauta

Tipo de Bosque	Tasa de incremento de Biomasa (t/ha/año)	Tasa de secuestro de Carbono (t/ha/año)	Tasa de secuestro de CO ₂ (t/ha/año)
Sistema agroforestal	10.04	4.82	17.68
Reforestación	12.40	5.95	21.85
Purma enriquecida	17.61	8.45	31.01

Fuente: GUZMAN y AREVALO (2003)

La captura de carbono mostrada en el Cuadro 4, es neta solo en sistemas boscosos y en sistemas agroforestales que no tengan fuentes de fuga de GEI. Para el caso de sistemas agrícolas la captura es mucho menor ya que se debería contabilizar las emisiones de GEI por el uso de agroquímicos, los sistemas agrícolas además del pequeñísimo potencial de captura de carbono, son también fuente de emisiones de otros GEI como el N₂O por el uso de fertilizantes, o de CO₂ liberado si realizan quema de residuos agrícolas, siendo su captura neta de CO₂ equivalente aún menor (LAPEYRE, 2004).

Cuadro 4. Niveles de CO₂ equivalente capturado por los sistemas evaluados

Sistemas	C (t/ha)	CO ₂ equivalente
Bosque primario	485.3	1779.43
Bosque secundario. 50 años	234.3	859.10
Bosque secundario 20 años.	62.1	227.70
Arroz	1.7	6.23
Maíz	4.4	16.13
Pastos	2.3	8.43
Café - guaba. 4 años	19.3	70.77
Cacao 15 años	47.2	173.07

FUENTE: LAPEYRE (2004).

Los flujos anuales son los que expresan el dinamismo en acumular el carbono y es el que la comunidad internacional está considerando para el otorgamiento de créditos por éste servicio ambiental. Cabe destacar que los flujos son un promedio de captura anual en el tiempo de vida del sistema, dado que el crecimiento de una población vegetal no se realiza de manera uniforme en el tiempo, existiendo un mayor crecimiento en los primeros años (LAPEYRE, 2004).

El flujo anual de captura de CO₂ equivalente en cada uno de los sistemas, como se observa en el Cuadro 5, es la cantidad que se debe comercializar ambientalmente si se acepta para el segundo período de compromiso el concepto de conservación de bosques, sin embargo para el primer período de compromiso (2008 – 2012), bajo el protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CNUCC), se ha establecido la comercialización sólo de las capturas que se

realicen en plantaciones forestales recientemente establecidas (LAPEYRE, 2004).

Cuadro 5. Flujo anual de carbono y Dióxido de carbono equivalente.

Sistemas	C (t/ha)	C (t/ha/año)	CO ₂ equivalente
Bosque secundario 50 años	234.3	4.69	17.23
Bosque secundario 20 años	62.1	3.10	12.43
Café - guaba 4 años	19.3	4.82	14.92
Cacao 15 años	47.2	3.15	13.31

FUENTE: LAPEYRE (2004).

2.8. Antecedentes de los sistemas evaluados

2.8.1. Sistema pastura

Este sistema está a cargo de la Facultad de Zootecnia, la especie evaluada es una gramínea *Echinochloa polistachia* (camerún), la cual se dividen en potreros de 3.0, 4.0, y 5.0 años de 25.0, 100.0, 75.0 cm de altura respectivamente, medidas que tuvieron en el momento de la evaluación. Los potreros son pastoreados continuamente.

2.8.2. Sistema agroforestal

Este sistema se encuentra a cargo de la Facultad de Recursos Naturales Renovables la cual ha realizado diferentes plantaciones, las mismas

que han sido establecidas en purmas de 7 años, antecedido por cultivos anuales y eventuales, siendo las siguientes algunas de las parcelas evaluadas para la determinación de su capacidad de captura de carbono:

Arazá – sangre de grado, parcela que fue instalada luego de una purma. La plantación se realizó en el mes de Junio de 1999, la edad en el momento de la investigación es de 4.6 años. El distanciamiento de la plantación es de 5 x 5 m. El desmalezado se realiza mediante el macheteo.

Bolaina – pijuayo – cítrico, anterior a esta plantación existía una purma. La plantación se realizó en dos fases siendo la primera fase la plantación de Cítrico y Pijuayo en noviembre del 2001 y una segunda fase se instaló la plantación de la especie bolaina en mayo del año 2003. La evaluación se realizó en febrero del 2004. Esto nos da una idea que la edad de la plantación en sus dos fases en el momento de la evaluación es de 2.25 años y 0.75 respectivamente. El distanciamiento de la plantación es de 5 x 5 m.

Capirona – aguaje, anterior a esta plantación existía una purma. La plantación se realizó en el mes de Junio del 2001. La evaluación se realizó en Marzo del 2004. La edad de la plantación es de 2.75 años, el distanciamiento es de 5 x 5 m. La especie Aguaje no presento el diámetro adecuado para el componente arbóreo para la aplicación de la ecuación alométrica, siendo considerada esta como biomasa arbustiva, para su cálculo de biomasa se sacrificaron individuos más cercanos a las parcelas de investigación, para su posterior estimación de biomasa.

2.8.3. Sistema agrícola

Este sistema es la consecuencia de la actividad tumba y quema de un bosque o purma, los antecedentes de estos cultivos en el estudio fueron los siguientes:

Papaya, el cultivo papaya le pertenece al Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana – Tingo María (IIAP – Tingo María) la instalación se dio luego de antecederle un cañaveral y numerosos cultivos realizados por parte del CIPTALD. El cultivo de papaya fue sembrada el 26 de Mayo del 2003 en un terreno mecanizado de un área de 7, 700 m².

La evaluación se realizó en marzo del 2004, con un distanciamiento de 3 x 2 m, la fertilización se realiza 3 veces al año a los dos meses luego a los cuatro meses y diez meses en el primer año, en el segundo año la fertilización se realiza a los 14 meses y a los 20 mes de instalado con los siguientes fertilizantes: urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y borax. El desmalezado se realiza mediante el macheteo.

Cítrico, el cultivo del cítrico está a cargo del CIPTALD la cual fue instalada luego de los cultivos de maíz, plátano, la evaluación se realizó en Marzo del 2004. La edad de la plantación es de 25 años. El desmalezado se realiza mediante el macheteo. El área de dicho cultivo es de 1,5 ha. El distanciamiento de dicho cultivo es de 5 x 5 m.

Cacao, este cultivo se encuentra a cargo del CIPTALD hace 7 años fue instalada por la ADEX con diferentes clones. La evaluación se realizó en marzo del 2004. El distanciamiento de plantación es de 3 x 3 m. El área de dicho cultivo es de 2 ha.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características ambientales de la zona de estudio

El presente trabajo se realizó en el campo Experimental de Tulumayo ubicada en el kilómetro 26 de la carretera Tingo María – Aucayacu, en los diferentes sistemas de uso de la tierra existentes en la estación.

3.1.1. Ubicación política

- Sector : Santa Lucia
- Distrito : José Crespo y Castillo
- Provincia : Leoncio Prado
- Departamento : Huánuco

3.1.2. Ubicación geográfica

- Altitud : 610 m.s.n.m.
- Latitud sur : 09°17'58''
- Longitud oeste : 67°10'57''

3.1.3. Clima

- Temperatura máxima : 29 °C
- Temperatura mínima : 18 °C
- Precipitación : 3 300 mm

De acuerdo a la clasificación ecológica de Holdridge el clima de este lugar corresponde a un Bosque Húmedo sub Tropical (HOLDRIDGE, sf).

Los tipos de suelos que presenta Tulumayo se caracteriza por ser de fertilidad media, presentar topografía plana, sin horizontes diferenciados, en la época de lluvia presentando gran humedad.

3.1.4. Antecedentes de la zona de estudio

La zona donde se realizó el estudio es un terreno posesionado por la Universidad Nacional Agraria de la Selva desde el año 1994 y que anteriormente pertenecieron al Ministerio de Agricultura – Instituto Nacional de Investigación Agraria. Actualmente se encuentra administrado por el Centro de Investigación y Producción Tulumayo Anexo la Divisoria y Puerto Zúngaro (CIPTALD), el cual comprende 458 ha como área adjudicable, 3 ha como área de protección y 13 ha como área intangible (carretera marginal), haciendo un total general de 473 ha, se han llegado a establecer parcelas de investigación por las Facultades de Agronomía, Zootecnia y Recursos Naturales Renovables.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Wincha (3 m, 50 m)
- Cinta diamétrica
- Tijera de podar
- Serrucho de podar
- Pala recta
- Picos
- Machetes
- Cilindros UHLANDS
- Rafias
- Plumón indeleble
- Bolsas de papel
- Bolsas de plástico
- Costales de polietileno de 50 kg

- Dimensionador de 1m x 1m
- Dimensionador de 0.5 m x 0.5 m

3.2.2. Equipos

- Una balanza de 400 gr. Electrónica Marca: OHAUS
- Estufa Marca: MEMMERT.

3.3. Sistemas en estudio

En el Cuadro 6 se presenta los sistemas de uso de la tierra evaluadas, así mismo se define las claves para su posterior referencia.

Cuadro 6. Sistemas en estudio con sus respectivas claves

N°	Sistema de uso de la tierra (SUT)	Sistemas	Claves
1	Pastura	Pastura de 100 cm	Pa 100
		Pastura de 75 cm	Pa 75
		Pastura de 25 cm	Pa 25
2	Agroforestal	Arazá – Sangre de grado	Ar - Sg
		Bolaina – Pijuayo - Cítrico	Bo – Pi - Cit
		Capirona – Aguaje	Ca - Ag
3	Agrícola	Papaya	Pa
		Cítrico	Cit
		Cacao	Cac

FUENTE: Elaboración propia

3.4. Localización y delimitación de parcelas

En cada sistema de uso de la tierra evaluada se han determinado transectos al azar y en diferentes direcciones, tratando de tener una mayor variación. Se han tomado muestras de los diferentes tipos de biomasa aérea, así como también muestras en el suelo para la estimación de la cantidad total de carbono en cada sistema considerando los siguientes parámetros: biomasa arbórea, biomasa arbustiva - herbáceo, biomasa hojarasca, y carbono edáfico

En los sistemas agroforestales, agrícola, pastura el tamaño de las parcelas se delimitaron de acuerdo a las condiciones que se detallan en la metodología (AREVALO *et al.*, 2003).

3.5. Determinación de Carbono arbóreo

La ejecución del presente trabajo se realizó en dos etapas, una fase campo y otra fase de laboratorio. La metodología corresponde método según AREVALO *et al.* (2003).

Se determinó el carbono arbóreo la cual se estimó en base ecuaciones alométricas luego de calcular la biomasa, así mismo el cálculo de carbono de vegetación herbáceo arbustiva y hojarasca se tomó las muestras en forma destructiva, para luego calcular la biomasa y carbono capturado. Para el cálculo de carbono edáfico, se ha realizado calicatas tomando muestras a diferentes horizontes, para luego en el laboratorio determinar carbono edáfico (ANEXO 2).

3.5.1. Biomasa arbórea

La biomasa arbórea viva (tronco, ramas, hojas), se trazaron parcelas de 4 m x 25 m donde se realizó el inventario de todos los árboles con diámetro a la altura del pecho (dap) de 2.5 cm hasta 30 cm. Al encontrarse árboles con dap mayores de 30 cm, fue necesario trazar una nueva parcela de 5 m x 100 m, que se superpone sobre la parcela de 4 m x 25 m Tal como se muestra en la Figura 2 y 8.



Figura 2. Medición de árboles para estimación de biomasa arbórea

Para árboles que se ramificaron debajo del dap se estimó su biomasa después de calcular el diámetro general del árbol, utilizando la fórmula raíz cuadrada de la suma de los diámetros al cuadrado de las ramas individuales.

3.5.2. Biomasa arbustiva y herbácea

En la biomasa arbustiva y herbácea se consideró las plantas con tallos ≤ 2.5 cm de diámetro. La biomasa se estimó por muestreo directo en dos cuadrantes de 1 m x 1 m, distribuidas al azar dentro de las parcelas de 4 m x 25 m o en las de 5 m x 100 m cortándose la vegetación a nivel del suelos y se registró el peso fresco total por metro cuadrado, del cual se sacó una submuestra, luego se desecó en estufas de aire caliente a 75 °C hasta obtener peso seco constante (Figura 3).



Figura 3. Biomasa arbustiva y herbácea

3.5.3. Biomasa de la hojarasca

Se ha cuantificado en base a la hojarasca y otros materiales muertos (ramillas, ramas) en cuadrantes de 0.5 m x 0.5 m colocados dentro de cada uno de los cuadrantes de 1 m x 1 m. Se colectó toda la hojarasca,

registrando el peso fresco total por 0.25 m^2 . Luego, se sacó una muestra y se registró su peso secándolas en estufas a $75 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta obtener un peso constante (Figura 4 y 5).



Figura 4. Biomasa de la hojarasca



Figura 5. Secado de muestras en la estufa

3.5.4. Muestreo de suelos y medición de densidad aparente

En los cuadrantes señalados para el muestreo de biomasa herbáceo, se abrieron calicatas de 1 m de profundidad. De manera general, se debe definir horizontes o capas entre: 0 – 0.1 m, 0.1 – 0.2 m, 0.2 – 0.4 m y 0.4 m – 1.0 m.

En cada uno de estos horizontes se calculó el peso del volumen del suelo por hectárea, se determinó la densidad aparente del suelo para cada uno de los horizontes evaluados (Figura 6 y 7). El contenido de carbono edáfico se realizó a través del Método Nelson y Sommers (BAZÁN, 1996).



Figura 6. Calicatas para el cálculo de carbono en diferentes

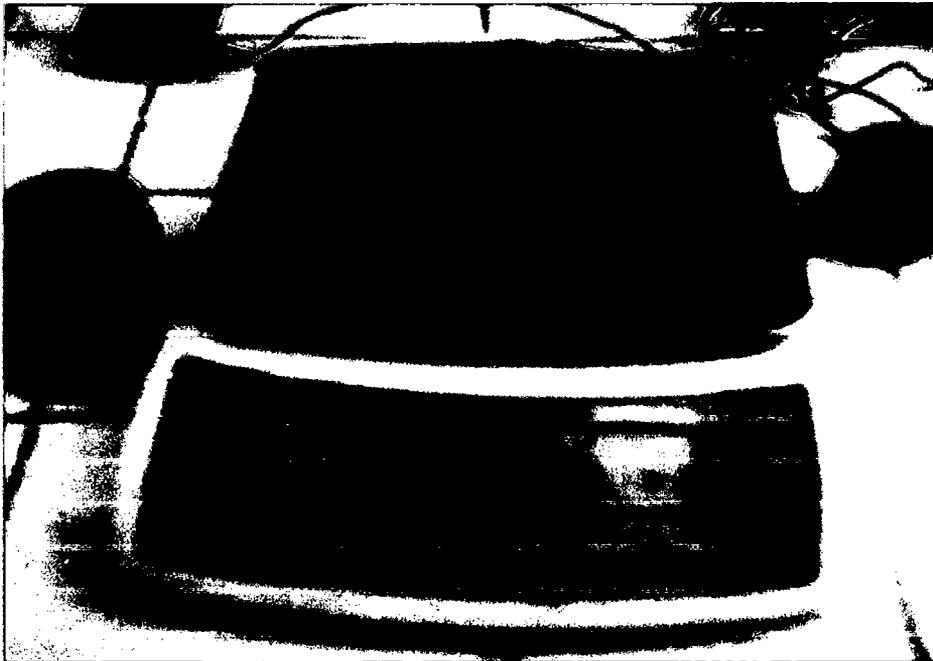


Figura 7. Muestras para la determinación de densidad aparente

En la Figura 8 se muestra el croquis con sus respectivas dimensiones para los transectos en las parcelas de evaluación para los distintos sistemas de uso de tierra.

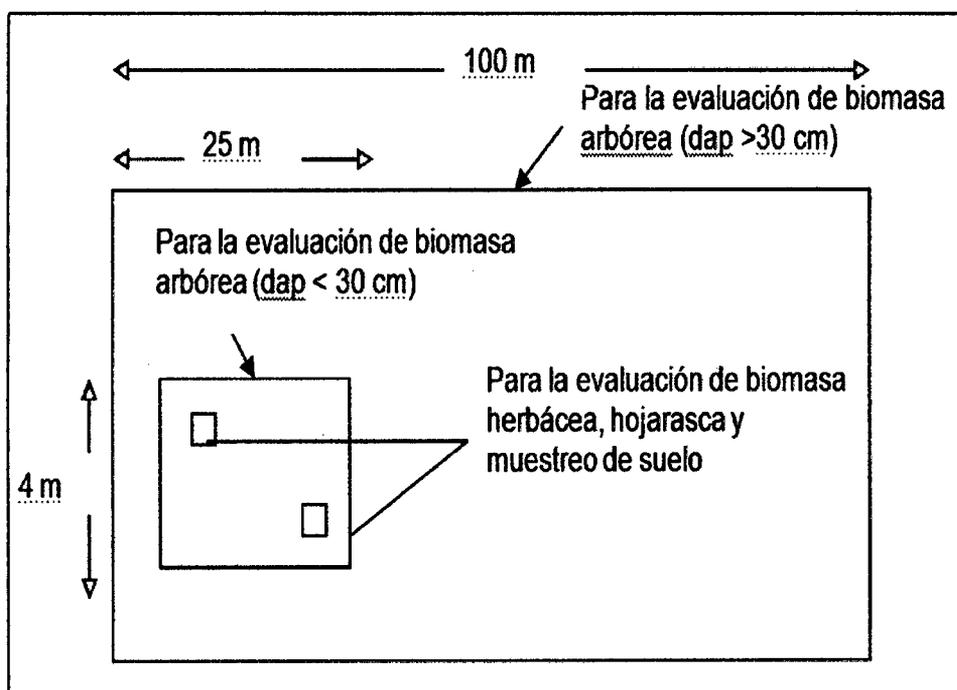


Figura 8. Croquis de ubicación para las distintas evaluaciones

3.6. Diseño de investigación

Se empleó una estadística descriptiva comparativa, la cual describe la información recolectada en una muestra e incluyen presentación gráfica. Esta representación grafica se da a través del diagrama de cajas (box plot) procesando los datos en el Microsoft Excel, a partir de estos datos se procesaron en el programa BIOSTAD versión 3.1 (AYRES, 2004).

Diagrama de caja "box plot" presentan sintéticamente los aspectos más importantes de una distribución de frecuencias (CASANOVA y DIRIENZO, 1999). Los datos completos del análisis de varianza y la comparación de Tukey se corrigieron en el software INFOTAD versión 1.01.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Capacidad de captura de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en el campo experimental Tulumayo

La capacidad de captura de carbono por cada uno de los componentes en los diferentes SUT, así como el total de captura de carbono. Destacando el componente edáfico y aéreo como los mayores aportes del carbono capturado por los SUTs evaluados en el campo experimental Tulumayo. Siendo el SUT agroforestal con el sistema Bo – Pi - Cit quien se sitúa en primer lugar en su capacidad de captura de carbono con 138.900 tC/ha como observamos en el Cuadro 7.

El total de carbono capturado nos da un índice de la capacidad que tiene cada sistema, quienes presentan edades disímiles. Ante esta disimilitud se detalla los flujos anuales de cada sistema, es importante mencionar que estos cálculos responden a un promedio de su crecimiento, ya que el incremento inicial es mayor en comparación de aquellos sistemas que van alcanzando equilibrio.

Cuadro 7. Carbono capturado (tC/ha) por componentes y total, para cada sistema de uso de la tierra

Sistema de Uso de la Tierra	Carbono capturado (tC/ha)				
	Arbóreo	Herbáceo - Arbustivo	Hojarasca	Edáfico	Total
Pastos					
- Pa 25	0.00	0.678	0.00	56.38	57.058
- Pa 75	0.00	1.082	0.00	92.507	93.589
- Pa 100	0.00	1.233	0.00	63.322	64.555
Agroforestal					
- Ar – Sg	45.895	0.202	0.758	75.966	122.821
- Bo – Pi - Cit	52.889	0.17	2.06	83.781	138.900
- Ca – Ag	14.319	0.144	2.309	77.843	94.615
Agrícola					
- Pap	25.781	1.574	0.752	52.838	80.945
- Cit	55.043	0.648	0.674	48.24	104.605
- Cac	33.908	0.419	2.073	64.615	101.015

* Pastos (Pa), Araza (Ar), Sangre de grado (Sg), Bolaina (Bo), Pijuayo (Pi), Cítrico (Cit), Capirona (Ca), Aguaje (ag), Papaya (Pap), Cacao (Cac)

FUENTE: Elaboración propia

Se observa claramente que los sistemas agroforestales (SAF) han alcanzado los máximos valores en cuanto al flujo anual de las reservas de carbono versus a los sistemas con monocultivos como se aprecia en la siguiente figura:

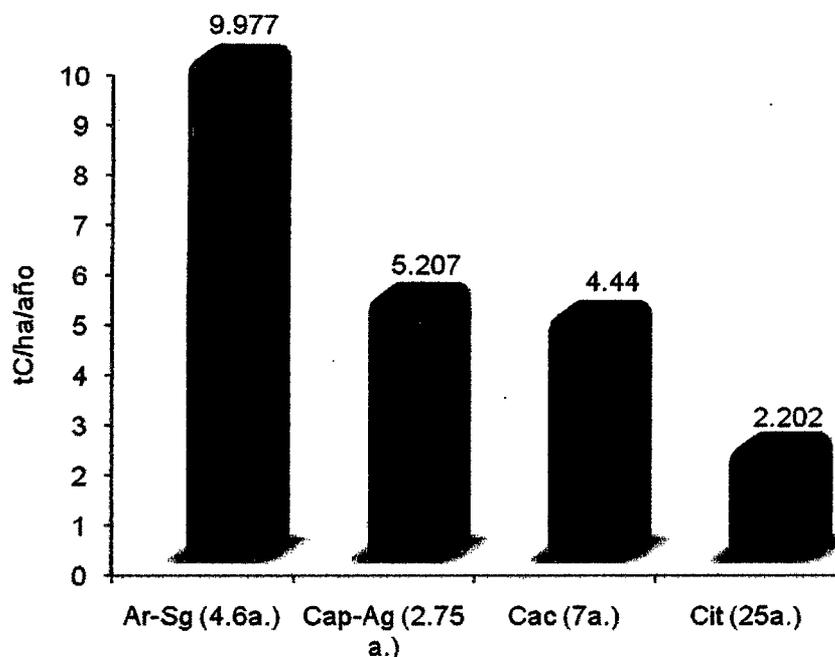


Figura 9. Flujo anual de carbono por sistema

Son los flujos que nos dan un indicativo del grado de captura de carbono de un sistema, pero no nos especifica la dinámica. Estos flujos anuales son lo que expresan el dinamismo en acumular el carbono (C) dentro del sistema, son estas tasas que la comunidad internacional considera para el otorgamiento de créditos por este servicio ambiental. Cabe destacar que los flujos son un promedio de captura anual en el tiempo de vida del sistema, dado que el crecimiento de una población vegetal no se realiza de manera uniforme en el tiempo (LAPEYRE, 2004).

Para los SAF lo encontrado en la Estación Experimental Tulumayo sobre el flujo anual varía de 3.816 – 9.977 tC/ha/año (Figura 9). LAPEYRE en el 2004 dentro del mismo tipo de sistema encuentra un flujo anual entre 3.15 – 4.82 tC/ha/año; así mismo MALCA (2001), en un área de influencia de la Carretera Iquitos – Nauta, encuentra que el flujo anual es 4.82 tC/ha/año.

Respecto al sistema agrícola los flujos anuales son menores fluctuando entre 2.202 y 4.844 tC/ha/año encontrados en Tulumayo. Estas diferencias se presentan por varias razones y probablemente la principal diferencia es la edad, dado que la dinámica de crecimiento y el incremento de biomasa es distinto, también se dan por las labores culturales y por la diversificación de especies. Los estudios realizados en la Amazonía Peruana sobre el carbono secuestrado han demostrado la importancia del establecimiento de los SAF, seguido de los sistemas naturales como son los bosques. ARÉVALO *et al.* (2003) puntualiza que la cantidad de biomasa y por ende la captura de carbono está en función a su heterogeneidad, condiciones del suelo y clima.

El ICRAF (1998) hace evaluaciones sobre las reservas de carbono en diferentes SUT y corrobora que son los SAF quienes prevalecen después de los sistemas boscosos. Es con el SAF *Bactris/Cedrelinga/Inga/Columbrina* quien obtiene 114.3 tC/ha (Cuadro 1) esto en Yurimaguas. Así mismo ICRAF (1998) en Pucallpa en la Comunidad Sarita Colonia en un SAF con *Hevea* (30 años) reportan 152.6 tC/ha. Todos estos valores incluyen el carbono edáfico y aéreo. El SAF lleva la delantera frente a los sistemas agrícolas y sistemas pastura como se detalla en el Cuadro 2. Confirmando la importancia de este SUT en la región San Martín, LAPEYRE (2004) en un SAF de cacao con especies forestales (15 años), determinó 47.2 tC/ha sólo en el componente aéreo (Cuadro 4), ha superado los valores de reservas de aquellos sistemas que tienen característica de sistemas puros.

4.2. Carbono existente en los diferentes componentes evaluados en cada sistema de uso de la tierra

Se ha visto por conveniente presentar en porcentajes la proporción de los diferentes componentes evaluados en los sistemas, para facilitar su entendimiento y al mismo tiempo realizar comparaciones con otros estudios realizados. En el sistema pastura, el mayor porcentaje obtenido es del carbono edáfico y un mínimo del carbono herbáceo, que representa el 1.39% y 98.61% de captura de carbono respectivamente.

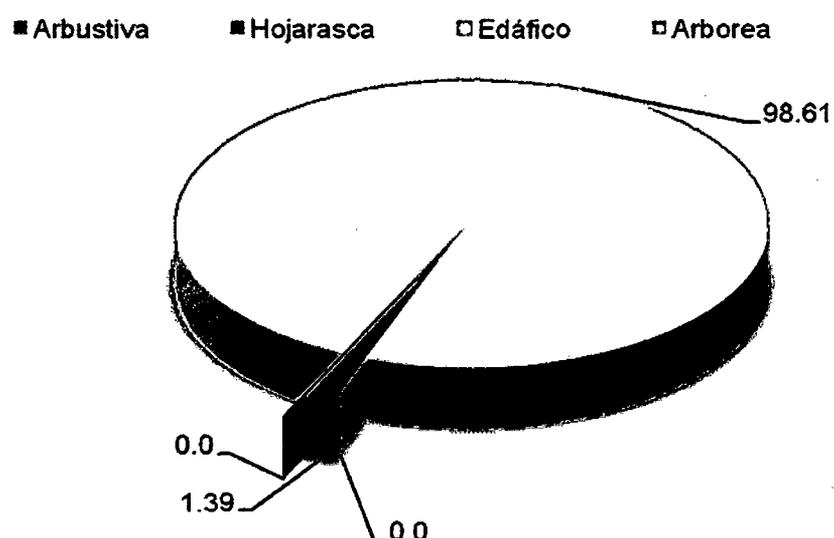


Figura 10. Porcentaje de captura de carbono por tipo de componentes – SUT Pastura

En la Figura 11 muestra el diagrama de caja describiendo la distribución del Ct/ha por cada componente en el sistema pastura. La cual presenta que el Pa 75 presenta mayor contenido de carbono (C), luego el Pa 100 finalmente Pa 25, la distribución es asimétrica con valores extremos solo a la derecha de la media.

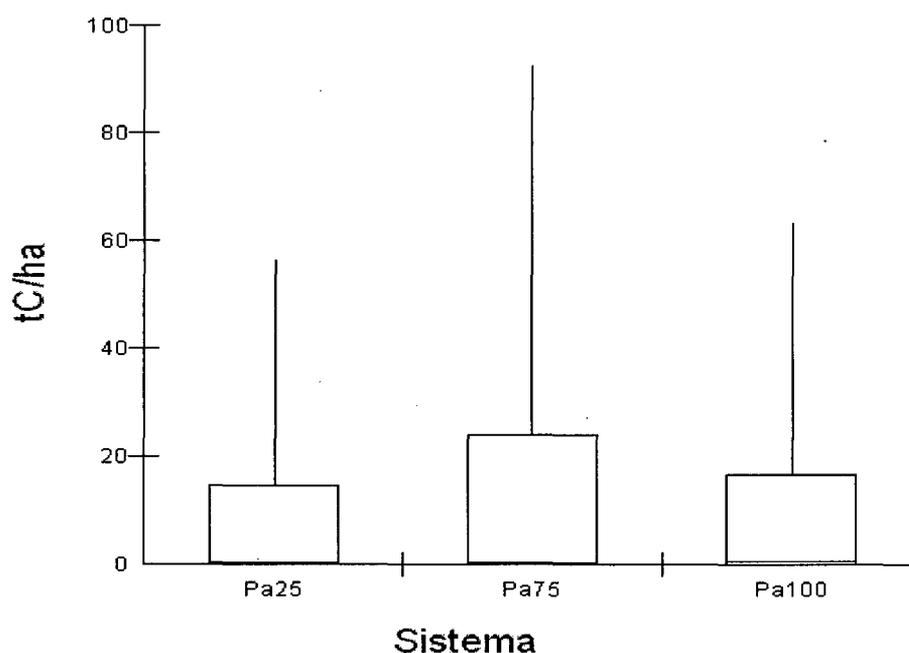


Figura 11. Comparación de componentes dentro el SUT pastura

El análisis de varianza, cuyo C.V. es 53.46%, con un nivel de significación de 95% como se muestra en el Cuadro 8:

Cuadro 8. Análisis estadístico

Sistema	Medias	D.E	Significancia
- Edáfico	70.74	± 19.17	A
- Herbácea - Arbustiva	1.00	± 0.28	B
- Hojarasca	0.00	± 0.00	B
- Arbóreo	0.00	± 0.00	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) por Tukey

En los SAF y sistemas agrícolas el porcentaje de carbono edáfico es quien lleva la mayor proporción de todos los componentes evaluados, presentando 66.68% y 57.82% respectivamente (Figuras 12 y 13), otro aporte importante de estos dos sistemas es del componente arbóreo quien presenta

31.74% y 40.04% tanto en el sistema agroforestal y agrícola respectivamente, la biomasa herbáceo y hojarasca se constituyen en menor proporción.

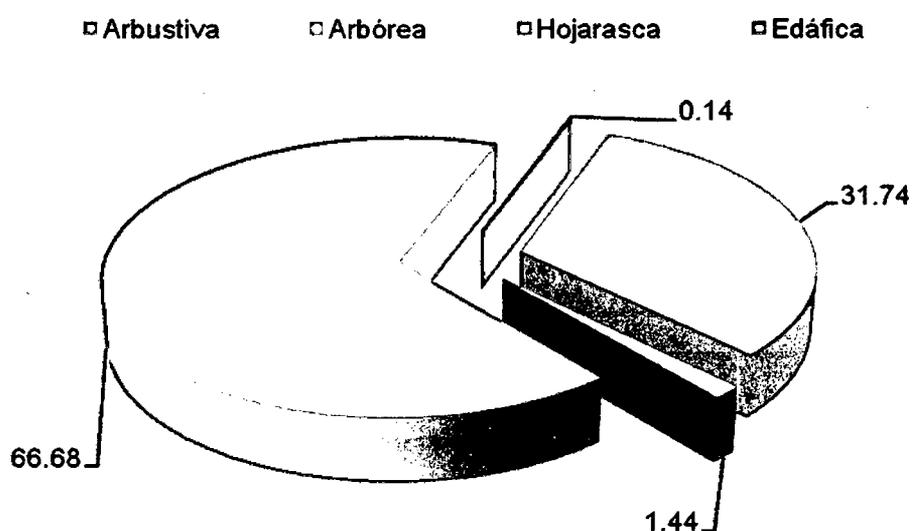


Figura 12. Porcentaje de captura de carbono por tipo de componentes – Agroforestal

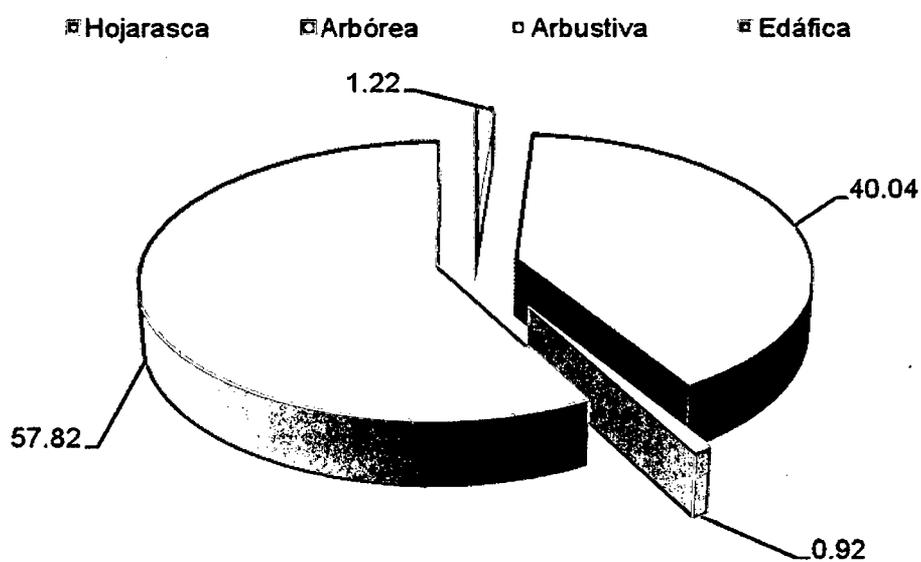


Figura 13. Porcentaje de captura de carbono por tipo de componentes – Agrícola

En las Figuras 14 y 15 se muestran la distribución en cajas, mostrando que la asimetría tiende a disminuir con el aumento del contenido de C, indicándonos que la distribución es más asimétrica en aquellos que presentan menor cantidad de C capturado.

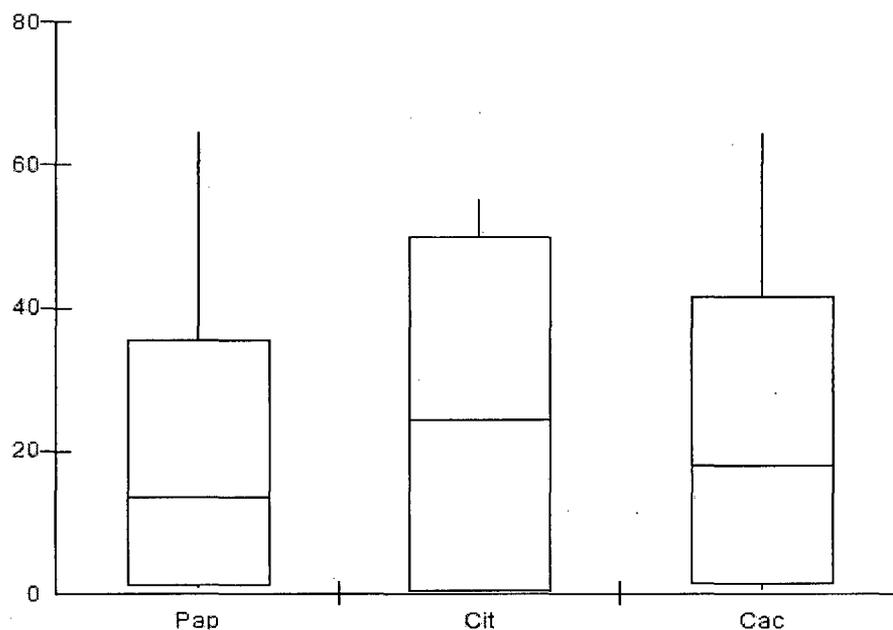


Figura 14. Comparación de componentes dentro del SUT Agrícola

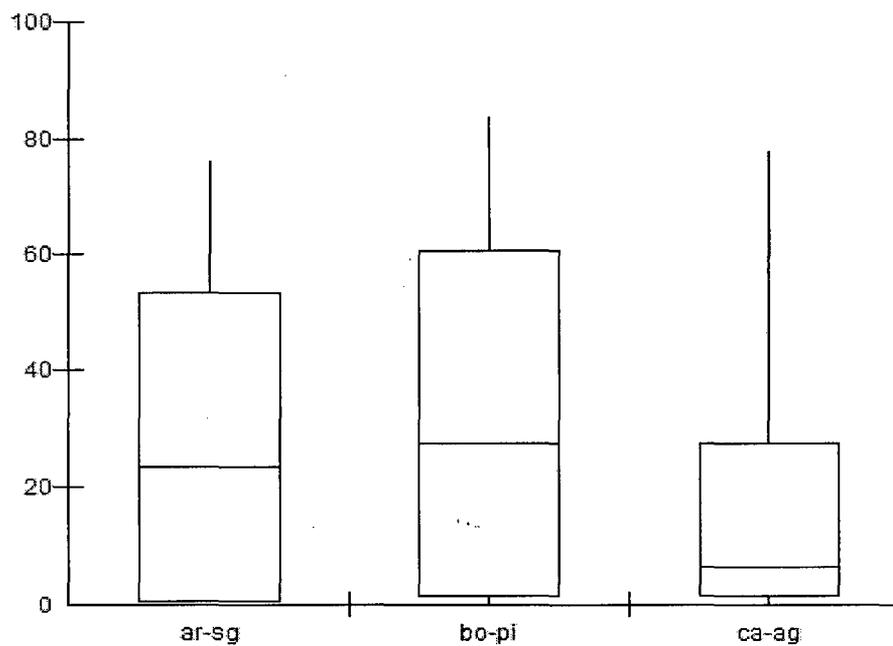


Figura 15. Comparación de componentes dentro del SUT – SAF

El análisis de varianza para el sistema agrícola con un C.V. de 36.39% como se muestra en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Comparación de medias de los componentes Agrícolas

Sistema	Medias	D.E	Significancia
- Edáfico	55.23	± 8.44	A
- Herbáceo - Arbustiva	38.24	± 0.61	A
- Hojarasca	1.16	± 0.79	B
- Arbóreo	0.88	± 15.10	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) por Tukey

El análisis de varianza para el sistema agroforestal con un C.V. de 35.30% como se aprecia en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Comparación de medias de los componentes Agroforestal

Sistema	Medias	D.E	Significancia
- Edáfico	79.20	± 4.08	A
- Herbáceo - Arbustiva	37.70	± 0.03	B
- Hojarasca	1.71	± 0.83	C
- Arbóreo	0.17	± 20.55	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

Las proporciones en los diferentes SUT son disímiles por sus características innatas de composición notándose que el mayor aporte de carbono (C) en los componentes evaluados se presenta en el suelo y carbono aéreo.

Según ICRAF (1998), en los estudios realizados en Pucallpa y Yurimaguas en el sistema pastura, el carbono edáfico reportado fue de 83.77% y 92.02% respectivamente, mientras para el presente estudio fue de 98.61%. Esta diferencia refleja el uso tradicional de la tierra y a las propiedades físicas, y químicas de los suelos. Al respecto, la proporción de carbono (C) aéreo en pastos no superan el 8%; esta proporción fluctúa entre 1.39% y 7.42%.

Los porcentajes de carbono (C) en sistemas agroforestales en Yurimaguas en una plantación multiestrato de *Bactris*, *Cedrelinga*, *Columbrina* en los componentes edáfico, arbóreo y herbáceo el porcentaje de carbono (C) es 42.25%, 51.19%, 1.12% y 5.44% respectivamente, y lo encontrado en Tingo María en los sistemas agroforestales en el carbono (C) edáfico se tiene 66.68% así mismo en carbono arbóreo 31.74%, tanto el carbono herbáceo y hojarasca se encontró 0.92% y 1.22% respectivamente.

Esta proporción es similar para el SUT agrícola siendo mayor porcentaje en el componente edáfico seguido del arbóreo, herbáceo - arbustivo y hojarasca.

4.3. Comparación de la capacidad de captura de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra

La cantidad de carbono almacenado por el total de los componentes aéreos (arbóreo, herbáceo, arbustivo y hojarasca) en los diferentes SUT (Figura 16), observamos que la mayor concentración de carbono capturado presenta el sistema agrícola con relación a los otros SUT,

mostrando la capacidad de los árboles adultos, destacando también el sistema agroforestal, y haciendo un aporte casi nulo el sistema pastura.

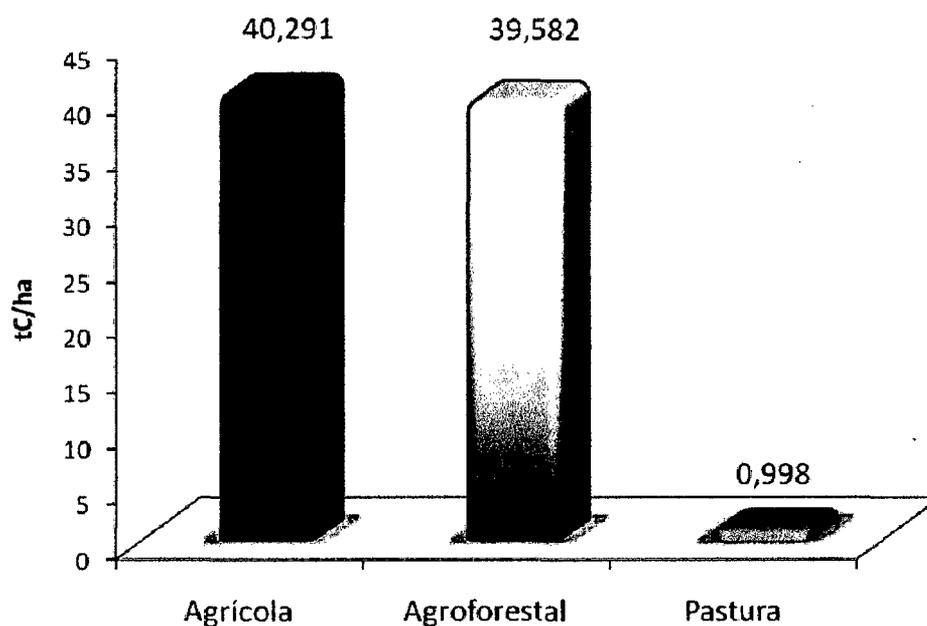


Figura 16. Comparación de carbono aéreo

El cálculo de las medias, desviación estándar y grado de significancia para la comparación de carbono aéreo por los sistemas, con un C.V. de 53.26% que aun $p \leq 0.05$ presentan diferencia significativa Cuadro 11.

Cuadro 11. Comparación de medias del carbono aéreo

Sistema	Medias	D.E	Significancia
- Agroforestal	40.29	± 14.53	A
- Agrícola	39.58	± 0.29	A
- Pastura	1.00	± 20.18	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

Las reservas almacenadas de carbono en el suelo para los diferentes SUT en el campo experimental de Tulumayo (Figura 17), el mayor aporte es del sistema agroforestal. Siendo importante pastura pese a su limitada cantidad de C en la parte aérea, pero en el suelo aportaron mayores cantidades. Un factor es la constante muerte y descomposición de raicillas. Sin embargo es el sistema agroforestal quien obtiene el mayor aporte.

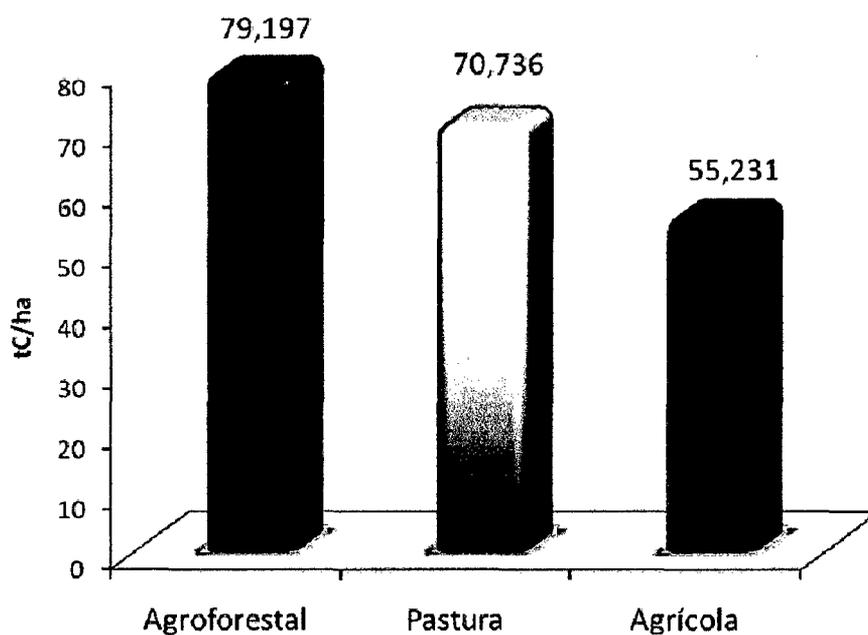


Figura 17. Comparación del carbono edáfico de los diferentes SUT

Se muestra las medias, desviación estándar y significancia para la comparación de carbono en el suelo por los sistemas, con un C.V. de 18.02% aun $p \leq 0.05$ no presenta diferencia significativa Cuadro 12.

Cuadro 12. Comparación de medias del carbono edáfico

Sistema	Medias	D.E	Significancia
- Agroforestal	79.20	± 19.17	A
- Agrícola	70.74	± 8.45	A
- Pastura	55.23	± 4.08	A

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

El Carbono total por los SUT (Figura 11), existe una gran diferencia del carbono edáfico y aéreo, mientras que los niveles de carbono en el suelo permanecen relativamente estables, los niveles de la biomasa aérea es mínima en aquellos sistemas que son manejados a diferencia de aquellos sistemas que son menos perturbadas por causas antrópicas o naturales.

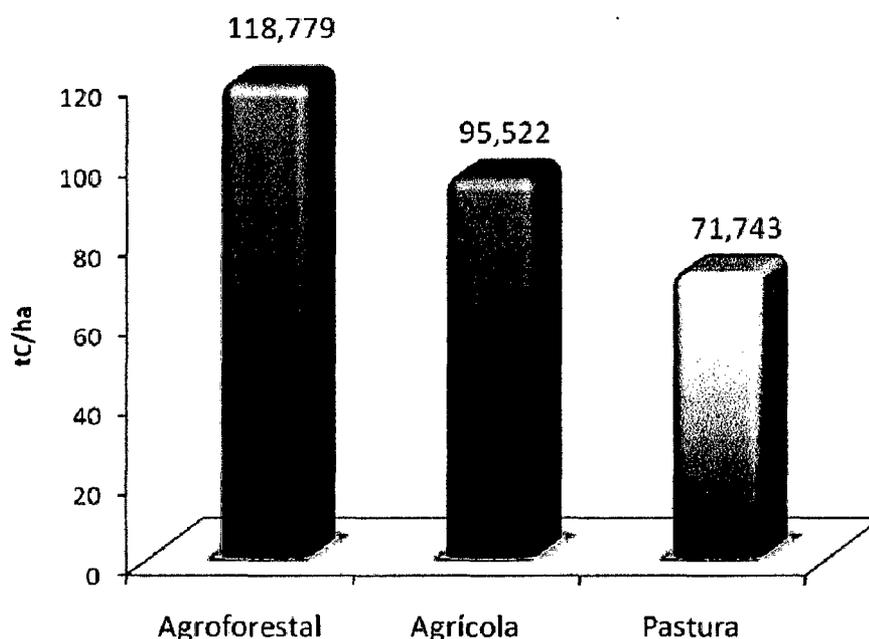


Figura 18. Comparación entre SUT por el total de carbono capturado

Se muestra las medias, desviación estándar y significancia para la comparación de los totales de carbono capturado por los sistemas el que

presenta un coeficiente de variación (C.V.) de 19.51% a un nivel de significancia de 0.05 presenta diferencia significativa el sistema pastura Cuadro 13.

Cuadro 13. Comparación de medias para los diferentes SUTs

Sistema	Medias	D.E	Significancia	
- Agroforestal	118.78	± 24.49	A	
- Agrícola	95.52	± 12.75	A	B
- Pastura	71.73	± 22.42	B	

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

Para realizar las comparaciones de otros estudios realizados en la Amazonía (Cuadro 01, 02 y 07), dentro de los sistemas de uso de tierra similares al estudio, evaluados en otros ecosistemas, y lo encontrado en Leoncio Prado en la Estación Experimental de Tulumayo se elabora el Cuadro14.

Al comparar los diferentes SUT en el campo Experimental Tulumayo, se obtuvo que la mayor capacidad de captura de carbono reporta el Sistema Agroforestal, lo cual demuestra que la relación biomasa y captura de carbono es directamente proporcional, confirmando que los SAF son una alternativa para la captura de carbono en los ecosistemas y contribuir a la disminución de la concentración del CO₂ atmosférico.

Cuadro 14. Porcentaje de los componentes dentro de los SUT

Sistema	Lugar	Arborea %	Herb-Arb %	Hojarasca %	Edáfico %	Total %
Pastura degradada	Pucallpa		7.42	8.81	83.77	100.00
Pastura degradada	Yurimaguas		6.23	1.75	92.02	100.00
<i>Bactris/Cedrelinga</i> <i>/Columbrina</i>	Pucallpa	51,19	1.12	5.44	42.25	100.00
Plantación con Hevea	Yurimaguas	43,76	0.60	4.25	51.39	100.00
Plantación Palma aceitera	Yurimaguas		37.80	4.20	58.00	100.00
Pastura	Tingo María		1.39		98.61	100.00
Agroforestal	Tingo María	31,74	0.14	1.44	66.68	100.00
Agrícola	Tingo María	40,04	0.92	1.22	57.82	100.00

Fuente: Elaboración propia

Se ha demostrado respecto al total de carbono capturado que el SAF tiene mayor capacidad para capturar carbono frente a los demás sistemas evaluados, Nairm (1993), Krishnamurthy (1999), citado por CALLO, (2000) argumentan que debido a su relativo mayor volumen de biomasa versus a los monocultivos es preconcebido como un potencial para secuestrar carbono basado en argumentos teóricos.

Este total está representado por el aporte de dos tipos de biomásas como son el componente aéreo y edáfico el cual presenta el siguiente comportamiento:

Dentro el componente aéreo presenta valores disímiles debido a sus características intrínsecas en términos generales, mostrando en el análisis estadístico que el sistema pastura frente al SAF y el sistema agrícola existe diferencia estadística al 95% según Tukey (Cuadro 9), mientras que entre el SAF y el sistema agrícola no existe diferencia estadística. Esto se explica debido a que en el sistema pastura no existe biomasa arbórea, componente que aporta un alto porcentaje de biomasa para los sistemas.

Es el sistema agrícola que obtiene mayor contenido de carbono aéreo, ya que existe un gran aporte por parte del sistema Cit, llevando una ventaja a los otros sistemas debido a su edad (25 a.). El SAF alcanzó respecto al carbono aéreo 39.582 tC/ha.

Era de esperar que el carbono edáfico se comporte de forma estable frente a los demás componentes evaluados dentro de los sistemas, el análisis estadístico así lo respalda al no presentar diferencia estadística al 95% según Tukey (Cuadro 9).

Por otro lado el carbono edáfico contiene 2 a 4 veces más que carbono aéreo lo cual es corroborado por Woods y Gallegos (1970), citados por ROBERT (2002). Es nuevamente el SAF quien numéricamente alcanza la delantera frente a los demás SUT (Figura 21). En general, el contenido de carbono de un suelo bajo pastura es mayor que bajo cultivos (ROBERT, 2002).

V. CONCLUSIONES

1. La mayor capacidad de captura de carbono en Tulumayo se da con el SAF, quien presenta mayor cantidad de biomasa que los sistemas puros, existiendo una relación directa biomasa – carbono.
2. Son los SAF quienes tienen un gran potencial para la captura de carbono en tierras de cultivo, además de ser un sistema sostenible.
3. Los SAF Bolaina – Pijuayo – Cítrico retienen 138.9 tC/ha, Arazá – Sangre de grado 122.821 tC/ha, a pesar de su corta edad ha superado al sistema agrícola Cítrico quién presenta 104,605 tC/ha, frente a las pasturas que retienen en menor cantidad el carbono.
4. El carbono aéreo y edáfico presentan mayores porcentajes que los aportados por los componentes arbustivos, herbáceos y hojarasca.
5. El componente aéreo, se mantiene debajo del 50% del total de carbono en los diferentes SUT. El componente edáfico supera este porcentaje mostrándose estadísticamente igual entre en los SUT.

6. En la comparación de los SUT evaluados, numéricamente el SAF (118.779 tC/ha) presenta mayor biomasa y por ende mayor contenido de carbono, frente al sistema Agrícola (95,522 tCha/ha).

7. Los SAF son los que pueden ofrecer mayores servicios ambientales que los sistemas puros, contribuyendo de esta forma a la conservación de nuestros recursos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Seguir con este tipo de investigaciones estimando la capacidad de captura de carbono en otros sistemas de uso de la tierra para el cálculo de línea base para la Estación Experimental Tulumayo.
2. Desarrollar ecuaciones alométricas priorizando aquellas especies para plantaciones en sistemas agroforestales y para el manejo de bosques, de tal manera que se puedan obtener cálculos más exactos de las reservas totales de carbono.
3. Para recuperar las áreas deforestadas del CIPTAL, los sistemas agroforestales serían una buena opción dado que pueden almacenar grandes cantidades de carbono para una futura negociación.
4. Mejorar los SUT, como el sistema agrícola a través de una agricultura de conservación, convertir los sistemas pasturas a sistemas silvopastoriles.
5. Tener en consideración las metodologías oficiales dadas por el ente encargado a través del MINAM para el cálculo del Carbono presente en los SUT.

VII. ABSTRACT

This work has been developed at the experimental station of Tulumayo, considering the following objectives: To estimate the carbon sequestration capacity of total Systems Land Use (SUT), compare the components within and between systems of land use existing. The SUT tested were pasture with different cutting heights (25 cm, 75 cm, 100cm), agroforestry (Arazá, Sangre Grado, Bolaina-Pijuayo, Capirona-Aguaje) Agricultural (Papaya, Citrus, Cocoa). Estimating the air and soil carbon, using the methodology of "Determination of total carbon in the different SUT in Peru" (Arévalo et al., 2003). Scientific rigor is given by descriptive statistics through box plot (Box Plot) showing the distribution of frequencies and validated with Tukey test with a significance level of 0.05. The SAF of 4.6 years, took numerically higher carbon sequestration capacity Farm compared to 25 years because there is a direct relationship biomass – carbon. Statistically between the SAF and agricultural systems there is no significant difference, retaining 118.779 tC / ha and 95.522 tC / ha respectively. These two systems was statistically pasture system who holds 71.734 tC / ha. Tree and soil components contributing the highest percentages of total carbon sequestered by the SUT in Tulumayo. The air component is maintained below 50% of the total carbon in the different systems.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÉVALO, L., ALEGRE J., PALM, CH. 2003. Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. Publicación de STC – CGIAR Ministerio de agricultura. Edición gráfica Miguel Álvarez A. Pucallpa. Perú. 24p.
- ASUMADU, K. 1998. Actualidad forestal tropical. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (Japón). Boletín Volumen 6, Número 4. 32p. El comercio de los derechos de emisión: una nueva oportunidad para los países productores de maderas tropicales.
- AIRES, M. 2004. Bioestad Aplicaciones estadísticas para las ciencias biológicas y médicas.
- BARBARÁN, J. 2001. Cuantificación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en Campo Verde. Pucallpa, Perú. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Ucayali. 66p.

BAZÁN R. 1996. Manual para el análisis químico de suelos, aguas y plantas. UNA La Molina. Lima. 55 p.

CALLO, D. 2000. Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú. Chapingo, México. Tesis Msc. Maestría en Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. 72p.

CATRIONA, P. 1998. Actualidad forestal tropical. Organización Internacional de las Maderas Tropicales (Japón). Boletín Vol. 6. 32p.

CASANOVES y DIRIENZO, 1999. Estadística y frecuencia, aplicación y métodos. Ed. en español Mc GRAW- HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO.

CENTRO INTERNACIONAL PARA LA INFORMACIÓN EN AGROFORESTERIA. 1998. Respuesta a nuevas demandas tecnológicas, fortalecimiento de la investigación en agroindustria y el manejo de recursos naturales. Pucallpa. Perú. 50p.

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE. 1999a. Perú vulnerabilidad frente al cambio climático aproximaciones a la experiencia con el fenómeno el Niño. Lima. Perú. 209p.

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE. 1999b. Cambio climático y desarrollo sostenible en el Perú. Lima. Perú. 27p.

- FONDO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE. 2003. Cambio climático. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/cambio.as>; dptos. 15 Mar. 2003).
- GUZMAN, W., AREVALO, L. 2003. Servicios ambientales de almacenamiento de carbono activo para el desarrollo en la Amazonía Peruana: Avances y retos. In. Seminario Permanente de Investigación Agraria. Pucallpa. Perú. 16p.
- HOLDRIDGE, L. sf. Ecología basada en zonas de vida. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 216p.
- JANDL, R. 2001. Secuestro de carbono en bosques. El papel del suelo. Taller internacional sobre secuestro de Carbono. Centro de Investigación Forestal, Viena Australia.
- LAPEYRE, T. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín. Lima, Perú. Tesis MSc. Gestión Ambiental con campo complementario en Bosques y Gestión de Recursos Forestales. Universidad Nacional Agraria la Molina. 110 p.
- NASI, R., WUNDER, S., CAMPOS, J. 2002. Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación?. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. Informe Técnico N° 331. 37p.

ROBERT, M. 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la tierra. [En línea]: FAO, (http://www.fao.org/DOCRE_P/005/Y2779S/y2779s00.htm#Contents; dcos. Nov. 2006).

IX. ANEXOS

Anexo 1. Fotografías



Figura 19. Sistema Sangre de grado –Arazá



Figura 20. Sistema Bolaina - Pijuayo - Cítrico



Figura 21. Sistema Capirona – Aguaje

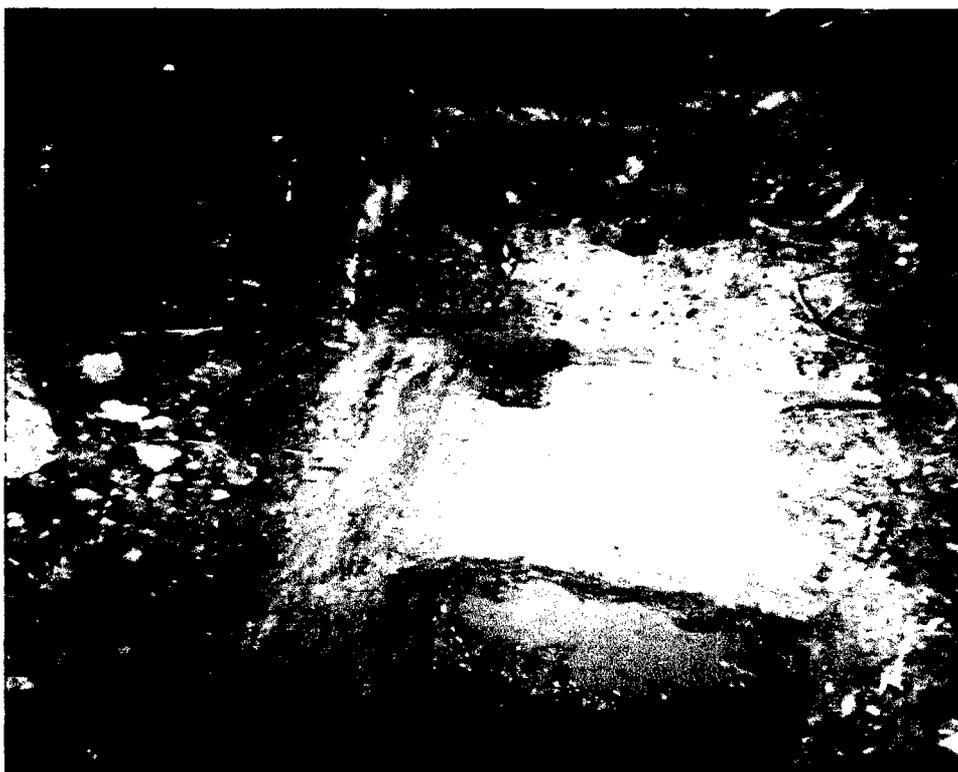


Figura 22. Calicatas para determinación carbono edáfico

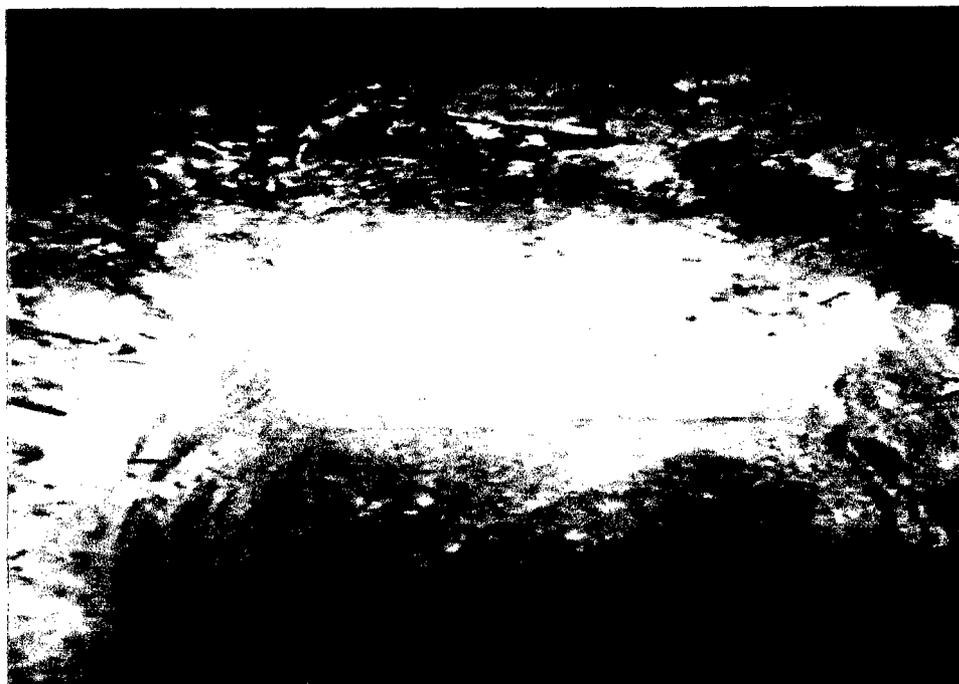


Figura 23. Definición de diferentes horizontes

Anexo 2. Ecuaciones para determinar el carbono

Biomasa arbórea viva (kg/árbol)

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

$$BA = 0.1184dap^{2.53} \quad (1)$$

Donde:

BA = Biomasa árboles vivos (kg/árbol)

0.1184 = Constante

dap = Diámetro a la altura del pecho (cm)

2.53 = Constante

Biomasa arbórea viva (t/ha)

Para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumará la biomasa de todos los árboles medidos y registrados (BTAV) tanto en la parcela de 4 m x 25 m o en la de 5 m x 100 m.

$$BAVT (t/ha) = BTAV * 0.016 \quad BAVT (t/ha) = BTAV * 0.2 \quad (2)$$

Donde:

BAVT = Biomasa árboles vivos en t/ha

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

0.01 = Factor de conversión cuando la parcela es de 4
m x 25 m

0.2 = Factor de conversión cuando la parcela es de 5
m x 100 m

Biomasa arbustiva y herbácea

Para la estimación de biomasa se utilizará la siguiente ecuación:

$$BAH(t/ha) = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0.01 \quad (3)$$

Donde:

BAH = Biomasa arbustiva/herbácea, materia seca

PSM = Peso seco (gr) de la muestra colectada

PFM = Peso fresco (gr) de la muestra colectada

PFT = Peso fresco total (gr) por metro cuadrado

0,01 = Factor de conversión

Biomasa de la hojarasca

Para estimar esta biomasa en t/ha, se utilizará la siguiente ecuación:

$$Bh (t/ha) = ((PSM/PFM) \times PFT) \times 0.04 \quad (4)$$

Donde:

Bh = Biomasa de la hojarasca, materia seca

PSM = Peso seco (gr.) de la muestra colectada

PFM = Peso fresco (gr.) de la muestra colectada

PFT = Peso fresco (gr.) total por metro cuadrado

0.04 = Factor de conversión

Cálculo de la densidad aparente del suelo (gr/cc)

$$DA (gr/cc) = PSN/VCH \quad (5)$$

Donde:

DA (gr/cc) = Densidad aparente, en gr/cc

PSN = Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH = Volumen cilindro (constante)

Cálculo del peso del volumen de suelo por horizonte de muestreo

$$PVs(t/ha) = DA * Ps * 10000 \quad (6)$$

Donde:

PVs = Peso del volumen de suelo

DA = Densidad aparente

Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo

10,000 = Constante

Cálculo del carbono en la biomasa vegetal total (t/ha)

$$CBV(t/ha) = BVT * 0.45 \quad (7)$$

Donde:

CBV = Carbono en la biomasa vegetal

BVT = Biomasa vegetal total

0.45 = Constante determinada por convención

Calculo del carbono en el suelo

$$CS(t/ha) = (PVs * \%C)/100 \quad (8)$$

Donde:

CS = Carbono en el suelo en t/ha

PVs = Peso del volumen de suelo

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

100 = Factor de conversión

Cálculo del carbono total del sistema de uso de tierra (t/ha)

$$CT(t/ha) = CBV + CS \quad (9)$$

Donde:

CT = Carbono total del sistema de uso de tierra

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total

CS = Carbono en el suelo

Cálculo del dióxido de carbono secuestrado

Una vez determinado el carbono total tanto en la parte arbórea como en el suelo se estimara el CO₂ que capturan estos sistemas de uso de tierra con la siguiente fórmula.

$$\text{CO}_2 = \text{CT} * 12/44 \quad (10)$$

Donde:

CO₂ = Dióxido de carbono secuestrado

CT = Carbono total del SUT

12/44 = Constante

Anexo 3. Cuadros

Cuadro 15. Análisis de regresión del carbono aéreo total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Carbono aéreo total	9	0.71	0.61	53.26

Cuadro 16. Análisis de la varianza de los sistemas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3033.14	2	1516.57	7.36	0.0243
SISTEMA	3033.14	2	1516.57	7.36	0.0243
Error	1236.81	6	206.14		
Total	4269.95	8			

Test:Tukey Alfa:=0,05 DMS:=35.96706

Error: 206.1350 gl: 6

Cuadro 17. Medias y repeticiones de los sistemas

SISTEMA	Medias	n	
AGRICOLA	40.29	3	A
SAF	39.58	3	A
PASTURA	1	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas(p<= 0,05)

Cuadro 18. Análisis de regresión del componente edáfico

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EDAFICO	9	0.49	0.32	18.02

Cuadro 19. Análisis de la varianza de los sistemas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	886.35	2	443.17	2.92	0.1302
SISTEMA	886.35	2	443.17	2.92	0.1302
Error	910.98	6	151.83		
Total	1797.33	8			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=30.86802

Error: 151.8307 gl: 6

Cuadro 20. Medias y repeticiones de los sistemas

SISTEMA	Medias	n	
SAF	79.2	3	A
PASTURA	70.74	3	A
AGRICOLA	55.23	3	A

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0.05$)

Cuadro 21. Análisis de regresión del total

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
TOTAL	9	0.62	0.49	19.51

Cuadro 22. Análisis de la varianza de los sistemas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3319.71	2	1659.85	4.8	0.0569
SISTEMA	3319.71	2	1659.85	4.8	0.0569
Error	2075.11	6	345.85		
Total	5394.82	8			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=46.58804

Error: 345.8525 gl: 6

Cuadro 23. Medias y repeticiones de los sistemas

SISTEMA	Medias	n		
SAF	118.78	3	A	
AGRICOLA	95.52	3	A	B
PASTURA	71.73	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

Cuadro 24. Análisis de regresión por SUT (agrícola)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Agrícola	12	0.92	0.89	36.29

Cuadro 25. Análisis de varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6702.52	3	2234.17	29.75	0.0001
Componente	6702.52	3	2234.17	29.75	0.0001
Error	600.77	8	75.1		
Total	7303.3	11			

Test: Tukey Alfa: =0.05 DMS: =22.65960

Error: 75.0967 gl: 8

Cuadro 26. Medias y repeticiones de los componentes

Componente	Medias	n		
Edáfico	55.23	3	A	
arbóreo	38.24	3	A	
hojas	1.16	3		B
herbáceo-arbustiva	0.88	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

Cuadro 27. Análisis de regresión del SAF

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
SAF	12	0.93	0.91	35.3

Cuadro 28. Análisis de la varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	12508.3	3	4169.43	37.94	<0.0001
Componente	12508.3	3	4169.43	37.94	<0.0001
Error	879.25	8	109.91		
Total	1338.55	11			

Test: Tukey Alfa:=0.05 DMS:=27.41271

Error: 109.9058 gl: 8

Cuadro 29. Medias y repeticiones de los componentes (tipo III)

Componente	Medias	n			
Edáfico	79.2	3	A		
arbóreo	37.7	3		B	
hojas	1.71	3			C
herbáceo-arbustiva	0.17	3			C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) por Tukey

Cuadro 30. Análisis de regresión de los pastos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pastos	12	0.94	0.91	53.46

Cuadro 31. Análisis de varianza de los componentes (Tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11 154.75	3	3 718.25	40.45	<0.0001
Componente	11 154.75	3	3 718.25	40.45	<0.0001
Error	735.36	8	91.92		
Total	11 890.12	11			

Test: Tukey Alfa:=0.05 DMS:=25.06957

Error: 91.9201 gl: 8

Cuadro 32. Medias y repeticiones de los componentes

Componente	Medias	n		
Edáfico	70.74	3	A	
arbóreo	1	3		B
hojas	0	3		B
herbáceo-arbustiva	0	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Cuadro 33. Estadística descriptiva dentro los componentes de los SUT

Sistema	Variable	N	Media	D.E.	Varianza (n-1)	CV	Mín.	Máx.	Mediana
Agrícola	carbono aéreo total	3	40.29	14.53	210.98	36.05	28.11	56.37	36.4
Agrícola	Edáfico	3	55.23	8.45	71.33	15.29	48.24	64.62	52.84
Agrícola	Total	3	95.52	12.75	162.61	13.35	80.95	104.6	101
Pastura	Carbono aéreo total	3	1	0.29	0.08	28.76	0.68	1.23	1.08
Pastura	Edáfico	3	70.74	19.17	367.52	27.1	56.38	92.51	63.32
Pastura	Total	3	71.73	19.29	372.28	26.9	57.06	93.59	64.56
SAF	carbono aéreo total	3	39.58	20.18	407.34	50.99	16.77	55.12	46.86
SAF	Edáfico	3	79.2	4.08	16.64	5.15	75.97	83.78	77.84
SAF	total	3	118.78	22.42	502.67	18.88	94.61	138.9	122.8

Cuadro 34. Estadística descriptiva dentro los SUT

Componente	Variable	N	Media	D.E.	Varianza (n-1)	CV	Mín.	Máx.	Mediana
arbóreo	Agrícola	3	38.24	15.1	228.12	39.49	2.78	55.04	33,91
arbóreo	SAF	3	37.7	20.55	422.3	54.5	14.32	52.89	45,9
arbóreo	Pastos	3	0	0	0	sd	0	0	0
edáfico	Agrícola	3	55.23	8.44	71.28	15.29	48.24	64.61	52,84
edáfico	SAF	3	79.2	4.08	16.63	5.15	75.97	83,78	77,84
edáfico	Pastos	3	70.74	19.17	367.6	27.1	56.38	92,51	63,32
herba-arbus	Agrícola	3	0.88	0.61	0.37	69.15	0.42	1,57	0,65
herba-arbus	SAF	3	0.17	0.03	9.00E-04	17.65	0.14	0,2	0,17
herba-arbus	Pastos	3	1	0.28	0.08	28.53	0.68	1,23	1,08
hojas	Agrícola	3	1.16	0.79	0.62	67.58	0.67	2,07	0,75
hojas	SAF	3	1.71	0.83	0.69	48.66	0.76	2,31	2,06
hojas	Pastos	3	0	0	0	0	0	0	0

Cuadro 35. Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Pastura, transecto = 4 x 25 m) -Herbáceas y arbustivas

Transecto *	PFT gr	PFM gr	PSM gr	Biomasa t/ha	Promedio	Carbono t/ha
1	4.520	400	28.52	3.223	2.404	1.082
	4.350	400	27.6	3.002		
1	3.500	400	21.76	1.904		
	2.150	400	27.69	1.488		
2	3.800	400	22.63	2.15	2.739	1.233
	6.650	400	30	4.988		
2	3.650	400	21.42	1.955		
	2.450	400	30.45	1.865		
3	3.800	400	22.51	2.138	1.507	0.678
	1.750	400	29.85	1.306		
3	2.400	400	21.9	1.314		
	2.100	400	24.2	1.271		

(*): 1(Pa75), 2 (Pa100), 3 (Pa25)

Cuadro 36. Biomasa y Carbono en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal, transecto = 4 x 25 m) - Herbáceas y arbustivas

Transecto *	PFT gr	PFM gr	PSM gr	Biomasa t/ha	Promedio	Carbono t/ha
1	560	400	41.56	0.582	0.448	0.202
	270	270	31.43	0.314		
2	270	270	42.6	0.426	0.377	0.17
	160	100	20.49	0.328		
3	150	150	28.76	0.288	0.32	0.144
	200	200	35.25	0.353		

(*):1(Ar-Sg),2(Bo-Pi-Cit), 3(Ca-Ag)

Cuadro 37. Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m) - Herbáceas y arbustivas

Transecto*	PFT gr	PFM gr	PSM gr	Biomasa t/ha	Promedio	Carbono t/ha
1	1900	250	45.25	3.439	3.499	1.574
	1650	200	43.13	3.558		
2	375	200	67.81	1.271	1.439	0.648
	650	350	86.54	1.607		
3	500	200	42.56	1.064	0.931	0.419
	450	250	44.3	0.797		

(*): 1(Pap), 2(Cit), 3(Cac)

Cuadro 38. Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal, transecto = 4 x 25 m) - Hojarasca

Transecto*	PFT gr	PFM gr	PSM gr	Biomasa t/ha	Promedio	Carbono t/ha
1	120	120	36.42	1.457	1.685	0.758
	152	125	39.32	1.913		
2	100	100	53.95	2.158	4.578	2.06
	420	100	41.65	6.997		
3	250	50	30.49	6.098	5.13	2.309
	200	100	52.03	4.162		

(*):1(Ar-Sg),2(Bo-Pi-Cit), 3(Ca-Ag)

Cuadro 39. Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agrícola, transecto = 4 x 25 m) - Hojarasca

Transecto*	PFT gr	PFM gr	PSM gr	Biomasa t/ha	Promedio	Carbono t/ha
1	90	90	36.97	1.479	1.672	0.752
	140	140	46.62	1.865		
2	100	100	35.24	1.41	1.497	0.674
	100	100	39.63	1.585		
3	350	200	60.4	4.228	4.606	2.073
	400	200	62.3	4.984		

(*): 1(Pap), 2(Cit), 3(Cac)

Cuadro 40. Biomasa y carbono en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal, transecto = 4 x 25 m) - Vegetación arbórea

Individuo	Circunferencia cm	Diámetro cm	Biomasa kg/arb	Biomasa t/ha	Carbono t/ha
Capirona	32	10.19	42.03	4.203	1.891
Capirona	48	15.28	117.2	11.725	5.276
Capirona	40	12.73	73.92	7.392	3.326
Total				23.32	10.494

Cuadro 41. Biomasa y carbono (Arazá y sangre de grado transecto = 4 x 25 m)

Individuo	Circunferencia	Diámetro	Biomasa	Biomasa	Carbono
	Promedio	cm	kg/arb	t/ha	t/ha
Arazá	19	6.05	11.24	1.124	0.506
Arazá	12	3.82	3.515	0.351	0.158
Arazá	17	5.41	8.484	0.848	0.382
Sangre de grado	84	26.74	483	48.304	21.737
Sangre de grado	73.8	23.49	348.1	34.813	15.666
Sangre de grado	40.7*	17.51	165.5	16.548	7.447
Sangre de grado	37*				
Total				101.989	45.895

(*): Ramificaciones del individuo (empleamos la fórmula $d=\sqrt{(d_1)^2+(d_2)^2\dots(d_n)^2}$)

Cuadro 42. Biomasa y carbono (Bolaina, cítrico y Pijuayo transecto = 4 x 25 m)

Individuo	N°	Circunferencia	Diámetro	Biomasa	Biomasa	Carbono
	Individuo	Promedio	cm	Kg/arb	t/ha	t/ha
Bolaina	1	20	6.37	12.799	1.28	0.576
Cítrico	2 (16cm)*	27.713	8.82	29.211	2.921	1.315
Pijuayo	3	31	9.87	38.789	3.879	1.745
Pijuayo	4 (44 cm)*	76.21	24.26	377.616	37.762	16.993
Pijuayo	5	82	26.1	454.474	45.447	20.451
Pijuayo	6	66	21.01	262.426	26.243	11.809
Total					117.531	52.889

(*): Ramificaciones del individuo (empleamos la fórmula $d=\sqrt{(d_1)^2+(d_2)^2\dots(d_n)^2}$)

Cuadro 43. Biomasa y carbono (Papaya) en el sistema de uso de la tierra
(Agrícola, transecto = 4 x 25 m)

Individuo	Circunferencia cm	Diámetro cm	Biomasa kg/arb	Biomasa t/ha	Carbono t/ha
Papaya	22	7	16.29	1.629	0.733
Papaya	26.25	8.36	25.47	2.547	1.146
Papaya	23	7.32	18.23	1.823	0.82
Papaya	22	7	16.29	1.629	0.733
Papaya	24	7.64	20.3	2.03	0.913
Papaya	26	8.28	24.86	2.486	1.119
Papaya	23.3	7.42	18.84	1.884	0.848
Papaya	24	7.64	20.3	2.03	0.913
Papaya	41	13.05	78.69	7.869	3.541
Papaya	19.2	6.11	11.54	1.154	0.519
Papaya	27	8.59	27.35	2.735	1.231
Papaya	28	8.91	29.98	2.998	1.349
Papaya	28.25	8.99	30.67	3.066	1.38
Papaya	31	9.87	38.79	3.879	1.745
Papaya	27	8.59	27.35	2.735	1.231
Papaya	35	11.14	52.73	5.273	2.373
Papaya	36	11.46	56.63	5.662	2.548
Papaya	36.5	11.62	58.64	5.864	2.639
Total				57.291	25.781

Cuadro 44. Biomasa y carbono (Cítrico) en el sistema de uso de la tierra
(Agrícola, transecto = 4 x 25 m)

Individuo	Diámetro	Biomasa	Biomasa	Carbono
	cm	Kg/arb	t/ha	t/ha
Cítrico	20.63	250.66	25.07	11.28
Cítrico	19.3	211.8	21.18	9.531
Cítrico	18.5	190.19	19.02	8.558
Cítrico	14.77	107.62	10.76	4.843
Cítrico	20.04	232.98	23.3	10.484
Cítrico	19.94	229.93	22.99	10.47
Total				55.043

Cuadro 45. Biomasa y carbono (Cacao) en el sistema de uso de la tierra
(Agrícola, transecto = 4 x 25 m)

Individuo	Diámetro	Biomasa	Biomasa	Carbono
	cm	kg/arb	t/ha	t/ha
Cacao	1203	64.047	6.405	2.882
Cacao	8.76	28.678	2.868	1.291
Cacao	10.72	47.783	4.778	2.15
Cacao	12.35	68.394	6.839	3.078
Cacao	9.29	33.287	3.329	1.498
Cacao	9.9	39.072	3.907	1.758
Cacao	11.68	59.453	5.945	2.675
Cacao	10.33	43.585	4.359	1.961
Cacao	8.91	29.918	2.992	1.346
Cacao	9.83	38.406	3.841	1.728
Cacao	8.43	26.036	2.604	1.172
Cacao	12.08	64.725	6.472	2.913

Cuadro 45. (Continuación...)

Cacao	9.52	35.395	3.539	1.593
Cacao	11.39	55.769	5.577	2.51
Cacao	8.92	30.085	3.009	1.354
Cacao	7.59	19.983	1.998	0.899
Cacao	9.57	35.924	3.592	1.617
Cacao	9.25	32.961	3.296	1.483
Total				33.908

Cuadro 46. Carbono edáfico en el sistema de uso de la tierra (Pastura)

Transecto	Calicata	Profundidad	Peso		% Carbono	Densidad gr/cc	Peso ha	Carbono t/ha	Carbono 1m profundidad	Promedio
			Húmedo gr	Peso Seco gr						
1	1	0 -10	161.53	104.82	2.88	1.069	1 069.046	30.789		92.507
	1	10 -20	164.76	112.73	1.98	1.15	1 149.72	22.764		
	1	20 - 40	183.46	140.14	0.9	1.429	2 858.542	25.727		
	1	40 -100	179.53	135.44	0.57	1.381	8 288.016	47.242	126.52	
1	2	0 - 10	160.85	110.01	2.42	1.122	1 121.979	27.152		
	2	oct-20	176.71	130.94	1.51	1.335	1 335.441	20.165		
	2	20 - 40	189.52	152.2	0.36	1.552	3 104.539	11.176	58.493	
	2	40 -100	186,66	144.27	0	1.471	8 828.353	0		
2	1	0 -10	129.01	64,41	0.7	0.657	656.91	4.598		63.322
	1	20 - 40	184.49	140.88	2.72	1.437	2 873.636	78.163	82.761	
2	2	0 -10	141.34	80.13	2.8	0.817	817.236	22.883		
	2	oct-20	181.79	138.69	0.73	1.414	1 414.482	10.326		
	2	20 - 40	183.72	145.37	0.36	1.483	2 965.222	10675	43.883	

Cuadro 46. (Continuación...)

3	1	0 -10	141.01	89.56	1.98	0.913	913.412	18.086	56.38
	1	10-20	172.58	126.69	1.54	1.292	1 292.096	19.898	
	1	20 - 40	196.42	160.03	0.57	1.632	3 264.253	18.606	
	1	40 -100	183.69	143.72	0.16	1.466	8 794.697	14.072	
3	2	0 -10	159.44	106.44	2.18	1.086	1 085.569	23.665	
	2	oct-20	190.2	150.21	0.63	1.532	1 531.973	9.651	
	2	20 - 40	202.81	165.57	0.26	1.689	3 377.257	8.781	

Cuadro 47. Carbono edáfico en el sistema de uso de la tierra (Agroforestal)

Transecto	Calicata	Profundidad (cm)	Peso Húmedo Gr	Peso Seco Gr	% Carbono	Densidad gr/cc	Peso t/ha	Carbono t/ha	Carbono 1m Profundidad	Promedio
1	1	0 - 25	157.52	113.99	1.78	1.163	2906.425	51.787	75.966	
	1	25 - 38	178.22	138.19	0.47	1.409	1832.198	8.661		
	1	38 - 64	153.97	124.78	0.15	1.273	3308.802	4.811		
	1	> 64	158.86	111.92	0.33	1.141	4109.25	13.445		78.704

Cuadro 47. (Continuación...)

1	2	0 - 12	153.07	111.84	1.49	1.141	1368.771	20.407	
	2	12 - 7	170.25	132.07	0.87	1.347	2020.449	17.632	
	2	27 - 44	153.56	131.45	0	1.341	2279.092	0	
	2	44 - 65	3092.5	133.39	0	1.36	2856.9	0	
	2	> 65	170.47	123.22	0.8	1.257	4398.47	35.188	73.227
2	1	0 - 14	162.3	118.46	1.45	1.208	1691.423	24.602	83.781
	1	14 - 54	187.64	147.92	0.33	1.509	6034.472	19.745	
	1	> 54	180.02	141.21	0.4	1.44	6624.844	26.499	70.846
2	2	0 - 20	158.86	113.44	0.91	1.157	2313.921	21.034	
	2	20 - 35	179.07	132.92	0.8	1.356	2033.452	16.268	
	2	> 35	184.33	145	0.62	1.479	9612.443	59.415	96.716
3	1	0 - 16	156.48	112.45	0,93	1,147	7454,615	69,328	77,843
	1	16 - 45	176.35	135.46	0,24	1,382	8980,01	21,552	
	1	> 45	180.2	140.56	0,11	1,434	9318,103	10,25	101.13
2	2	0 - 18	160.2	120.3	1.44	1.227	7975.013	114.84	
	2	18 - 32	172.35	133.5	0.35	1.362	8850.076	30.975	
	2	32 - 60	165.28	118.03	0.18	1.204	7824.528	14.084	
	2	> 60	180.14	143.26	0.1	1.461	9497.093	9.497	54.557

Cuadro 48. Carbono edáfico en el sistema de uso de la tierra (Agrícola)

Trans	Calicata	Profundidad (cm)	Peso Húmedo gr	Peso Seco gr	Densidad gr/cc	% Carbono	Peso t/ha	Carbono t/ha	Carbono 1 m Profundidad	Promedio
1	1	0 – 17	174.79	144.1	1.47	1.48	2498.419	36.977		52.838
	1	17 – 39	189.58	158.55	1.617	0.47	3557.471	16.72		
	1	39 – 60	186.65	153.6	1.567	0	3289.75	0	53.697	
2	2	0 – 11	167.68	123.7	1.262	2.17	1387.761	30.114		48.24
	2	nov-18	168.65	128.95	1.315	1.09	920.602	10.035		
	2	18 – 45	185.68	159.12	1.623	0.27	4381.683	11.831		
	2	> 45	178	151.14	1.541	0	8478.021	0	51.98	
2	1	0 – 10	141.94	104.34	1.153	1.83	1153.183	21.103		48.24
	1	oct-26	161.93	126.17	1.394	0.58	2231.123	12.941		
	1	26 – 47	167.72	136.6	1.51	0.16	3170.424	5.073		
	1	47 – 60	171.14	143.12	1.582	0.08	2056.322	1.645		
	1	> 60	171.14	136.07	1.504	0.12	6015.473	7.219	47.98	

Cuadro 48. (Continuación...)

2	2	0 – 10	130.47	82.45	0.911	2.72	911.251	24.786	
	2	oct-10	161.99	124.86	1.38	0.62	1793.966	11.123	
	2	23 – 37	260.12	136.91	1.513	0.12	2118.413	2.542	
	2	35 – 52	173.76	139.85	1.546	0.27	2627.597	7.095	
	2	> 52	174.34	139.27	1.539	0.04	7388.329	2.955	48.501
3	1	0 – 10	122.88	79.09	0.874	3.07	874.116	26.835	64.615
	1	oct-10	160.6	126.57	1.399	0.66	1818.534	12.002	
	1	23 – 34	172.28	142.37	1.573	0.39	1730.847	6.75	
	1	34 – 58	169.19	142.47	1.575	0.23	3779.045	8.692	
	1	> 58	169.83	204.56	2.261	0.1	9495.491	9.495	63.775
3	2	0 – 13	133.42	88.16	0.974	2.64	1266.667	33.44	64.615
	2	13 – 25	160.85	131.74	1.456	0.54	1747.215	9.435	
	2	25 – 50	161.35	130.56	1.443	0.35	3607.427	12.626	
	2	> 50	173.2	150.09	1.659	0.12	8294.098	9.953	65.454