



PROYECTO:

“Reducción de las emisiones de la deforestación y degradación mediante alternativas de uso de las tierras en los bosques tropicales”

REDD ALERT

PATRÓN DE CAMBIOS DEL CARBONO ALMACENADO EN EL ECOSISTEMA DEBIDO AL CAMBIO DE USO DEL BOSQUE TROPICAL EN LA CUENCA DE AGUAYTÍA-PERÚ



2015



PROYECTO:
“Reducción de las emisiones de la deforestación y degradación mediante alternativas de uso de las tierras en los bosques tropicales”

REDD ALERT



Patrón de cambios del carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical en la Cuenca de Aguaytía, Perú.

**INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO**

Cuellar J., Salazar E., Dietz J., 2015. Patrón de cambios del carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical en la Cuenca de Aguaytía, Perú. Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. Lima Perú. 133p.

© 2015, Instituto Nacional de Innovación Agraria
Av. La Molina N° 1981, Lima 12, Casilla N° 2791 – Lima 1
Central telefónica/ Fax 511 – 3492600
Correo electrónico: imagen@inia.gob.pe
<http://www.inia.gob.pe>

EQUIPO TÉCNICO QUE PARTICIPÓ EN LA INVESTIGACIÓN

José Eloy, Cuellar Bautista
Katrin, Wolf
Johannes, Dietz
Oliver, van Straaten
Evelin Judith, Salazar Hinostraza
Karen Rosita, Fernandez Ruiz
Walter, Mestanza Menor
Leví, Fasabi Tuanama
Haydeé Miriam, Ramos León

HECHO EL DEPÓSITO LEGAL EN LA BIBLIOTECA NACIONAL DEL PERÚ N° 2015 - 06002

Primera impresión: Mayo 2015
Tiraje: 1000 ejemplares

IMPRESO EN PERÚ - PRINTED IN PERU

Corporación Gráfica Andina SAC
Asoc. Vivienda Villa Municipal
Mz A lote 26 - Chorrillos

Todos los derechos reservados
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización

PRESENTACIÓN

Los bosques son grandes extensiones de biomasa vegetal de diferentes formas y tamaños que cubren una tercera parte de la superficie del planeta. Ellos nos brindan beneficios directos e indirectos para la humanidad; ya sea en forma de alimentos, combustible, materiales de construcción u otros reguladores ecosistémicos.

En el Perú, los bosques amazónicos representan ecosistemas diversos y a la vez frágiles ante cualquier cambio o fragmentación. Debido al modelo actual de intervención del hombre, los bosques están perdiendo de forma acelerada considerables extensiones de territorio, provocando la desaparición paulatina de la biodiversidad y la reducción de su capacidad para almacenar carbono, incrementando así el efecto invernadero global.

En este contexto, el INIA en coordinación con otras 12 instituciones de investigación a nivel mundial, ha realizado el presente proyecto denominado “Reducción de las emisiones de la deforestación y degradación mediante alternativas de uso de las tierras en los bosques tropicales - REDD Alert”; cuyo objetivo es demostrar con evidencias cuantificables que los bosques están perdiendo su capacidad para almacenar carbono por acciones provocadas por el hombre.

Finalmente, la intención de la publicación es poner al servicio de la comunidad científica y las instituciones públicas y privadas los conocimientos y hallazgos generados en la presente investigación. Esto con el propósito de lograr futuras políticas que incentiven el uso sostenible del territorio amazónico, la reducción de las emisiones de carbono en el país y la mitigación del cambio climático global.

Ing. Alberto Dante Maurer Fossa, PhD
Jefe
Instituto Nacional de Innovación Agraria

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Unión Europea y asesoramiento técnico de los investigadores líderes a nivel mundial del proyecto Redd Alert unido al esfuerzo y dedicación de los profesionales que participaron en el proyecto Redd Alert de la Sub Dirección de Investigación Forestal y la Estación Experimental Agraria Pucallpa del INIA.

Al PhD Robin Mathews, de James Hutton Institute, líder general del proyecto REDD Alert, por sus aportes y apoyo para que se desarrolle el proyecto.

Al PhD Edzo Veldkamp, de Göttingen University, por su valioso aporte y conocimiento para plantear la investigación a nivel del suelo.

Al PhD Meine van Noordwijk, de ICRAF, por los importantes consejos y aportes durante el desarrollo de la presente investigación.

Al PhD Oliver van Straaten de Göttingen University, por su valioso aporte y asesoramiento en el diseño de la parcela experimental utilizada.

Al Ing. Cesar Priale, jefe del Laboratorio de Suelos de la EEA El Porvenir de INIA, quien nos apoyó para procesar las muestras para determinar carbono en el suelo en la presente investigación.

A todos los miembros profesionales, técnicos y obreros de las dos brigadas de campo que con su trabajo profesional lograron que se obtenga esta data científica tan importante.

Al Fondo para la Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCyT) por el apoyo brindado para la culminación exitosa de la presente investigación.

Tabla de contenido

RESUMEN	15
ABSTRACT.....	17
INTRODUCCIÓN	19
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1. ANTECEDENTES	21
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	21
1.3. OBJETIVOS	22
1.4. JUSTIFICACIÓN	23
1.5. ALCANCES Y LIMITACIONES	23
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1. TEORÍAS GENERALES RELACIONADAS CON EL TEMA	24
2.1.1 El cambio climático	24
2.1.2 Mitigación del cambio climático	24
2.1.3 El carbono y el ciclo del carbono	24
2.1.4 La biomasa vegetal	25
2.1.5 Los suelos tropicales.....	27
2.2. BASES TEÓRICAS ESPECIALIZADAS SOBRE EL TEMA.....	28
2.2.1 Los bosques como sumideros de carbono	28
2.2.2 Depósitos o reservorios de carbono en el ecosistema	30
2.2.3 El cambio de uso del suelo en el bosque tropical	31
2.2.3.1 La agricultura migratoria	31
2.2.3.2 Producción de pasturas	31
2.2.3.3 Los cultivos permanentes	32
2.2.4 El cambio de uso de la tierra en la Cuenca de Aguaytía	33
2.2.5 Almacenamiento de carbono en la Cuenca de Aguaytía	34
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. TIPO	38
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	38
3.3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	38
3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	45
3.4.1 Elección de la zona de estudio	47
3.4.2 Selección de los clústeres	47
3.4.3 Establecimiento de los plots o parcelas	48
3.4.4 Toma de muestras en campo	49
3.4.4.1 Toma de datos para determinar el carbono en la biomasa aérea	50
3.4.5 Procesamiento de muestras y laboratorio	51
3.4.6 Elaboración de documento final	51
3.5. VARIABLES	51
3.6. POBLACIÓN	51
3.7. MUESTRA	51
3.8. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN	53
3.8.1 Instrumentos y materiales para la recolección de datos	53
3.8.2 Procesamiento y análisis de datos	53
3.8.2.1 Procesamiento de muestras en la biomasa aérea	53

3.8.2.2	Procesamiento de muestras debajo del suelo	54
3.8.2.3	Procesamiento de datos	54
3.8.2.3.1.	Determinación del carbono en la biomasa vegetal aérea total (BAT)	54
3.8.2.3.2.	Determinación del carbono debajo del suelo	59
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	60
4.1	BIOMASA TOTAL A NIVEL DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA	60
4.1.1	Biomasa total en el SUT BOSQUE PRIMARIO REMANENTE	60
4.1.1.1	Biomasa sobre el suelo	60
4.1.1.2	Biomasa debajo del suelo	61
4.1.2	Biomasa total en el SUT PURMA ALTA	62
4.1.2.1	Biomasa sobre el suelo	62
4.1.2.2	Biomasa debajo del suelo	63
4.1.3	Biomasa total en el SUT PURMA BAJA	64
4.1.3.1	Biomasa sobre el suelo	64
4.1.3.2	Biomasa debajo del suelo	65
4.1.4	Biomasa total en el SUT PALMA ACEITERA	66
4.1.4.1	Biomasa sobre el suelo	66
4.1.4.2	Biomasa debajo del suelo.....	67
4.1.5	Biomasa total en el SUT PASTIZALES	68
4.1.5.1	Biomasa sobre el suelo	68
4.1.5.2	Biomasa debajo del suelo	69
4.1.6	Biomasa total en el SUT CULTIVOS	69
4.1.6.1	Biomasa sobre el suelo	69
4.1.6.2	Biomasa debajo del suelo	71
4.2	ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN LOS DIFERENTES SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA (SUT)	71
4.2.1	Carbono en el SUT BOSQUE PRIMARIO REMANENTE	71
4.2.1.1	Carbono sobre el suelo.....	71
4.2.1.2	Carbono debajo del suelo	72
4.2.2	Carbono en el SUT PURMA ALTA	73
4.2.2.1	Carbono sobre el suelo	73
4.2.2.2	Carbono debajo del suelo	74
4.2.3	Carbono en el SUT PURMA BAJA	75
4.2.3.1	Carbono sobre el suelo	75
4.2.3.2	Carbono debajo del suelo	75
4.2.4	Carbono en el SUT PALMA ACEITERA	76
4.2.4.1	Carbono sobre el suelo	76
4.2.4.2	Carbono debajo del suelo	77
4.2.5	Carbono en el SUT PASTIZALES	78
4.2.5.1	Carbono sobre el suelo	78
4.2.5.2	Carbono debajo del suelo	78
4.2.6	Carbono en el SUT CULTIVOS	79
4.2.6.1	Carbono sobre el suelo	79
4.2.6.2	Carbono debajo del suelo	80
4.3	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	83
4.3.1	Análisis gráfico	83
4.3.2	Análisis estadístico	84

5. DISCUSIÓN	93
5.1 CON RESPECTO A LA BIOMASA	93
5.2 CON RESPECTO AL STOCK DE CARBONO	94
5.3 DETERMINACIÓN DEL PATRÓN DE CAMBIOS EN EL STOCK DEL CARBONO ..	99
Comparación longitudinal	99
Evaluación transversal	99
CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Principales Tipos de suelo en America Latina y el Caribe	27
Cuadro 2. Cambio de Uso del Paisaje: Deforestación según Capacidad mayor de los Suelos de la Amazonia Peruana	28
Cuadro 3. Estado actual de las pasturas en la Amazonia Peruana	32
Cuadro 4. Cultivos agrícolas según importancia económica	33
Cuadro 5. Carbono almacenado en diferentes SUT en Sarita Colonia, Pucallpa	34
Cuadro 6. Cantidad de biomasa y carbono en diferentes SUT en Pucallpa	35
Cuadro 7. Carbono aéreo en bosques secundarios de Neshuya – Curimaná	35
Cuadro 8. Reservas de carbono de diferentes SUT en Pucallpa	36
Cuadro 9. Datos meteorológicos de Pucallpa	41
Cuadro 10. Clasificación de tierras según su aptitud productiva en la provincia de Padre Abad	45
Cuadro 11. Distancias mínimas y máximas entre SUT de un clúster	48
Cuadro 12. Distribución de Plots	48
Cuadro 13. Ecuaciones alométricas designadas para masas boscosas	55
Cuadro 14. Ecuaciones alométricas para bosques tropicales	55
Cuadro 15. Ecuaciones alométricas para biomasa aérea de palma aceitera	56
Cuadro 16. Biomasa aérea total del bosque primario remanente	60
Cuadro 17. Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades	62
Cuadro 18. Biomasa aérea total de la purma alta	62
Cuadro 19. Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades en purma alta	64
Cuadro 20. Biomasa aérea total de las purmas bajas	64
Cuadro 21. Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades	66
Cuadro 22. Biomasa aérea total en palma aceitera	66
Cuadro 23. Biomasa de raíces finas en palma aceitera a diferentes profundidades (t/ha) ..	68
Cuadro 24. Biomasa aérea total de los pastizales	68
Cuadro 25. Biomasa de raíces finas del pastizal a diferentes profundidades (t/ha)	69
Cuadro 26. Biomasa aérea total en cultivos	70
Cuadro 27. Biomasa de raíces finas en cultivos a diferentes profundidades	71
Cuadro 28. Carbono aéreo total del bosque primario remanente	72
Cuadro 29. Carbono en raíces finas del bosque primario remanente a diferentes profundidades (tC/ha)	72
Cuadro 30. Carbono en el suelo del bosque primario remanente a diferentes profundidades (tC/ha)	73
Cuadro 31. Carbono aéreo total de las purmas altas	73

Cuadro 32.	Carbono en raíces en purma alta a diferentes profundidades (tC/ha)	74
Cuadro 33.	Carbono en el suelo en purma alta (tC/ha)	74
Cuadro 34.	Carbono aéreo total de las purmas bajas	75
Cuadro 35.	Carbono en raíces finas en purma baja a diferentes profundidades (tC/ha)	75
Cuadro 36.	Carbono en el suelo en purma baja a diferentes profundidades (tC/ha)	76
Cuadro 37.	Carbono aéreo total en palma aceitera	76
Cuadro 38.	Carbono en raíces en palma aceitera a diferentes profundidades (tC/ha)	77
Cuadro 39.	Carbono en el suelo en palma aceitera a diferentes profundidades (tC/ha)	77
Cuadro 40.	Carbono aéreo total en palma aceitera	78
Cuadro 41.	Carbono en raíces finas en pastizales a diferentes profundidades (tC/ha)	78
Cuadro 42.	Carbono en el suelo en pastizales a diferentes profundidades (tC/ha)	79
Cuadro 43.	Carbono aéreo total en cultivos	79
Cuadro 44.	Carbono en raíces finas de cultivos a diferentes profundidades (tC/ha)	80
Cuadro 45.	Carbono en el suelo de cultivos (tC/ha)	80
Cuadro 46.	Carbono almacenado a nivel de los cinco depósitos en (tC/ha)	81
Cuadro 47.	Reservas totales de Carbono por SUT y por depósitos (tC/ha)	82
Cuadro 48.	Carbono total en la evaluación 2001 y 2011	83
Cuadro 49.	Análisis de normalidad de distribución	85
Cuadro 50.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	86
Cuadro 51.	Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra	86
Cuadro 52.	Prueba de homogeneidad de varianzas	87
Cuadro 53.	ANOVA	87
Cuadro 54.	Prueba estadística: Comparaciones Múltiples con t de Dunnett ((<control)	89
Cuadro 55.	Comparaciones múltiples: Tabla resumen T3 de Dunnett	91
Cuadro 56.	Comparaciones múltiples: Prueba Cubistock con T3 de Dunnett	92

Índice de Figuras

Figura 1.	El ciclo del carbono	25
Figura 2.	El bosque cumple múltiples funciones al ecosistema	28
Figura 3.	Esquema mostrando los conceptos de productividad primaria neta (PPN) y productividad neta del ecosistema (PNE)	29
Figura 4.	Cambios de uso de la tierra dominantes en la región Ucayali	33
Figura 5.	Cambios de uso en la cuenca de Aguaytía	34
Figura 6.	Se observa cinco usos diferentes del suelo en un mismo predio	36
Figura 7.	Área deforestada	37
Figura 8.	Área forestal degradada	37
Figura 9.	Mapa de ubicación de la cuenca del río Aguaytía y del área de estudio	39
Figura 10.	Se observa el cambio del bosque a otros sistemas de uso de la tierra	40
Figura 11.	En un mismo predio se aprecia diferentes usos de la tierra	40
Figura 12.	Dentro del bosque encontramos vegetación muy variada	40
Figura 13.	Bosque primario remante.	42
Figura 14.	Purma alta	42
Figura 15.	Purma baja	43
Figura 16.	Plantación de palma aceitera	43
Figura 17.	Pasturas	43
Figura 18.	Cultivos anuales	43
Figura 19.	Mapa de tipos de suelos en la cuenca de Aguaytía y del área de estudio	44

Figura 20.	Metodología a desarrollar para el presente estudio	45
Figura 21.	Mapa de acidez de los suelos de la cuenca del Aguaytía y del área de estudio .	46
Figura 22.	Selección de las parcelas de estudio	47
Figura 23.	Diagrama de la parcela de muestreo que se utilizó para el estudio	49
Figura 24.	Toma de muestras de carbono orgánico en el suelo.	51
Figura 25.	Número ideal de muestras para evaluaciones de carbono.	52
Figura 26.	Toma de muestras por el método indirecto	54
Figura 27.	Toma de datos de biomasa muerta	59
Figura 28.	Abundancia de familias en la vegetación arbórea	61
Figura 29.	Abundancia de familias en la vegetación arbustiva – herbácea.	61
Figura 30.	Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades	62
Figura 31.	Abundancia de familias en la vegetación arbórea de las purmas altas	63
Figura 32.	Abundancia de familias en la vegetación arbustiva y herbácea	63
Figura 33.	Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades en purma alta	64
Figura 34.	Abundancia de familias en la vegetación arbórea de purma baja	65
Figura 35.	Abundancia de familias en la vegetación arbustiva - herbácea	65
Figura 36.	Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades	66
Figura 37.	Abundancia de familias en vegetación arbustiva–herbácea de palma aceitera ..	67
Figura 38.	Abundancia de familias epifitas en palma aceitera	67
Figura 39.	Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades	68
Figura 40.	Abundancia de familias en la vegetación arbustiva - herbácea en pastizales	69
Figura 41.	Biomasa de raíces finas del pastizal a diferentes profundidades	69
Figura 42.	Abundancia de familias en la vegetación arbórea en cultivos	70
Figura 43.	Abundancia de familias en la vegetación arbustiva–herbácea	71
Figura 44.	Biomasa de raíces finas en cultivos a diferentes profundidades	71
Figura 45.	Carbono en raíces finas del bosque primario remanente a diferentes profundidades	72
Figura 46.	Carbono en el suelo del bosque primario remanente a diferentes profundidades ..	73
Figura 47.	Carbono en raíces finas en purma alta a diferentes profundidades	74
Figura 48.	Carbono en el suelo en purma alta	74
Figura 49.	Carbono en raíces finas en purma baja a diferentes profundidades	75
Figura 50.	Carbono en el suelo en purma baja a diferentes profundidades	76
Figura 51.	Carbono en raíces en palma aceitera diferentes profundidades	77
Figura 52.	Carbono en el suelo de palma aceitera diferentes profundidades	77
Figura 53.	Carbono en raíces en pastizales a diferentes profundidades	78
Figura 54.	Carbono en el suelo de pastizales a diferentes profundidades	79
Figura 55.	Carbono en raíces finas de cultivos a diferentes profundidades	80
Figura 56.	Carbono en el suelo de cultivos a diferentes profundidades	80
Figura 57.	Reservas de carbono por sistema de uso de la tierra	81
Figura 58.	Patrón de cambios de almacenamiento de Carbono a nivel de depósitos y SUT ..	84

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la cuenca de Aguaytía, región Ucayali, tuvo como objetivo determinar el patrón de cambios que se producen en el carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del suelo del bosque tropical, para ello se formaron clústeres con los seis principales tipos de uso del suelo, simulando una sucesión a partir de un bosque primario remanente, se utilizaron metodologías establecidas por el IPCC para la biomasa aérea y de la Universidad de Göttingen para evaluaciones bajo el suelo. En la biomasa aérea, se encontró diferencias muy significativas entre el bosque primario remanente con los demás sistemas evaluados, reportando; 314,7t/ha. para el bosque primario r., 104,4t/ha para purma alta, 45,1t/ha para purma baja, 44,3t/ha para pastizal, 35,6t/ha para cultivos y 33,9t/ha para palma aceitera. En el almacenamiento total de carbono, se evidencia diferencias significativas en las cantidades almacenadas por los diferentes sistemas de uso de la tierra; los bosques primarios reportan 307,4tC/ha, 149,8tC/ha, purma alta, 142tC/ha, para palma aceitera, 96,1tC/ha, para pastizal, 93,5tC/ha, para purma baja y 90,5tC/ha, para cultivos. Se evidencia una disminución de la biomasa y de la capacidad para almacenar carbono en palma aceitera, debido principalmente al tipo de manejo agronómico en la zona. En pastizales, el reporte es mayor que en caso de palma aceitera, debido al abandono por pérdida de productividad, y a la dinámica forestal tienden a formar biomasa y además los troncos caídos de los grandes árboles aún continúan en el lugar. Podemos concluir que existe una pérdida en la biomasa, riqueza y capacidad de almacenamiento del bosque primario remanente, en el análisis a nivel de depósitos de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra, se evidencia pérdidas significativas en el depósito arbóreo, igual situación sucede con hojarasca y madera muerta, mientras que se evidencia diferencias significativas mínimas en el caso arbustiva herbácea y raíces finas, en el caso del carbono en el suelo mantiene un comportamiento similar salvo en el caso de las plantaciones de palma aceitera. Lo cual demuestra que el bosque tropical está perdiendo la capacidad para regenerar y de volver a su estado fisiográfico natural, luego de intervenciones severas.

Palabras Clave: Carbono, depósitos de carbono, bosques, sistemas de uso de la tierra, biomasa

ABSTRACT

This work was carried out in the Aguaytía basin, Ucayali region, with the objective to measure the effect of changing land use on biomass and carbon stocks. Six clusters with the main types of land use were formed, simulating the common sequence of land use forms originating from a remnant primary forest, using methodologies established by the IPCC for biomass and from the University of Göttingen for belowground carbon assessments. Significant differences in aboveground biomass were found between the 314,7t/ha reported for primary forest remnant with all other systems evaluated, such as 104,4t/ha for high secondary forest (purma), 45,1t/ha for low secondary forest, 44,3t/ha for grassland, 35,6t/ha for crops and 33,9t/ha for oil palm. Significant differences in total carbon stock were found between the different land use systems where primary forests reported 307,4tC/ha, high secondary forest 149,8tC/ha, oil palm plantations 142,3tC/ha, grassland 96,1tC/ha, low secondary forest 93,5tC/ha, and crops 90,5tC/ha. The decrease in biomass and carbon storage capacity in oil palm plantation is mainly owed to the type of agricultural management employed in the area. Stocks in pastures exceeding those from oil palm plantations are explained by the forest-like biomass dynamics that evolve after their abandonment also due to the existing of standing and dead shade trees remaining in the pastures. We still conclude that a substantial loss in biomass richness and carbon storage capacity results from the conversion of remaining primary forest. This has been observed based on our analyses of carbon stocks under different types of land use particularly in above-ground biomass but is paralleled by stocks of litter and dead wood while differences in the shrub, herb and fine-root pools were only slightly significant. Soil carbon pools maintained rather stable with the exception of oil palm plantations. This serves as evidence that tropical forests do lose their regenerative capacity and ability to return to their initial natural physiognomy after severe interventions.

Keywords: Carbon, carbon stock, forest, land use systems, biomass, root.

INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales brindan a millones de personas, materia prima en forma de alimentos, combustible, materiales de construcción y suministran servicios ecológicos que son vitales para todos los habitantes del planeta, tales como la regulación hídrica, control de la erosión y fijación de carbono (Locateli *et al.*, 2009; Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO, 2011). Sin embargo, en los últimos años debido a diversas actividades antrópicas que encuentran sus raíces en un complejo de realidades ambientales, sociales, políticas e institucionales (Forner *et al.*, 2006), se está produciendo un proceso acelerado de deforestación, ocasionando el cambio de uso y la degradación de los bosques, que amenaza la diversidad biológica y libera gases de efecto invernadero (GEI), favoreciendo el incremento del cambio climático global (Lanly, 2003; White *et al.*, 2005), situación que fue advertida en el cuarto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), que presentó pruebas incontrovertibles que el clima mundial está cambiando debido principalmente a las actividades humanas.

Se estima que las emisiones producidas por la deforestación y degradación del bosque en los países en desarrollo son responsables de casi el 20% del total de las emisiones de gases de efecto invernadero anuales (Asner *et al.*, 2005). Estos cambios tienen marcada influencia sobre la economía local de los países de la región sudamericana, se ha estimado que un aumento de 2°C en la temperatura representaría una pérdida del 1,3% del Producto Bruto Interno (PBI) del sector productivo (Mendelsohn, 2007). Sin embargo, esta cifra sería mayor si se incluye en el cálculo, el impacto del cambio climático y de los eventos extremos sobre los sectores no productivos, entonces el cambio climático constituye una amenaza contra los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud, uso de las tierras y medio ambiente (Stern, 2007).

El Perú viene jugando un rol cada vez más importante en las discusiones técnicas y políticas internacionales en torno a mecanismos de adaptación y mitigación al cambio climático. El surgimiento de la estrategia de reducción de emisiones derivadas de la deforestación y degradación de bosques REDD y sus posteriores evoluciones conceptuales, como parte del protocolo sucesor al de Kyoto, abre las puertas al país para acceder a recursos a través de la “deforestación evitada” en su territorio nacional, entonces con esta propuesta no solo contribuirá a combatir el cambio climático, sino además podría generar una amplia gama de beneficios concomitantes, tales como la conservación de la diversidad biológica, servicios ambientales y elevar el bienestar de comunidades que habitan dentro o dependen de los bosques para impulsar el desarrollo rural en la amazonia (Organización de Estudios Tropicales OET, 2011).

El Perú posee una superficie total de bosques al 2011 de 79 942 865ha, de los cuales 15 736 030ha (21%) se encuentran en la región selva y alrededor de 8 704 896ha de bosques en Ucayali, que representan el 85% de la superficie del territorio regional, esta riqueza natural explica su condición de mayor productor nacional de madera. (Ministerio del Ambiente MINAM, 2011; Gobierno Regional de Ucayali GOREU, 2012).

La zona de estudio es la cuenca de Aguaytia, tiene una historia de deforestación de casi 70 años, iniciándose con la llegada de los primeros colonizadores en los años 1940 (Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, 2003). Es una zona de referencia nacional e internacional ya que posee una gran cantidad de suelos y asociaciones representativas para la selva baja y alta del país, cuenta con interesantes estudios desarrollados anteriormente sobre aspectos biofísicos y socioeconómicos del bosque por casi 4 décadas (White *et al.*, 2005). Sin embargo aún no cuenta con estudios que nos permitan responder con conocimiento científico como se ha producido el movimiento del carbono almacenado en el bosque, situación que se pretende resolver mediante la presente investigación, y así contribuir con las iniciativas para reducir las emisiones por la degradación y deforestación para el país.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

Hidalgo (2009), en su tesis doctoral titulada “Determinación de las reservas totales de carbono en un sistema agroforestal de la selva alta de Tingo María” tuvo como objetivo cuantificar las reservas totales de carbono a partir de las concentraciones en las diferentes fuentes del sistema agroforestal, utilizó la metodología del Centro Mundial de Agroforestería ICRAF e Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA, teniendo como resultados 94,3tC/ha en la biomasa aérea y 123,5tC/ha bajo el suelo haciendo un total de 217,5tC/ha.

Barbarán (2000), en su tesis titulada “Determinación de la biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en la zona de Campo Verde” cuyo objetivo fue cuantificar la biomasa y el carbono almacenado en distintos sistemas de uso de la tierra, en el distrito de Campo Verde, cuenca de Aguaytia, región Ucayali, habiendo encontrado que los sistemas que almacenan menor cantidad de carbono son los cultivos anuales y los pastos. Además determinó tasas de secuestro de carbono aéreo de 6,6 y 7,3t/ha/año en bosques secundarios de 3 y 15 años.

En el Perú existen diversos estudios referentes a la determinación de carbono en los principales sistemas de uso del suelo desde los primeros trabajos de Woomer, Alegre, Palm a finales de los años ochenta generando principalmente las ecuaciones alométricas y el stock de carbono por sistemas de uso de la tierra. Además se desarrollaron estudios de línea base de carbono en la cuenca del río Nanay el 2002 y valoración del carbono forestal. Dos estudios muy referidos sobre

reducción de emisiones de la deforestación denominados: “Deforestation and Carbon Emission at Peruvian Amazon: A case Study from Peruvian Amazon” de Naughton-Treves en el 2004 y “Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto-Perú”. En la revisión de literatura para la presente investigación se identificaron hasta cinco tesis sobre bosques y carbono aplicables a la zona de estudio (Che Piu & Garcia, 2011).

1.2 Problema de investigación

El bosque tropical peruano tiene en total 79 942 865ha, que representa el 62% del territorio peruano (MINAM, 2011). Tiene capacidad de almacenar más de 17 giga toneladas de carbono, que en formato de dióxido de carbono CO₂ equivaldrían a 62,5Gt de CO₂ fijado producto de la conversión 44/12 que refiere al peso molecular del CO₂/C (Armas *et al.*, 2009). Sin embargo, debido a diversas causas antropicas, en estos últimos años, se está produciendo una tasa de deforestación superior a 160 000ha/año (MINAM, 2011). Ante la gravedad de esta situación, se han generado a nivel mundial diversas respuestas; como la adaptación y la mitigación al cambio climático.

Inicialmente, el protocolo de Kioto motivó el interés en determinar el stock de carbono en los bosques, pero su alcance se limitó a evaluación de las plantaciones forestales (Locatelli, 2005), fue por esa razón que en la decimotercera sesión de la conferencia de las partes



(COP 13) de la CMNUCC, se reconoció la importancia de evaluar la deforestación y degradación a nivel de los bosques, incorporándola al mecanismo propuesto para reducir las emisiones globales derivadas de la deforestación. De hecho, hoy en día es ampliamente reconocido que para mitigación del cambio climático, es crítico reducir las emisiones de carbono producto de la deforestación y la degradación de bosques (Angelsen, 2009; Van Noordwijk, 2011).

El IPCC (2003), menciona que para evaluar deforestación y degradación es necesario medir las existencias de carbono a nivel del bosque como un ecosistema. Además identifica cinco depósitos de carbono que deben ser monitoreados; biomasa arbórea, biomasa arbustiva y herbácea, biomasa de hojarasca y madera muerta, biomasa de raíces y carbono orgánico del suelo. Para ello se estableció protocolos para evaluaciones destructivas y no destructivas.

En la Amazonia del Perú y en especial en la cuenca de Aguaytía, en estos últimos 70 años, como resultado de la carretera Lima–Pucallpa y de las diversas actividades antrópicas derivadas, entre ellas el cambio de uso del bosque por la deforestación y la agricultura migratoria, se está produciendo pérdidas en la biomasa del bosque y con ello la capacidad de brindar seguridad alimentaria y servicios ambientales como la captura de carbono. Se sabe que existen pérdidas a nivel de los cinco depósitos de carbono en el bosque. Sin embargo, hasta la fecha, aun no se tiene un dato cuantificado ni tampoco un estudio que explique el movimiento del carbono en nuestro bosque.

Es un conocimiento necesario para comprender la dinámica forestal, que nos permita proponer políticas para un manejo forestal sostenible; sistemas de uso del

suelo con bajas emisiones de carbono y el diseño de políticas de pagos por servicios ambientales bajo el esquema de compensación por deforestación evitada, conocida también como REDD. El problema que pretende resolver la presente investigación, está referida en la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el patrón de cambios que se produce en el carbono almacenado en el ecosistema debido al cambio de uso del bosque tropical, cuenca de Aguaytía, Perú?

1.3 Objetivos

Objetivo central

Determinar el patrón de cambios en el carbono almacenado que se produce por el cambio de uso del bosque tropical, mediante evaluaciones destructivas y no destructivas con la finalidad de comprender la dinámica del carbono en el ecosistema y aportar bases para el manejo forestal sostenible y la política de pagos por servicios ambientales en el país.

Objetivos específicos:

- Estimar la biomasa en los seis tipos de uso de la tierra, mediante evaluaciones destructivas y no destructivas, con la finalidad de medir el cambio real en la biomasa.
- Estimar el stock de carbono en los cinco depósitos de carbono de los seis tipos de uso de la tierra utilizando metodologías establecidas por el IPCC, para determinar el carbono total por la transición forestal.
- Determinar el patrón de cambios en el stock del carbono, mediante comparaciones estadísticas, que nos permita mejorar la comprensión sobre la dinámica del bosque tropical.



1.4 Justificación

Anualmente, un estimado de 13 millones de hectáreas de bosques tropicales son destruidas, resultando en una emisión de 5,8Gt (Giga toneladas) de CO₂ a la atmósfera, incrementando el efecto invernadero global, esto debido a diversos factores que incluyen entre otros, una combinación entre la extracción comercial de madera, cultivos, desarrollo de la ganadería y de la infraestructura del transporte terrestre, reduciendo la seguridad alimentaria, la diversidad biológica y los servicios ambientales. Este problema, durante estos últimos años está ocupando un lugar central en el debate sobre el cambio climático a nivel de la comunidad internacional, es creciente la preocupación por el aumento de estas emisiones derivadas de la deforestación y degradación forestal en los países en desarrollo. Dentro de las alternativas que promueve la comunidad mundial destacan; el manejo forestal sostenible y el pago por deforestación y degradación evitada REDD, la cual se considera una opción importante, económica, rápida (en la que todos ganan) para reducir la emisión de los gases de efecto invernadero GEI (Angelsen *et al.*, 2010).

El presente trabajo de investigación, propone realizar evaluaciones sobre el carbono a nivel de los cinco depósitos del ecosistema forestal; biomasa arbórea, arbustiva y herbácea, madera muerta y hojarasca, raíces finas y la materia orgánica del suelo, a fin de responder a la pregunta de investigación. Para ello se están considerando realizar evaluaciones en los siguientes escenarios: bosque primario remanente, purma alta, purma baja, pastizales, cultivos de palma aceitera y cultivos anuales. Las metodologías a emplear en el presente estudio son dos; para determinar la biomasa aérea los

protocolos del IPCC y para medir raíces y materia orgánica del suelo, se utilizó la metodología propuesta por la Universidad de Göttingen de Alemania (van Straaten, 2011). El área seleccionada fue la cuenca del Aguaytía, debido a que representa un mosaico del panorama de deforestación y degradación de la amazonia del país, además cuenta con estudios anteriores de biomasa, deforestación, tala ilegal, y socio economía del bosque, faltando este tipo de evaluación para obtener un panorama más completo sobre la función reguladora y los servicios ambientales de los bosques. La importancia de este trabajo de investigación, radica en que se va a determinar la transición del carbono a nivel de los cinco depósitos de carbono del bosque en seis diferentes tipos de uso del suelo, incrementando con ello el conocimiento de la dinámica forestal que se produce en el bosque amazónico.

1.5 Alcances y limitaciones

La presente investigación trata de presentar evidencias de que con el actual uso que se le está dando al bosque tropical, estamos perdiendo la biomasa, destruyendo la diversidad biológica y favoreciendo al cambio climático, estos resultados nos permitirán mejorar el conocimiento sobre la dinámica del carbono en el ecosistema tropical, de tal manera que permitan crear bases para el manejo forestal sostenible y la política de pagos por servicios ambientales en el país. Sin embargo, esta es sólo una contribución desde la investigación y para surtir el efecto deseado es necesario que los actores público, privado y sociedad involucrada con la conservación del bosque tropical tomen conciencia de la gravedad de la situación actual y se formulen medidas de gestión pública, en base al conocimiento científico.



2. MARCO TEÓRICO

2.1 Teorías generales relacionadas con el tema

2.1.1 El cambio climático

Se denomina cambio climático a la variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o su variabilidad, en una zona determinada y que se mantiene durante un período prolongado de tiempo (30 años). Se está convirtiendo en una amenaza cada vez más visible y palpable, ya que influye directamente sobre la variabilidad climática local, aumentando o disminuyendo su manifestación. También indirectamente sobre la disponibilidad de los recursos naturales y lo más preocupante; se enfatiza en la pobreza, (IPCC, 2001; IPCC, 2007).

El cambio climático es una variable que forma parte de la historia de la tierra, anteriormente fue gradual y permitió a las especies generar mecanismos de adaptación para sobrevivir. Sin embargo, en estos últimos 150 años debido a diversos factores antrópicos está sufriendo una serie de alteraciones, esto como consecuencia de la alta concentración de gases que provocan el efecto invernadero en la atmósfera, como el Dióxido de Carbono CO_2 , Metano CH_4 , Óxido Nitroso N_2O , Hidrofluoro- carbonados HFC, Perfluorocarbonados PFC y Hexafluoruro de Azufre SF_6 , y que ocasionan cambios en el régimen climático; el calentamiento global y el aumento de la variabilidad climática con graves consecuencias económicas, sociales y ambientales que afectarían el equilibrio del planeta (IPCC, 2007).

2.1.2 Mitigación del cambio climático

En la gestión ante el cambio climático se

trabajan en dos estrategias; la adaptación y la mitigación, en el caso de bosques se habla de la mitigación. Son las medidas para reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero evitando las emisiones en la fuente y/o de incrementar la pérdida por la eliminación del carbono almacenado en los sumideros. El calentamiento del planeta ya está en marcha y es urgente contar con estrategias de mitigación y adaptación, especialmente para los países pobres más vulnerables.

Dentro de la mitigación debemos favorecer el secuestro de carbono mediante el incremento de biomasa en crecimiento, así como el tamaño de los reservorios, además favorecer la permanencia de la vegetación, en especial de los árboles grandes y finalmente consolidar la permanencia de carbono en los productos de la biomasa vegetal. Para ello es importante comprender como se moviliza el carbono en los diferentes depósitos del ecosistema (FAO, 2011).

2.1.3 El carbono y el ciclo del carbono

El carbono C es el elemento químico, presente en todo el planeta, básico en la formación de las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleídos, todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbono enlazados entre sí. Es la unidad principal de la vida en este planeta y su ciclo es fundamental para el desarrollo de todos los organismos. Se acumula en compartimientos llamados depósitos y circula activamente entre ellos, de estos depósitos, los océanos almacenan 38 000Gt, el suelo 15 000Gt, la atmósfera 750Gt y las plantas 560Gt (FAO, 2002).

La atmósfera y la hidrósfera son las reservas fundamentales de carbono (en moléculas de

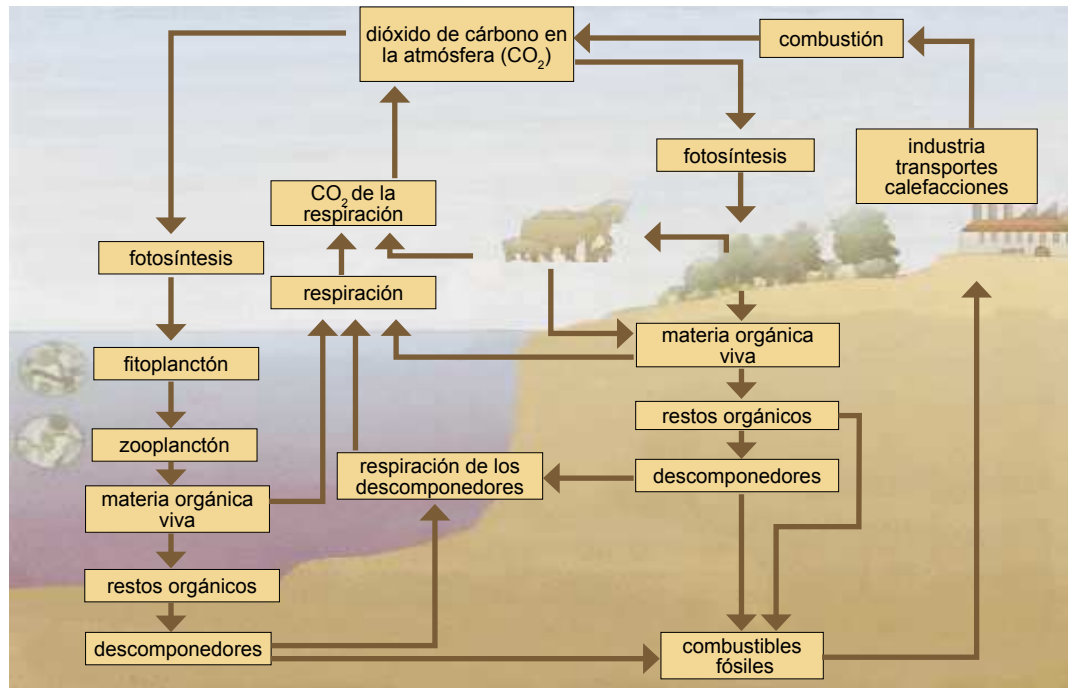


Figura 1 El ciclo del carbono. Fuente IPCC, 2010.

CO₂) disponibles para los seres vivos. El CO₂, en la atmósfera tiene una concentración de más del 0,03% y cada año se consumen en los procesos de fotosíntesis aproximadamente un 5% de estas reservas de CO₂, es decir que todo el carbono se renueva en la atmósfera cada 20 años. En el ciclo del carbono, el CO₂ de la atmósfera es fijado por las plantas (hojas y otras partes verdes de las plantas), mediante el proceso de fotosíntesis, que es la conversión de CO₂ gaseoso a glucosa, de ello se libera el oxígeno, luego se convierte en carbohidratos y tejidos que se utilizan para formar la biomasa de la planta. Parte de la glucosa es metabolizada en energía para el crecimiento y mantenimiento y el resto se convierte en otros compuestos que constituyen los organismos vivos (FAO, 2011).

La absorción de carbono atmosférico por las plantas (120Gt/año) está en equilibrio con la respiración de las plantas y el suelo (aproximadamente 60Gt/año cada uno). Los océanos, las plantas y el suelo normalmente intercambian CO₂ con la atmósfera. Entonces cualquier desequilibrio entre los flujos de entrada y de salida,

ocasionan un cambio en la concentración del CO₂ en la atmósfera (Bolin y Sukumar, 2000 mencionados por Casanova, 2011). El retorno de CO₂ a la atmósfera se produce cuando en el proceso de respiración los seres vivos oxidan los alimentos produciendo CO₂. En el conjunto de la biosfera la mayor parte de la respiración la hacen las raíces de las plantas y los organismos del suelo y en menor cantidad los animales (IPCC, 2003).

2.1.4 La biomasa vegetal

Es un parámetro referido a la capacidad de los ecosistemas para acumular materia orgánica a lo largo del tiempo y está compuesta por el peso de la materia orgánica aérea y subterránea que existe en un ecosistema (Brown, 1997; Eamus *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2009). Según el IPCC (2007), se suele considerar biomasa muerta al material vegetal muerto recientemente. La biomasa es importante para cuantificar la cantidad de nutrientes en diferentes partes de las plantas y estratos de la vegetación, permite comparar distintos tipos de especies y asociaciones en diferentes sitios, además críticos para las estimaciones de fijación



de carbono (Brown, 1997; Malhi y Grace, 2000; Aceñolaza *et al.*, 2007).

Diversos estudios han demostrado que los árboles fijan CO₂ mediante el proceso de la fotosíntesis y se convierte el carbono en celulosa, y se libera el oxígeno; el carbono hace el 50% en promedio de los árboles (48 - 52%) y se distribuye en promedio de la siguiente manera 51% en el tronco, 30% en ramas, 18 - 24% en las raíces (15 - 20% en raíces con diámetro >2mm), y 3% en el follaje (Silva, 2013).

La biomasa aérea, está compuesto por las partes de la vegetación que se desarrollan sobre el suelo, para estimarlo se usan diferentes tipos de modelos de regresión y combinación de variables. El diámetro a la altura del pecho DAP es la variable que mejor se correlaciona y predice la biomasa a nivel arbóreo. Además, el DAP es una variable fácil de medir y se registra en la mayoría de los inventarios forestales. Otra variable muy importante es la densidad de la madera, porque informa sobre la cantidad de carbono que la planta contiene en su constitución, varía dentro de las partes de la planta, durante la vida de la planta y entre individuos de una sola especie (Chave, 2006).

Los modelos para estimar la biomasa han aumentado en los últimos años y posiblemente están más desarrollados para árboles individuales que para los bosques, arbustivos y herbáceas, siendo mejor para estos, cuantificar la biomasa a partir de evaluaciones destructivas. En Costa Rica se tienen valores entre 150 a 382t/ha, en Brasil 315t/ha, en Ecuador, Perú y Bolivia 182t/ha, 210t/ha y 230t/ha, respectivamente, para la biomasa sobre la superficie (Brown, 1997; Loguercio 2005; Sierra *et al.*, 2001; Segura *et al.*, 2006 mencionado por Chacón *et al.*, 2007; Dauber *et al.*, 2008).

La biomasa de las raíces, comprende

los componentes subterráneos de una vegetación, constituyen el soporte de todo el crecimiento aéreo y juegan un rol vital en el abastecimiento y almacenamiento de agua y nutrientes. Ha sido poco estudiada, en parte por la dificultad y lo costoso de la extracción de los sistemas radiculares completos. Investigaciones referidas al tema señalan que existe gran variabilidad en la producción de raíces finas y gruesas, según sea el tipo de clima, especie, estado de desarrollo o edad de los individuos. Los factores del suelo son determinantes para explicar las diferencias en productividad, especialmente aquellos que afectan la elongación de las raíces, el abastecimiento de agua, la aireación y la composición química de la solución del suelo. Factores como la textura y estructura condicionan las características de la porosidad y drenaje interno, las cuales son importantes al momento de evaluar la fertilidad del suelo para la producción de biomasa subterránea.

En los sitios pobres se desarrolla mayor biomasa de raíces versus sitios de mejor calidad. Creighton *et al.* (2007) señalan que la proporción de la biomasa de raíces es mayor cuando existen restricciones de humedad y nutrientes. La proporción de raíces finas es ligeramente mayor en sitios pobres y/o que presentan restricciones para el crecimiento y para la penetración de las raíces. Las secciones aéreas y subterráneas dependen una de la otra para la producción de biomasa, las raíces requieren los carbohidratos producidos en la sección aérea por fotosíntesis, mientras que la sección aérea requiere nutrientes y agua captados por las raíces. Debido a esto, se acepta que la producción de raíces por los árboles sigue la tendencia del crecimiento aéreo, aunque no siempre es el caso, alcanzando el máximo del incremento antes de la ocupación del sitio que, generalmente comienza a ocurrir con el cierre de copas. (Ibrahim 2007; Canadell *et al.*, 1986 citado por Olupot *et al.*, 2010).

2.1.5 Los suelos tropicales

El suelo se define como la capa más externa de la corteza terrestre, cuyo grosor varía de unos centímetros hasta más de tres metros, además se le describe como una entidad natural que consta de una mezcla

de materiales orgánicos y minerales sobre los cuales crecen las plantas. Los suelos tropicales no son uniformes como se puede apreciar en el Cuadro 1, esto debido a la gran variedad de climas, material orgánico, geomorfología y edad.

Cuadro 1 Principales Tipos de suelo en América Latina y el Caribe

Grupos de Suelos de Referencia	Porcentaje
Acrisols	12
Arenosols	5
Calcisols	2
Cambisols	9
Ferrosols	17
Gleysols	5
Leptosols	11
Lixisols	2
Luvissols	4
Phaeozems	6
Plintosols	3
Regosols	12
Solonetz	3
Otros (Alisols, Androsols, Anthrosols, Cryosols, Durisols, Fluvisols, Gypsisols, Histosols, Kastanozems, Nitisols, Planosols, Podzols, Solonchaks, Stagnosols, Technosols, Umbisols, Vertisols)	18

Fuente: Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe (2014)

La América tropical húmeda, es la parte de los trópicos que tiene los suelos menos fértiles; el 82% de sus suelos son oxisoles y ultisoles infértiles y ácidos (US National Research Council, 1982; Cochrane y Sánchez (1982) mencionados por INRENA, 2007), refiriéndose a la Amazonía, indican que el 90% de los suelos tienen deficiencia de fósforo y que el 73% padecen de toxicidad por aluminio y solo un 6% del área de esa región no presenta limitaciones mayores. La Amazonía Peruana tiene suelos con esa realidad como lo demuestra el Cuadro 2, el 86,3% de sus tierras tienen vocación únicamente forestal (producción

o protección). A mayor resolución, las variaciones son más marcadas encontrándose mucha diversidad de suelos a nivel de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Otra característica fundamental es la forma de la superficie que junto a la humedad del suelo, la alta precipitación, hacen que las depresiones contengan más humedad y en consecuencia mayor contenido de materiales orgánicos. En consecuencia, cada vez que la agricultura se instala sobre suelos Oxisoles y Ultisoles, la necesidad de descansos largos es insoslayable y en consecuencia hay formación de bosques secundarios.



Cuadro 2 Cambio de Uso del Paisaje: Deforestación según Capacidad mayor de los Suelos de la Amazonia Peruana

Capacidad de Uso Mayor de los Suelos	Superficie Total en la amazonia peruana (ha)*	Porcentaje con respecto a la superficie total	Deforestación según capacidad de uso mayor (ha) **	Porcentaje con respecto a la Deforestación total
Cultivo en Limpio y permanente	4 612 000	6,1	1 460 410	16,5
Pastos	5 716 000	7,6	1 179 982	20,3
Forestales (Producción)	46 432 000	61,3	2 342 197	32,7
Forestales (Protección)	18 924 000	25,0	2 190 364	30,5
Total	73 349 000	100	7 172 953	100

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a datos *ONERN (1982), ** INRENA (2007)

2.2 Bases teóricas especializadas sobre el tema

2.2.1 Los bosques como sumideros de Carbono

Los bosques son complejos ecosistemas de seres vivos que incluyen a los micro organismos vegetales y animales, que se influyen mutuamente y se subordinan al ambiente dominante de unos árboles que se extienden en áreas mayores a media hectárea, superan (o pueden superar) dos metros de altura y cubren más del 10% del área que ocupan (MINAM, 2011). Nos proporcionan madera, materiales de construcción, servicios eco sistémicos como el agua dulce, la protección del suelo y la regulación del clima, son hábitats importantes para la vida silvestre y suministran variados insumos para la seguridad alimentaria de la humanidad (Kaeslin & Williamson, 2010).

El área total de los bosques del mundo, se calcula en 3,4 billones de hectáreas; representando un tercio de la superficie terrestre. De ello el 52% se encuentra en los trópicos, 30% en las latitudes altas

y 18% en las latitudes medias. En los últimos años, el área mundial de bosques está disminuyendo a un ritmo entre 12 a 15 millones de hectáreas anuales, de ello casi el 80% está ocurriendo en el trópico, siendo América del sur responsable del 20% de las emisiones de carbono (Asner *et al.*, 2005; Kanninen, 2007).



Figura 2 El bosque cumple múltiples funciones al ecosistema.

MINAM (2011), elaboró a partir de imágenes del satélite LANSAT 2009 el Mapa del Patrimonio Forestal Nacional, que comprende bosques amazónicos, andinos y costeros. De acuerdo al mapa, el 62% (79 942 865ha) del territorio nacional

es parte del patrimonio forestal. De los cuales 76 004 860ha se encuentran en la Amazonia (68 941 309ha con bosques y 6 063 551ha de aguajales y pantanos) que en su conjunto representan el 59% del territorio nacional.

El almacenamiento de carbono en los bosques y otras formaciones vegetales se efectúa como resultado del intercambio de carbono con la atmosfera a través de la fotosíntesis y la respiración.

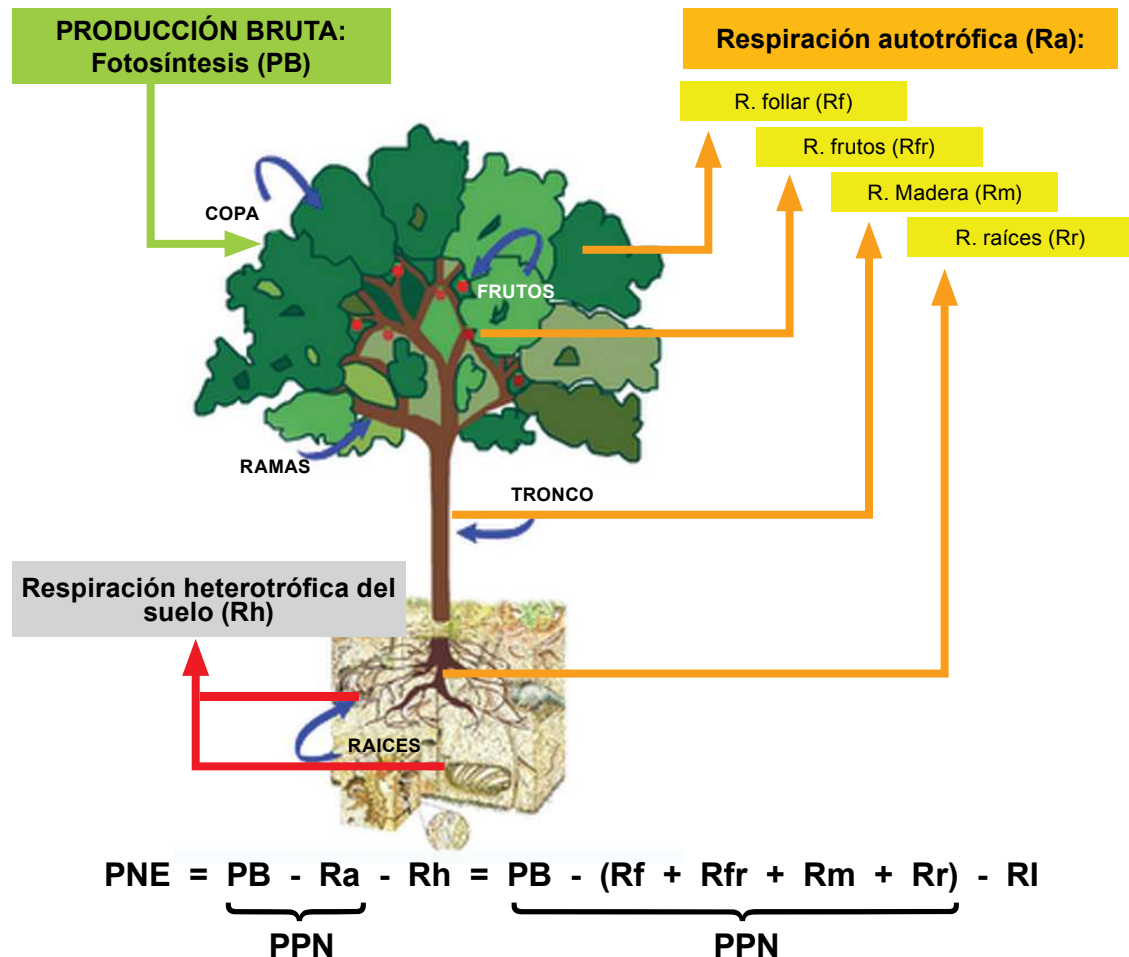


Figura 3 Esquema mostrando los conceptos de productividad primaria neta (PPN) y productividad neta del ecosistema (PNE). Fuente: RED FORESTA 2014.

El carbono orgánico se almacena en cinco depósitos distribuidos entre la biomasa vegetal, biomasa aérea, las raíces y el suelo (IPCC, 2007).

La biomasa es el término que se utiliza para indicar la cantidad de materia orgánica de la que esta formado un individuo, un nivel trófico o el conjunto de un ecosistema, la biomasa se puede expresar en gramos, kilogramos o toneladas de materia seca por unidad de superficie o volumen.(Taiz y Zeiger, mencionados por Herrera, 2010). Durante el proceso de la fotosíntesis, la

vegetación consume agua, luz, CO₂ y despiden oxígeno. Por ello, los bosques en crecimiento y/o expansión son calificados como “sumideros de carbono”, esto debido al volumen de la biomasa de los bosques tropicales, cuyos valores oscilan entre 155 a 300tC/ha, treinta y cuatro veces más en promedio, que las tierras dedicadas a la agricultura (Brown, 1988 citado por Casanova, 2011).

La cantidad de carbono almacenado en el bosque estará en función con la capacidad para mantener la biomasa por hectárea,



su heterogeneidad, condiciones del suelo y clima. Se considera que el carbono se encuentra almacenado, cuando esta constituyendo alguna estructura del árbol y/o planta, (Ordóñez, 1999; Arévalo *et al.*, 2003).

Los bosques primarios almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico). Los mayores aportes de carbono almacenado en el suelo vienen de las raíces muertas, en suelos de la Amazonia las raíces finas constituyeron más que el 50% del C total encontrado en los primeros 10cm del suelo. Aunque las raíces están concentradas en la superficie se ha encontrado raíces de hasta 15m en bosques amazónicos de Brasil. En ese sentido, cualquier actividad relacionada al uso del suelo que modifique la biomasa vegetal del ecosistema, va alterar la cantidad de carbono almacenado dando lugar a menores existencias de C, que en el bosque original. (Phillips, 1998, citado por Aceñolaza, 2007; Trumbore, 2006).

2.2.2 Depósitos o reservorios de carbono en el ecosistema

El IPCC (2003), ha definido cinco reservorios de carbono en el ecosistema; biomasa arbórea, arbustiva y herbácea, hojarasca y madera muerta, raíces y carbono orgánico del suelo. Siendo más común el método de medir la biomasa sobre el suelo, pero es un dato que genera muchos vacíos. De acuerdo a Woome *et al.* (1998) el bosque tropical amazónico, es el ecosistema que contiene la mayor cantidad de C (305tC/ha, de las cuales el 28% se encuentra en el suelo).

En bosques maduros de la Amazonía, el incremento de la biomasa es equivalente a una captación neta de $0,62 \pm 0,37$ t/ha/año. Con respecto al stock de Carbono, en

Guatemala se registraron valores entre 176 y 199tC/ha en bosques tropicales remanentes (Brown, 1997; Casanova, 2011). En Perú, en Nanay se evaluaron bosques sin intervenir y se reportaron valores de 208,3t/ha en varillales y 452,3t/ha en aguajales, para biomasa sobre la superficie. (IIAP, 2002).

El carbono en el suelo se encuentra en forma orgánica e inorgánica; el carbono inorgánico es capturado en formas más estables tales como el carbonato de calcio. (Kanninen, 2007; Casanova, 2011). El carbono orgánico presente en los suelos naturales viene a ser un balance dinámico entre la absorción de material vegetal y la pérdida por descomposición (mineralización). En condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y solo una pequeña fracción (1%) del que ingresa se acumula en la fracción húmica estable.

Los diferentes reservorios de carbono que existen en el suelo tienen distintos tiempos de residencia, dependiendo de su composición bioquímica. por ejemplo, la lignina es más estable que la celulosa y su tiempo de residencia van desde décadas a más de 1 000 años (FAO, 2000; FAO, 2002; Casanova, 2011; Krull *et al.*, 2011).

Las pasturas con base en gramíneas mejoradas secuestran más carbono en partes profundas del perfil del suelo, generalmente debajo de la capa arable (10-15cm). Esta característica hace que este carbono este menos expuesto a los procesos de oxidación y por tanto su pérdida como gas invernadero (Fisher *et al.*, 1994).

Estudios realizados demuestran que el cambio de uso de la tierra de las áreas de pastura hacia sistemas silvopastoriles contribuye a mejorar la calidad de los

suelos, la productividad de las fincas y al medio ambiente. En un trabajo medido a una profundidad de 0,5m y con una cobertura de pasto Guinea *Panicum maximum*, el carbono orgánico del suelo fue de 233tC/ha, mientras que en suelo ligeramente menos fértil con *Panicum maximum* y *Cordia alliodora*, de menos de 10 años de edad, se almacenaron entre 180 a 200tC/ha.

Las raíces profundas de *Brachiaria humidicola* y *Andropogon gayanus*, pueden capturar desde la atmósfera un aproximado de 2 Giga de toneladas de CO₂ por año (las plantas verdes utilizan la luz solar y el CO₂, para producir materia orgánica); este almacenamiento de la materia orgánica no se había observado antes por que la materia orgánica suele depositarse en las extensas raíces de estas gramíneas a profundidades hasta más de un metro en los suelos de sabana (Ibrahim, 2007).

2.2.3 El cambio de uso del suelo en el bosque tropical

Tiene múltiples causas, está relacionado con la economía de subsistencia, las políticas públicas, el mercado internacional de consumo ilícito de la coca, la tala ilegal, agricultura migratoria de tumba y quema y los procesos migratorios de la población, tanto como los grandes proyectos ganaderos y agrícolas de monocultivo (palma aceitera), producción de carbón vegetal e incendios del sotobosque (FAO, 2009). A continuación se enumeran algunos procesos:

2.2.3.1 La agricultura migratoria

La mayor parte de los bosques secundarios o purmas del bosque tropical peruano como en cualquier otra región del trópico húmedo son los barbechos forestales, es decir consecuencia de la agricultura migratoria, que son un conjunto de

técnicas que utilizan los agricultores, cuya finalidad esencial es producir alimentos de autoconsumo y para venta.

Esta práctica disminuye la fertilidad de los suelos y en consecuencia deben someterse a descansos de duración relativamente larga. Si bien la baja fertilidad de los suelos es la razón principal del barbecho forestal, éste también puede deberse a otras causas; la más común es la aparición de mala hierba con una agresividad tan grande que el agricultor considera más ventajoso abandonar su campo y abrir uno nuevo. (Dourojeanni, 1987 mencionado por MINAM, 2000).

En el Perú, este proceso no difiere mayormente de otras regiones tropicales húmedas, el agricultor se introduce en el bosque y primero elimina la vegetación del sotobosque; luego tala los árboles, dejando sólo los más grandes, deja secar por una o dos semanas, luego origina una combustión que suele ser sólo parcial, enseguida establece cultivos anuales durante dos o tres años, casi sin preparar el suelo. Al disminuir el volumen de la cosecha abandona el campo, que se recubre de vegetación herbácea y luego arbustiva y arbórea en una sucesión vegetal que es interrumpida nuevamente por un rozo y quema cuando el mismo u otro agricultor considera que la fertilidad se ha restaurado a nivel suficiente como para hacer un nuevo período de cultivo. El lapso de barbecho puede variar de 5 hasta 20 años o más, dependiendo de la calidad de la tierra y, en especial, de la presión de los agricultores sobre ella. (FAO, 2007)

2.2.3.2 Producción de pasturas

A nivel del trópico latinoamericano, ocupan el 77% del territorio, representa el cambio más importante en el uso del suelo de los últimos 50 años, son la fuente fundamental de alimentos de los bovinos de la región;



aportan el 90% de los nutrientes que consume el animal. Los pastos están ubicados principalmente en suelos de baja fertilidad y explotados generalmente con ganado para carne en forma extensiva o animales de doble propósito con un bajo nivel tecnológico y donde se obtienen bajos niveles productivos en carne y leche (FAO, 2002; Ibrahim, 2007).

Con respecto a los pastizales en el Perú, el Cuadro 3. muestra el cambio de uso del

bosque a pasturas a nivel de la amazonía, se evidencia que Ucayali tiene una predominancia de pasturas con respecto a las demás regiones (GOREU, 2012). Entre las principales especies forrajeras en Ucayali tenemos. *Brachiaria decumbens*, *B. dictyoneura*, *Andropogon gayanus*, *B. brizantha*, *B. humidicola*, *Stylosanthes guianensis*, *Desmodium ovalifolium*, *Centrocema macrocarpum*. *Arachis pintoi* y *C. pubescens*.

Cuadro 3 Estado actual de las pasturas en la Amazonia Peruana

Región	Hectáreas
Ucayali	82 670
San Martín	66 136
Madre de Dios	31 000
Loreto	26 869
Total	206 675

Fuente: INIA, 2011.

2.2.3.3 Los cultivos permanentes

Son principalmente papaya *Carica papaya*, piña *Ananas comosus*, guaba *Inga sp*, mango *Mangifera indica*, arroz *Oryza sativa*, fréjol *Phaseolus vulgaris*, plátano *Musa paradisiaca*, cacao *Theobroma cacao*, palma aceitera, *Elais guineensis*, entre otros. (Cuadro 4), para establecer estos cultivos la vegetación original sufre sucesivas cortas y quemadas, convirtiéndose en principales fuentes de emisión de CO₂ (GOREU, 2012). La superficie cultivada con palma aceitera, se concentra en dos zonas definidas por la cuenca vial de la carretera Federico Basadre: La primera zona: en la cuenca de los ríos Shambo y Shambillo, distrito de Padre Abad, su explotación ha sido favorecida por la fisiografía, calidad agrológica del suelo incentivos económicos y la fácil accesibilidad. Actualmente existen unas

14 771ha sembradas, 3 392ha en plena producción y 1 717ha en crecimiento, con tendencia a incrementarse, estimándose una ampliación futura de 9 632ha, el 100% de la producción de fruta fresca se destina al mercado local además cuenta con su propia planta procesadora de aceite y la segunda zona: se encuentra entre los km. 36 y 82 de la carretera Federico Basadre, zonas de Neshuya y Curimaná, corresponden a este ámbito los distritos de Campo Verde, Irazola y Curimaná.

En ambas zonas el nivel de tecnología se define como media, tienen una productividad de 12,9t/ha, que esta muy por debajo del promedio nacional. Esto se debe en parte porque el productor no cumple con las especificaciones técnicas para un manejo agronómico adecuado de la especie.

Cuadro 4 Cultivos agrícolas según importancia económica

Cultivos	Importancia económica
Palma Aceitera, Café, Papaya, Piña, Cacao, Pijuayo, Algodón.	Alta; Cultivos comerciales agroindustriales, generadores de ingresos económicos significativos.
Plátano, Arroz, Maíz, Frijol, Yuca, Camu Camu, Pijuayo, Papaya, Piña, Granos Diversos (Maní, Soya, etc.).	Media; Cultivos comerciales de doble beneficio (generadores de ingreso y autoconsumo).
Caña de Azúcar, Granos Diversos, Yuca, Frutales Diversos.	Baja; Cultivos de subsistencia.

Fuente: Dirección Regional de Promoción Agraria de Ucayali, 2009.

2.2.4 El cambio de uso de la tierra en la Cuenca de Aguaytía

El 28% de las áreas están deforestadas, de ello un 32% son pasturas naturalizadas y mejoradas (82 000ha), representando el cambio más importante en el uso del suelo en la región. Últimamente el GOREU viene promoviendo en la zona, la siembra de palma aceitera *Elaeis guineensis*, se cuenta con 17 000ha sembradas de palma aceitera de las cuales casi el 80% se encuentra en la provincia de Padre Abad. En el 2012 se instalaron 4 350ha (GOREU, 2012). Entre las principales causas del cambio de uso del suelo en la zona podemos citar; invasión de

tierras por traficantes, actividades de colonos cocaleros, madereros ilegales y ganaderos, superposición de concesiones forestales por solicitudes de ampliación, conflictos por límites, invasión de nuevos colonos para hacer agricultura, alquiler de terrenos comunales para agricultura, ingreso de empresas petroleras, falta de títulos de propiedad, permisos forestales falsos, minería ilegal, entre otras (USAID, 2012). La degradación de los suelos debido al cambio de uso de la tierra y la sobre utilización del suelo por la agricultura y ganadería, es un proceso permanente en la región, que tiene una secuencia como se detalla en la figura 4.

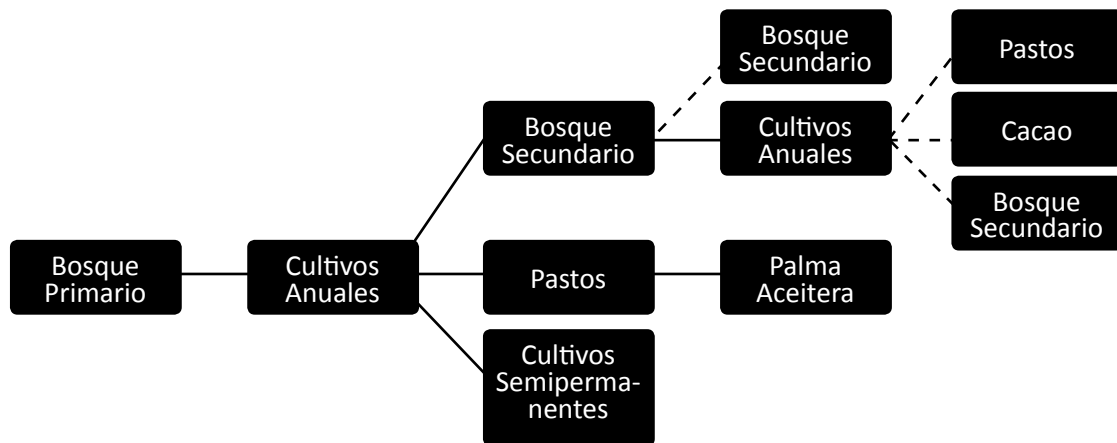


Figura 4 Cambios de uso de la tierra dominantes en la región Ucayali.



2.2.5 Almacenamiento de carbono en la Cuenca de Aguaytía

Existen diferentes trabajos para la cuantificación de carbono en la cuenca siendo el ICRAF, uno de los pioneros que realizó diversos estudios sobre el almacenamiento de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra de las regiones de Loreto (Yurimaguas) y de Ucayali (Pucallpa).



Figura 5 Cambios de uso en la cuenca de Aguaytía.

En el Cuadro 5, se contabilizan resultados de Carbono almacenado para la zona de Sarita Colonia, en la cuenca de Aguaytía, región Ucayali. Lo interesante de este trabajo radica en que prospecto 11 sistemas de uso de la tierra desde el bosque primario no tocado con valores muy elevados (402tC/ha) comparandolo con un bosque primario descremado (169,8tC/ha). El área recién quemada (98,0tC/ha) básicamente por el aporte de la madera muerta (troncos no consumidos por el fuego, que luego al convertirse en un cultivo de maíz (30,2tC/ha) desciende al nivel más bajo en comparación con el cultivo de yuca (37,6tC/ha) o plátano (55,4tC/ha), otro dato interesante es cuando comparamos los valores de pastura degradada de shiringa *Hevea sp* (152,3tC/ha) que estadísticamente tienen el mismo valor.

Cuadro 5 Carbono almacenado en diferentes SUT en Sarita Colonia, Pucallpa

Sistema de uso de la tierra SUT	Carbono total (*) (t/ha)	Tasa de secuestro C aéreo (t/ha/año)
Bosque primario no tocado	402,8	-
Bosque primario extraído de madera	169,8	-
Bosque secundario 15 años	310,8	12,4
Bosque secundario 3 años	40,5	7,0
Área recién quemada	98,0	-
Cultivo anual (maíz)	30,2	-
Cultivo anual (yuca)	37,6	-
Cultivo bi-anual (plátano)	55,4	-
Pastura degradada	152,8	-
Plantación de 30 años con Hevea	152,3	2,5
Plantación de palma aceitera	98,5	-

Fuente: ICRAF (1998). (*) Carbono total = Carbono aéreo + Carbono en suelo.

Por otra parte, Barbarán (2000) determinó la biomasa y carbono almacenado en distintos SUT en el distrito de Campo Verde, cuenca de Aguaytía (Cuadro 6), habiendo encontrado diferencias mínimas

en el carbono total por hectárea entre el bosque primario intervenido (descremado) y un bosque secundario de 15 años y que los sistemas que almacenan menor cantidad de carbono son los cultivos

anuales y los pastos. En cuanto al área recientemente quemada se observa que contiene una gran cantidad de biomasa

muerta, la cual casi duplica en cantidad a los SUT, pastos, yuca, maíz, plátano.

Cuadro 6 Cantidad de biomasa y carbono en diferentes SUT en Pucallpa

Sistemas de cultivo	Biomasa (t/ha)	C total (*) (t/ha)	Tasa de secuestro (t/ha/año)
Pastos	11,5	43,8	-
Yuca	15,5	36,2	-
Maíz	11,7	35,2	-
Plátano	42,4	55,0	-
Bosque secundario de 3 años	44,1	48,3	6,6
Área recientemente quemada	121,1	96,1	-
Bosque primario intervenido	258,4	155,6	-
Bosque secundario de 15 años	243,8	153,3	7,3

Fuente: Barbarán (2000). (*) Carbono total = Carbono aéreo + Carbono en suelo.

En su investigación, Baldoxeda (2001) determinó la cantidad de carbono aéreo almacenado en los bosques secundarios de diferentes edades de la zona Neshuya - Curimaná (Cuadro 7), concluye que los bosques secundarios son buenos

receptores de carbono en cortas edades, y que van aumentando la capacidad de almacenaje en sus componentes de acuerdo a la edad concluye que, a más edad del bosque secundario, se tiene más capacidad de almacenamiento.

Cuadro 7 Carbono aéreo en bosques secundarios de Neshuya - Curimaná

Sistema de uso de tierra	Biomasa (t/ha)	Carbono (t/ha)
Bosque secundario 10 años	205,7	92,6
Bosque secundario 8 años	176,6	79,5
Bosque secundario 6 años	108,1	48,6
Bosque secundario 4 años	51,4	23,1
Bosque secundario 2 años	24,1	10,8

Fuente: Baldoxeda(2001).

En otra investigación, Alegre *et al.* (2002) determinaron el carbono almacenado en diferentes SUT de la cuenca de Aguaytía. En el Cuadro 8 se hace una comparación de los cambios ó movimientos que se producen en los depósitos de carbono al someter actividades antropogénicas;

como es el caso de un bosque primario 161,7tC/ha (100%), cuando se aprovechan las especies maderables comerciales el carbono almacenado en el bosque disminuye a 122,8tC/ha (75,9%). En todos los estudios se demuestra pérdida de carbono con el cambio de uso de la tierra.



Cuadro 8 Reservas de carbono de diferentes SUT en Pucallpa

Sistema de uso de la tierra	Árbol	Sotobosq	Hojarasca	Raíz	Suelo	Total
Bosque primario no tocado	160,1	0,8	0,7	2,6	76,8	241,1
Bosque primario remanente	120,3	0,6	1,8	3,4	47,0	173,3
Bosque secundario (15 años)	121	2,2	2,8	1,0	68,3	172,3
Bosque secundario (3 años)	13,2	1,8	3,9	0,2	19,6	40,8
Area recientemente quemada	68,3	0	0	3,2	29,7	101,3
Cultivo anual (maíz)	4,5	1,2	2,1	0,8	22,3	31,0
Cultivo anual (yuca)	0,7	1,7	0,9	0,5	34,1	38,1
Cultivo bi-anual (plátano)	6,2	8,0	1,9	0,8	39,1	56,2
Pastura degradada	0	2,4	0,6	0,6	35,7	39,5
Plantación de Hevea de 30 años	66,6	0,9	6,4	0,3	78,2	152,6
Plantación de palma aceitera	0	37,2	4,1	0,7	57,1	99,2

Fuente Alegre *et al.*, 2002. Profundidad del suelo de 0-40cm, raíces de 0 a 20cm.

Cambio de uso del suelo

El cambio en el uso del suelo es el resultado de un proceso de ocupación acelerada y desordenada del territorio amazónico a lo largo del tiempo, son generalmente conscientes, son respuestas de un impulso de voluntad o necesidad de los seres o sociedades humanas, a las condiciones biofísicas naturales. A lo largo de nuestra historia se ha venido produciendo un manejo desordenado, informal y de explotación de los recursos del bosque, en gran parte, debido a la pobreza y falta de oportunidades de desarrollo de las poblaciones rurales, así como a la inadecuada implementación de las políticas forestales.

Esto no excluye la posibilidad de que algunos cambios de uso del bosque puedan a su vez constituir una presión para los cambios en el estado del ambiente, eso está implícito en la naturaleza de una compleja red de las causas, es decir, la relación de la sociedad con su ambiente (FAO, 2011).

Dado que los suelos tienen usos según sus características físicas, químicas y

ecológicas, las modificaciones que sufran éstas, afectan al funcionamiento de los ecosistemas que lo sustentan y por ende los bienes y servicios que proveen.



Figura 6 Se observa cinco usos diferentes del suelo en un mismo predio.

Deforestación

Se define como la conversión directa, de tierras forestales (bosques) a tierras no forestales, provocado generalmente por la acción humana en el que se destruye la superficie forestal, principalmente debido a la tala o quema realizada para la obtención de suelo para otras actividades como la agricultura, minería, la ganadería y la industria maderera. (FAO, 2011)



Figura 7 Área deforestada.

Degradación

Es la pérdida inducida directamente por el hombre (persistiendo por “X” años), de al menos “Y”% de los reservorios de carbono forestales y otros beneficios del bosque (IPCC, 2003a). Alcanzar un acuerdo sobre la degradación forestal ha sido muy problemático (Penman, 2008). Se debe a que es muy difícil definir “X” (la pérdida inducida directamente por el hombre) “Y” (el porcentaje de los reservorios de carbono),

y el área mínima a ser medido. (Angelsen, 2009). En la cuenca el cambio de uso del suelo genera consecuencias desde leves a graves sobre la disponibilidad y la localización de los recursos naturales y los servicios ecosistémicos como: erosión del suelo, aumento de la escorrentía, pérdida del paisaje, aumento de la sedimentación por arrastre de los suelos, alteraciones del ciclo hidrológico entre otras.



Figura 8 Área forestal degradada.



3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Tipo

Se trata de una investigación descriptiva.

3.2 Diseño de investigación

Descriptiva comparativa, cuantitativa y transversal.

3.3 Descripción de la zona de estudio

Ubicación política y geográfica

El presente estudio se ubica en la parte media de la cuenca de Aguaytía, en la zona comprendida entre los distritos de Curimaná e Irazola (provincia de Padre Abad) y Campo Verde (provincia de Coronel Portillo), en la región de Ucayali.

La cuenca de Aguaytía cubre una superficie de 1 762 086,0ha, que equivale al 7,2% de la región Ucayali (Fig. 9), y está ocupada por cerca de 360 000 habitantes (INEI, 2012). Geográficamente se enmarca entre los paralelos de 8°24' a 8°36' de latitud sur y los meridianos de 74°57' a 75°09' de longitud oeste. La altitud sobre el nivel del mar es de aproximadamente 100 a 200 metros sobre el nivel del mar. (IIAP, 2003; GOREU, 2012).

Región : Ucayali
Provincias : Coronel Portillo y Aguaytía.
Distrito : Campo Verde, Irazola y Curimana.
Área de Estudio: Cuenca del Aguaytía
Zona : Campo Verde, Neshuya – Curimaná Alexander von Humboldt.

Aspectos socioeconómicos

La cuenca del Aguaytía, es una de las zonas de mayor importancia económica de la región Ucayali, diversos estudios arqueológicos y etnográficos reportan que

los orígenes de la ocupación humana de la cuenca del Aguaytía, datan de hace unos 2 000 años A.C. por los pobladores de la familia lingüística Pano.

A partir de la década de 1940, ha sufrido transformaciones rápidas y radicales como consecuencia de la construcción de la carretera Federico Basadre que une Lima con Pucallpa, que permitió la conexión por vía terrestre de la zona de Pucallpa con las ciudades de Tingo María, Huánuco, Cerro de Pasco y Lima (IIAP, 2003; GOREU, 2012; Cuellar, 2008; GOREU, 2012), cuyos resultados más relevantes fueron:

- La migración masiva de pobladores de diversas regiones, particularmente de los departamentos de Huánuco, San Martín, Cerro de Pasco y Junín.
- El crecimiento demográfico vertiginoso de Pucallpa, constituyéndose en poco tiempo, de un simple caserío a la segunda ciudad amazónica más poblada y la cuarta en tasa de crecimiento a nivel nacional. Además emergen nuevos poblados a lo largo de la carretera.
- La apertura de un frente agropecuario a ambos lados de la carretera con la consecuente conversión y/o transformación de los bosques originales en pastizales y/o complejos de chacras con cultivos anuales y semi perennes y purmas altas y bajas.
- El empobrecimiento y la erosión genética de los bosques por la tala indiscriminada y selectiva de las especies más valiosas, hasta entonces poco intervenidos por las dificultades de transporte.

PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN ECOLÓGICA ECONÓMICA DE LA CUENCA DEL RÍO AGUAYTÍA
MAPA 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

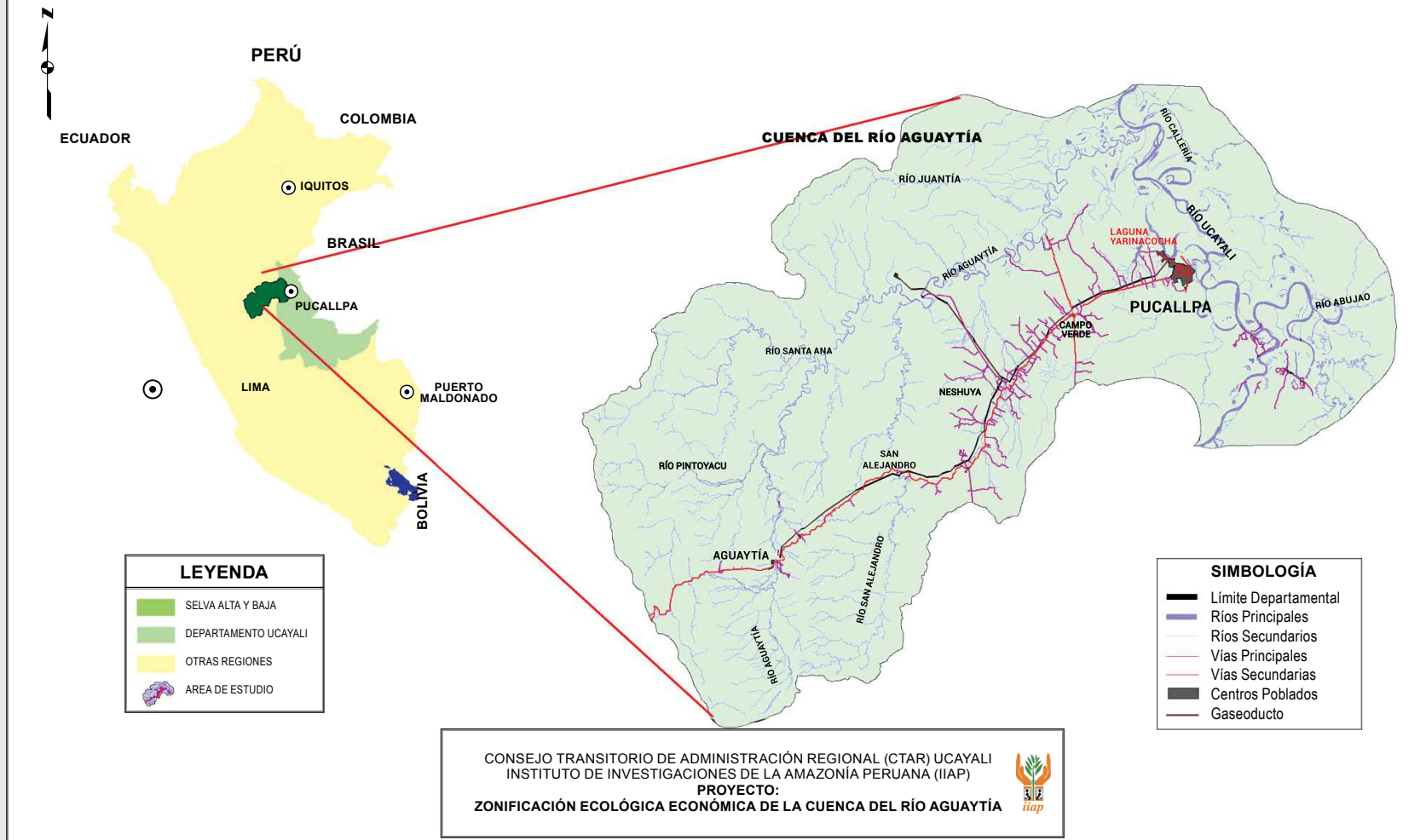


Figura 9 Mapa de ubicación de la cuenca del río Aguaytía y del área de estudio. Fuente: IIAP, 2003.





- El cambio en la tendencia de la concentración espacial de la población, hasta 1940, la mayor concentración estaba en zonas ribereñas (márgenes del río Ucayali principalmente); a partir de la culminación de la carretera, pasan a ser las áreas adyacentes, incluyendo sus ramales secundarios.



Figura 10 Se observa el cambio del bosque a otros sistemas de uso de la tierra.

- Diversos problemas ecológicos como la deforestación, degradación, tala ilegal, pérdida de diversidad biológica, erosión de suelos, colmatación de cuerpos de agua y pobreza rural, entre otros.
- Las familias rurales se caracterizan por tener una actividad económica de subsistencia, se dedican a la agricultura y a la ganadería, solamente el 25% de ellos son del departamento de Ucayali.



Figura 11 En un mismo predio se aprecia diferentes usos de la tierra.

Clima

De acuerdo a la información proveniente de la Estación Meteorológica de San Jorge (Km. 54 de la carretera Federico Basadre), la temperatura media anual es 25°C, la precipitación anual es 1 752mm. La humedad relativa es 77%, el número de horas de sol es 11,28 y los vientos tienen una velocidad promedio de 3,5 nudos y con dirección dominante de norte a sur.



Figura 12 Dentro del bosque encontramos vegetación muy variada.

Ecología

Según el Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976, mencionados por IIAP, 2003), la cuenca de Aguaytía se ubica en la zona de vida; bosque húmedo Premontano Tropical, transicional al bosque húmedo Tropical (bh-PT/bh-T).

La vegetación natural que predominaba eran bosques heterogéneos distribuidos en diferentes estratos, con árboles de grandes dimensiones, tanto en altura como en diámetro. En la actualidad estos bosques se encuentran intensamente intervenidos, primero por la extracción maderera y posteriormente por la agricultura de tumba, rozo y quema. Las especies de alto valor comercial como Caoba, Cedro, Ishpingo y Tornillo prácticamente han desaparecido de la población natural (IIAP 2003; Cuellar, 2008; GOREU, 2012).

Cuadro 9 Datos meteorológicos de Pucallpa

Meses	Temperatura C				Horas Sol	H.R %	Evap. Mm	ETP mm	PP Mm	Nubes Octavos	Vientos	
	Máx	Mín	Med.	Oscil.							Vel. (m/s)	Direc.
ENERO	31,1	20,8	25,9	10,2	130,8	85	51,9	127,7	142,2	157,8	1,8	N
FEBRERO	30,6	20,5	25,7	10,1	109,2	86	38,1	105,3	197,2	181,4	1,7	NW
MARZO	30,7	20,7	25,6	10,1	117,4	86	39,2	132,2	218,1	188,9	1,4	NW
ABRIL	31,1	20,6	25,8	10,4	127,7	86	40,8	156,8	183,4	170,4	1,5	NE
MAYO	30,8	20,5	25,7	10,3	163,7	86	44,2	158,9	101,6	146,1	1,5	SE
JUNIO	30,2	19,1	24,8	11,2	162,1	86	44,1	155,6	84,2	137,2	1,4	SE
JULIO	30,6	18,4	24,5	12,2	200,9	83	51,1	189,3	54,4	123,6	1,6	SE
AGOSTO	31,7	18,8	25,2	12,2	183,1	82	65,1	174,8	61,1	153,8	1,4	SE
SEPTIEMBRE	32,1	19,9	26,1	12,2	171,3	82	56,7	168,1	106,3	139,6	1,6	NE
OCTUBRE	32,1	20,4	26,3	11,7	167,2	82	53,1	165,1	126,4	163,2	2,2	NW
NOVIEMBRE	31,1	20,7	26,1	10,7	140,7	88	43,5	138,1	187,3	170,8	1,7	N
DICIEMBRE	31,6	21,1	26,3	10,5	143,1	83	50,7	141,1	160,7	153,9	1,7	N
Prom.	31,1	20,1	25,7	11,0	151,4	85				157,2	1,6	
Total					1 817,2		578,5	1 813,0	1 622,9			

Fuente: Estación Meteorológica de la – UNU. Pucallpa, Julio 2007.

Fisiografía

Se observan dos grandes paisajes fisiográficos: planicie y colinoso. El primero se extiende hasta el kilómetro 29 y se presenta en un 80% del área, está conformado por superficies planas y onduladas con pendientes que oscilan entre 0 y 8%. El paisaje colinoso está constituido por lomadas y colinas de relieve complejo, con pendientes que varían entre 8% y 25%, se extiende desde el kilómetro 29 en forma paralela al curso del río Aguaytía kilómetro 160. En general las zonas de estudio presentan una fisiografía ondulada o semi ondulada, con pendientes promedio entre 18% (IIAP, 2003; GOREU, 2012).

Suelos y capacidad de uso mayor

Los suelos son ácidos, con un pH promedio de 4, con valores mínimos de 3,6 y máximos de 4,4. El contenido de materia orgánica es bajo, situándose en un promedio de 2% hasta una profundidad de 20cm y de

1,6% a una profundidad de 20 a 40cm. Los suelos son de escaso a mediano desarrollo genético, textura media a moderadamente fina y extremadamente ácidos. El 86% pertenece al orden Inceptisol y 14% a Entisol. De acuerdo a la clasificación de tierras por capacidad de uso mayor, gran parte de la superficie corresponde a vocación forestal (37,3%), pastos (29,8%), cultivos permanentes (20,8%) y cultivos en limpio (7,5%), (IIAP, 2003; GOREU, 2012).

En su mayoría son suelos Ultisoles, presenta un relieve plano a ligeramente ondulados (0 - 0,2%); superficiales a moderadamente profundos, de color pardo rojizo oscuro a pardo amarillento, textura media a moderadamente fina, químicamente son de reacción moderadamente ácida a neutra (pH 5,5 - 6,6); fertilidad natural media, generalmente profundos y bien drenados, bajo contenido de materia orgánica menor de 2,3%, de permeabilidad buena a



moderada, bajo contenido de fósforo, baja capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de aluminio mayor de 60%.

Gran parte de la producción agrícola es para autoconsumo, pero en algunos casos los excedentes son comercializados a nivel regional, destacando la palma aceitera y el arroz (IIAP, 2003; GOREU, 2012). En el Cuadro 10. Se observa la clasificación de los suelos en la cuenca de Aguaytía.

Sistemas de uso de la tierra SUT en estudio

En la cuenca de Aguaytía podemos encontrar diferentes sistemas de uso de la tierra, para la presente investigación se seleccionó seis de los más representativos ya sea por su extensión y por su importancia económica, social y ambiental, siendo estas:

Bosque primario remanente

Son ecosistemas que conservan parte de su vegetación original, presentan dominancia de especies de dosel superior que aún mantienen su vegetación original, están caracterizados por la abundancia o dominancia de árboles maduros de especies del dosel superior, pero que en algún momento ha existido aprovechamiento selectivo de algunas especies de valor comercial. La vegetación se conforma



Figura 13 Bosque primario remanente.

mayormente por especies de madera dura no comercial y especies de madera suave no apta para aserrío.

Purma alta

Consiste en masas boscosas heterogéneas y disetáneas que se encuentran en proceso de crecimiento y presentan volúmenes de biomasa y paisaje muy similares al bosque primario remanente como final, producto de la regeneración natural, luego de un proceso de tala rasa, no existe una definición sobre la edad que debe tener la regeneración para que se considere purma alta, técnicamente se considera a plantaciones mayores de 10 años y para efecto del estudio se va a considerar poblaciones con más de 15 años de edad.



Figura 14 Purma alta.

Purma baja

Consiste en masas boscosas heterogéneas y disetáneas que se encuentran en la etapa inicial de crecimiento producto de la regeneración natural, luego de un proceso de tala rasa, se consideran a partir de los 2 años hasta los 10 años de edad en el proceso de regeneración, esto debido a que de acuerdo al estudio la biomasa radicular del bosque talado, recién desaparecerá del sistema al promediar el séptimo año y se tendrá raíces del SUT actual; para efecto del estudio se va a considerar poblaciones con 10 años de edad.



Figura 15 Purma baja.



Figura 17 Pasturas.

Plantaciones de palma aceitera

Son áreas de cultivo comercial intensivo, con predominancia de esta palmera exótica, el manejo se da con tecnología intermedia, utilizando fertilizantes como abono orgánico y dolomita, el control de maleza se realiza mediante deshierbo manual con machetes (a lo largo del año).



Figura 16 Plantación de Palma aceitera.

Pasturas

Constituidas por pastos mejorados en especial *Brachiaria decumbens* que fueron instalados en un inicio y posteriormente la aparición de pasto natural *Paspalum conjugatum* que se instaló a medida que el pasto mejorado perdió su capacidad de cobertura, actualmente se tiene más dominancia del pasto natural, árboles y arbustos muy dispersos, establecidos por regeneración natural, los agricultores aprovechan las especies forestales para sombra, leña, madera, medicina, etc.

Cultivos anuales

Son áreas en las cuales recientemente se le ha hecho un desembosque o tumba, rozo y quema de un bosque primario o purma alta, y que están siendo utilizadas generalmente para la producción de diversos productos de pan llevar, mayormente de corto periodo vegetativo anuales ó bioanuales como maíz, frijol en algunos casos pueden ser asociados o puros con platano, yuca, piña, maní, soya, etc.

La característica principal es que se trabaja por un período de tiempo corto debido a que estos suelos pierden su fertilidad y capacidad de soportar cultivos en muy poco tiempo, luego estas áreas son abandonadas y se inicia el proceso de regeneración convirtiéndose en pocos años en una purma baja.



Figura 18 Cultivos anuales.

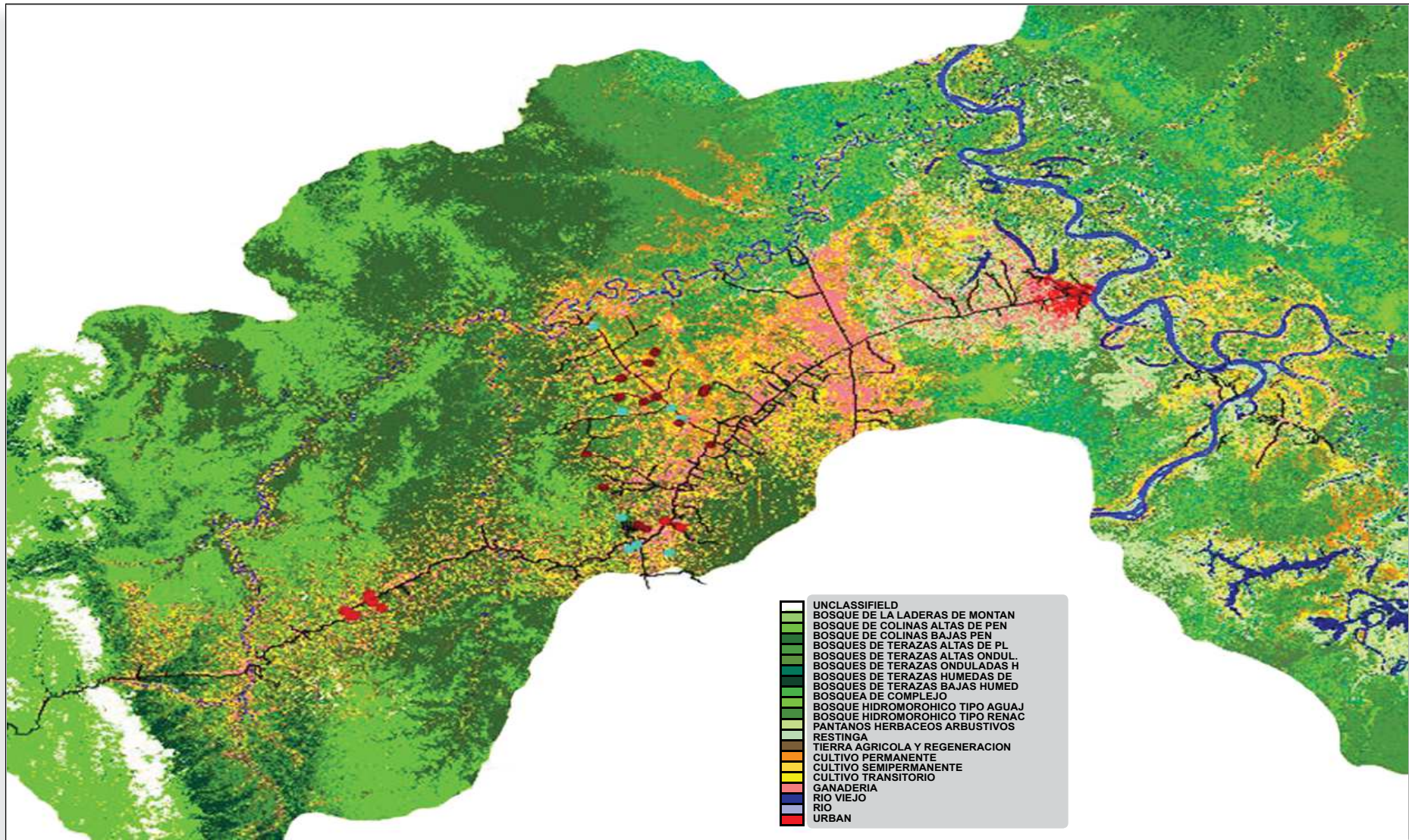


Figura 19 Mapa de tipos de suelos en la cuenca de Aguaytía y del área de estudio. Fuente: INIA, 2012.



**Cuadro 10** Clasificación de tierras según su aptitud productiva en la provincia de Padre Abad

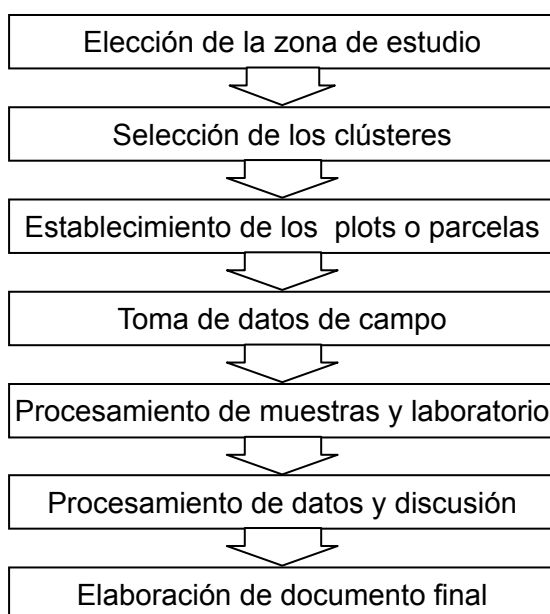
Zonas con aptitud productiva asociada	Área Km ²	Porcentaje %
Para cultivos en limpio, con calidad agrológica baja con riesgo de inundación.	279,9	3,0
Para cultivos permanentes con limitaciones por suelo y pendientes	1 931,1	20,6
Para producción forestal de calidad agrológica media con limitaciones por suelo y pendiente.	3 540,1	37,8
Para producción forestal, asociada con zonas para cultivos en limpio.	67,8	0,7
Para producción forestal, asociada con zonas para cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo y pendiente.	371,4	3,9
Para producción forestal, asociada con zonas de protección, con limitaciones por suelo y drenaje.	349,8	3,7
Para producción de pastos, asociada con zonas para cultivos permanentes de calidad agrológica baja con limitaciones por suelo, clima y aptitud piscícola.	590,8	6,3
Zonas de protección	2 212,1	23,6
TOTAL	9 343,4	100,0

Fuente: IIAP – ONERN - SGAT / G.R. UCAYALI, 2012.

3.4 Procedimiento metodológico

En la presente investigación se trabajó con una integración de las metodologías destructivas y no destructivas (Arévalo

et al., 2002; IPCC, 2003; Rugnitz *et al.*, 2009; Universidad de Gottingen, 2011), La secuencia desarrollada esta comprendida en el siguiente flujograma:

**Figura 20** Metodología a desarrollar para el presente estudio.

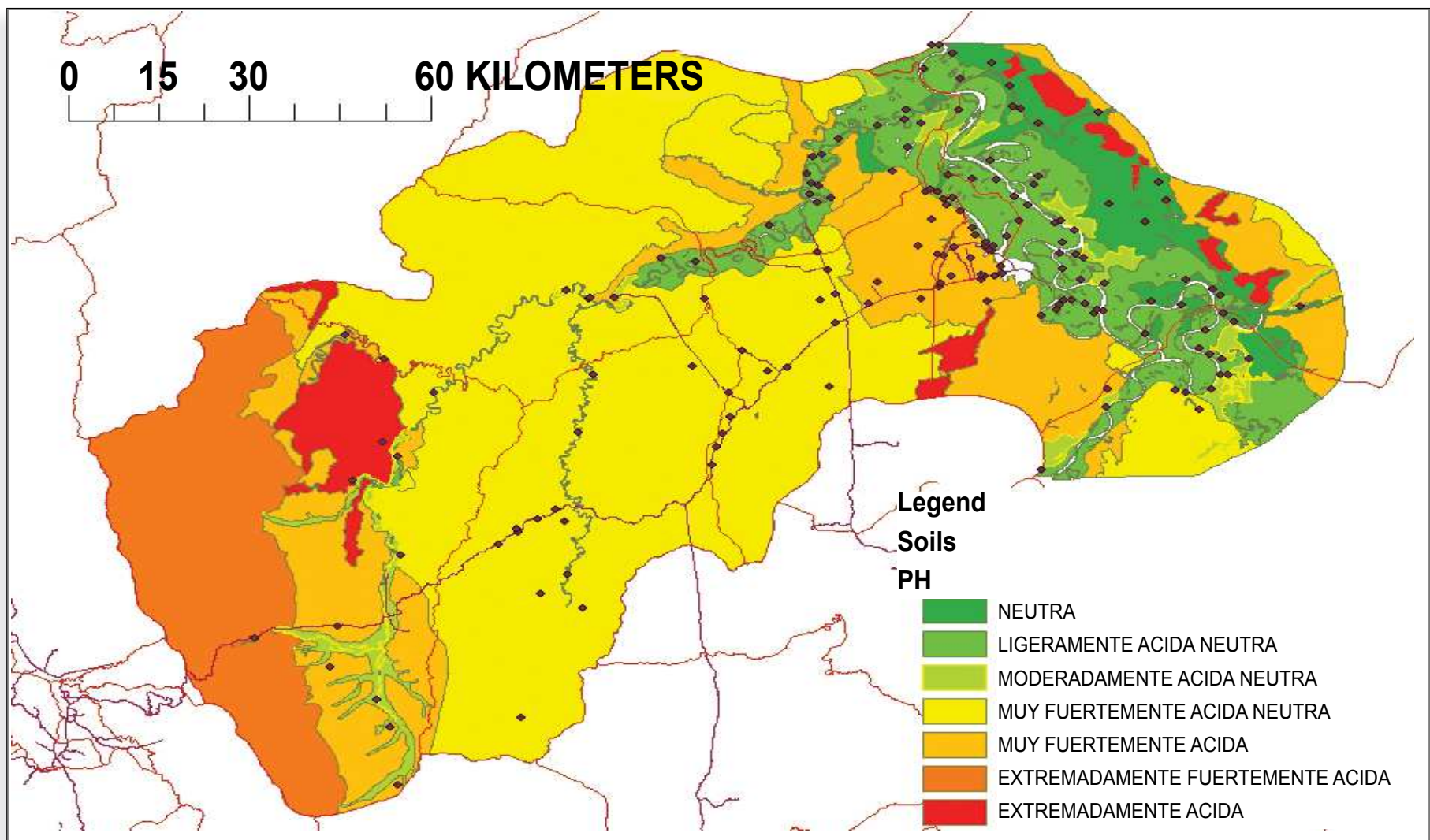


Figura 21 Mapa de Acidez de los suelos de la cuenca del Aguaytía y del área de estudio. Fuente: INIA, 2012.



3.4.1 Elección de la zona de estudio

Se integraron los mapas temáticos; hidrográficos, capacidad de uso mayor de los suelos, zonas de vida, curvas de nivel, tipos de bosques, capacidad de uso mayor de los suelos, mapas satelitales y carta nacional. Se ubicaron zonas con características de fisiografía homogéneas, luego se realizó un recorrido exploratorio de la cuenca, esto con la finalidad de verificar la data de gabinete y realizar contactos con los dueños de los predios en los diferentes sectores, para seleccionar el área de trabajo. En campo se evaluó la transición bosques, purma alta, baja, palma aceitera, pastos y cultivos, encontrándose dos posibles zonas:



Figura 22 Selección de las parcelas de estudio.

Zona 1: Irazola, Curimaná, Campo Verde, existen mosaicos que representan la transición con una antigüedad mayor de 10 años. Topografía plana y posee un continuo mosaico del mismo color de los suelos en toda la zona.

Zona 2: Padre Abad, Aguaytía, San Alejandro, no presentan plantaciones de palma aceitera, debido a condiciones de terreno. La mayor parte del área de la cuenca es apta para la producción forestal pero que muestran limitaciones por la calidad y variación del suelo. Topografía del terreno es accidentada, disectada con picos altos y pendiente pronunciada. Luego del análisis, se eligió la zona 1

3.4.2 Selección de los clústeres

El criterio principal, fue la presencia de los seis SUT en estudio, ser zonas cercanas, que se pueda observar la transición de bosque a cultivo, debe ser lo más compacta posible, el punto de inicio del clúster está definido por la presencia de un bosque primario remanente. Se tomó en consideración los siguientes criterios:

- Sitios parecidos en cuanto a las propiedades físicas externas del suelo.
- Sitios localizados en posiciones topográficas e inclinaciones similares.
- Sitios con historia conocida y que no han experimentado otro uso que el estado original (la referencia) y el estado actual.
- La edad de los SUT, por el método de prospección histórica, mediante una encuesta sobre los usos anteriores y se determina si es elegible.
- Los SUT deben haber ser establecidos (≥ 10 años), esto para asegurar que la raíz predominante sean del sistema de uso actual del suelo.

En el estudio, se ubicaron seis clústeres (Cuadro 11), en cuanto a las distancias entre sistemas, que conforman un mismo clúster se tiene valores entre 628 a 10 717m, teniendo un promedio de 5 020m.



Cuadro 11 Distancias mínimas y máximas entre SUT de un Cluster

Clúster	Distancia entre SUT (m)		Promedio (m)
	Mínima	Máxima	
1	2 431	8 514	5 473
2	1 150	2 002	1 576
3	628	7 362	3 995
4	2 303	8 042	5 173
5	5 403	10 717	8 060
6	5 537	6 152	5 845
Promedio final			5 020

Fuente: Proyecto REDD Alert, 2012.

3.4.3 Establecimiento de los plots o parcelas

Se realizó la elección tomando en cuenta los siguientes considerandos:

- Sitios con topografía similar (zonas planas y no inundables).
- Usos anteriores de la tierra bien establecidos (≥ 10 años).
- Sitios parecidos en cuanto a propiedades

físicas del suelo (suelos ácidos).

- Los sectores deben estar en cercanía y deben provenir de un bosque único (un centro común de origen)

En el Cuadro 12 se muestra la disposición de los plots, remarcando que esta hecho en base a una demarcación política y no geográfica.

Cuadro 12 Distribución de Plots

SECTOR	SISTEMAS DE USO DE LA TIERRA					
	Bosque Primario Remanente	Purma Alta	Purma Baja	Palma Aceitera	Pastizal	Cultivo
Abejaico	X			X	X	
Bellavista	X			X	X	
Miguel Grau	X	X	X	X	X	X
Las Palmeras	X			X	X	
Nuevo Satipo	X			X	X	
Los Olivos	X	X	X	X	X	X
El Milagro	X	X	X			X
La Frontera	X	X	X			X
Rodal E INIA	X	X	X			X
UNU	X	X	X			X
Total	10	6	6	6	6	6

Fuente: Proyecto REDD Alert, 2012.

3.4.4 Toma de muestras en campo

En la parcela, ubicamos el punto central de la calicata (Z) y con la ayuda de una brújula Sunnto ubicamos el norte magnético y avanzamos 45° para obtener el rumbo, con una cinta métrica y jalones señalizados se establecieron cuatro parcelas experimentales, de acuerdo a la metodología establecida, de parcelas rectangulares anidadas por una esquina en común (Figura 23). Se delimitó los primeros 20 metros de la línea, de la misma forma lo hacemos para el otro extremo, completando así los 40 metros. Cerramos la parcela de (40x50)m², dentro de esta, delimitamos la parcela de (20x20)m², separamos la parcela de (10x20)m² y la sub parcela de (5x5)m². De forma aleatoria se ubican los 3 cuadrantes de (2x1)m², finalmente se delimitó el transecto de (5x40)m².

La brigada de trabajo estaba conformado por dos materos expertos en reconocimiento de especies; hierbas, arbustos, árboles, forrajes, lianas y palmeras, e inclusive especies por medio de la madera muerta, un técnico de campo y tres obreros; todos debidamente capacitados en el uso de los materiales, equipos, formularios de evaluación y el lenguaje forestal que se utiliza al momento de la toma de datos. Para evitar demoras o pérdida de tiempo se optó por llevar los alimentos a campo, teniendo en cuenta toda la logística, además de los materiales preparados. También se tuvo en cuenta la conservación de las muestras, por lo que se optó por transportarlas dos veces a la semana al laboratorio para su respectivo procesamiento.

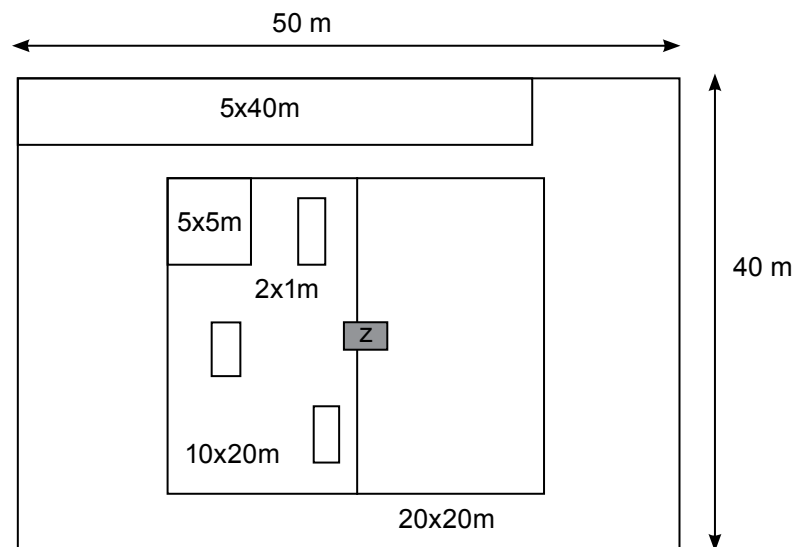


Figura 23 Diagrama de la parcela de muestreo que se utilizó para el estudio.

En cada parcela, se evaluó el carbono contenido en los cinco depósitos, para ello la toma de datos estuvo dividida en:

Toma de datos para determinar el Carbono en la biomasa aérea

1. Evaluación de carbono en la biomasa arbórea
2. Evaluación de carbono en la biomasa de arbustos y herbáceas

3. Evaluación de carbono en la biomasa muerta y hojarasca

Toma de datos para determinar el Carbono total debajo del suelo

4. Evaluación de carbono en la biomasa de raíces finas.
5. Evaluación de carbono orgánico en el suelo



3.4.4.1 Toma de datos para determinar el carbono en la biomasa aérea

Evaluación de la biomasa arbórea

En cada parcela se realizó un inventario de las especies arbóreas, incluyendo lianas, bejucos y palmeras, midiendo y estratificando por el diámetro a la altura del pecho DAP (1,30m) y altura total (H), (Sabogal *et al.* (2004):

- Árboles maduros (DAP mayor a 30cm) en la parcela $20 \times 20\text{m} = 2\,000\text{m}^2$.
- Fustales (DAP mayor a 10cm) en la parcela de $20 \times 20\text{m} = 400\text{m}^2$.
- Latizales altos (DAP de 5 a 9,9) en la sub parcela de $10 \times 20\text{m} = 200\text{m}^2$.
- Latizales bajos (diámetro de 1,5 a 4,9cm de DAP), medidos a 20cm de altura en la sub parcela de $5 \times 5\text{m} = 25\text{m}^2$.

Evaluación de la biomasa en la vegetación arbustiva – herbácea

Se realizó por muestreo directo aleatorio en tres cuadrantes temporales, establecidos por un marco de 1m^2 . El proceso consistió en sacar al azar tres fichas de la bolsa, para muestras aleatorias, luego se verifica en la tabla de apoyo cual es el respectivo lugar en la parcela de $10\text{m} \times 20\text{m}$, se realiza el reconocimiento de las especies, luego se corta a nivel del suelo, y se registra el peso fresco total, se extrae una sub muestra de peso conocido (300 gramos), colocados en una bolsa de polietileno y debidamente codificados.

Evaluación de la biomasa en la hojarasca y madera muerta

Hojarasca y detritos: una vez cortado la vegetación herbácea y arbustiva, se recolectó toda la hojarasca, detritos y ramitas menores de 5cm de diámetro acumulados en los cuadrantes de 1m^2 , evitando recoger suelo y raíces, por tanto se tiene que colocar en un plástico extendido y sacudir para que el suelo

se quede en la base, luego colocar en un costal para pesar toda la muestra, si ésta pasó los 5 kilos, se construye un trípode artesanal con la finalidad de tener mayor precisión en el pesado y se toma una sub muestra de valor arbitrario (300 gramos), colocado en una bolsa de polietileno debidamente codificado.

Troncos caídos, árboles muertos en pie y tocones mayores a 10cm de diámetro

se evaluó todos los individuos dentro del transecto $5\text{m} \times 40\text{m}$, midiendo la longitud y el diámetro mayor de 5cm de los troncos con la forcípula (dos medidas), árboles muertos en pie y tocones mayores de 10cm. Se ha tomado la previsión en lo posible reconocer a la especie por medio de la madera, con la finalidad de obtener la clasificación de las densidades y se estimó el grado de descomposición de la madera según la clasificación de Chao (2006):

- Duro e intacto: más del 75% de la madera está intacta y/o dura y en ocasiones con ramitas adjuntas, puede tratarse de un tronco recientemente caído.
- Dañado ó intermedio: el tronco ha experimentado alguna decadencia y se encuentra algo descompuesto, pero la madera todavía está dura.
- Descompuesto ó podrido: más del 75% es madera blanda y descompuesta, un golpe de machete penetra con facilidad y la madera se derrumba si se pisa.

Toma de datos para determinar el carbono total debajo del suelo

Evaluación de carbono en la biomasa radicular

De acuerdo con el protocolo (ver Anexo), se extrajo muestras de 36 calicatas que tienen una dimensión de $1\text{m} \times 1\text{m} \times 2\text{m}$. Se sacaron muestras por cada 10cm. de profundidad (de

0 a 1m de profundidad), con un volumen de suelo de 20x20x10cm, teniendo 10 muestras de suelo para la biomasa de raíces por cada unidad experimental, las mismas que fueron llevadas al laboratorio para su análisis.

Evaluación de carbono orgánico en el suelo

De acuerdo con el protocolo, tomamos como punto de referencia la calicata central y construimos las unidades de muestreo, con la ayuda de una brújula ubicamos el norte magnético y avanzamos 90° para obtener el rumbo, con una cinta métrica y jalones se establecen cuatro parcelas experimentales, Se delimita los primeros 10m de la línea base de la misma forma lo hacemos para el otro extremo, completando así los 20m.



Figura 24 Toma de muestras de carbono orgánico en el suelo.

3.4.5 Procesamiento de muestras y laboratorio

En esta etapa se van a desarrollar dos tipos de actividades; acondicionamiento de las muestras en campo, para ello se va a tener en cuenta las bolsas ziploc y procesamiento de muestras en el laboratorio distinguiendo las pruebas destructivas y no destructivas como el pesado de las muestras, para determinar el valor de la biomasa y el valor

del carbono, para ello se utilizó la estufa y las balanzas de precisión.

3.4.6 Elaboración de documento final

En base a la información anterior al análisis y discusión de datos, finalmente se procede a elaborar el documento final, conteniendo las discusiones, los resultados y las conclusiones de la investigación desarrollada.

3.5 Variables

Variables independientes

Sistemas de Uso del Suelo;

1. Bosque primario remanente.
2. Purma alta.
3. Purma baja.
4. Pastizales.
5. Plantaciones de palma aceitera.
6. Cultivo anual.

Variables dependientes

Carbono almacenado (reservorios de Carbono);

1. Carbono almacenado en la biomasa arbórea.
2. Carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas.
3. Carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca.
4. Carbono almacenado en la biomasa de raíces.
5. Carbono almacenado en el suelo.

3.6 Población

Está representado por las áreas que contienen los seis sistemas de usos de la tierra SUT: Bosque primario remanente, purma alta, purma baja, pultivos, pasto y plantaciones de palma aceitera, se calcula que existen en total unas 225 172ha.

3.7 Muestra

Paso 1) Seleccionar el nivel de precisión deseado: se utiliza un error de muestreo de 15%, a un nivel de confianza de 95%. (Emmer 2007, citado por Rugnitz *et al.*, 2009).

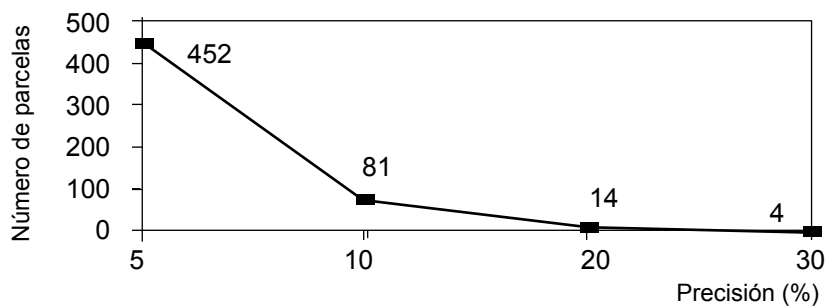


Figura 25 Número ideal de muestras para evaluaciones de carbono.
Fuente: IPCC (2003).

Paso 2) Estimar el promedio, desviación estándar y variancia del stock de carbono de datos preliminares: antes de determinar el número de parcelas requeridas, se debe obtener un estimado de la variancia existente para cada tipo de depósito y tener muestras de más de un área (repetición), para tener validez estadística. (Arévalo *et al.*, 2003). De acuerdo con el tipo de investigación se recomienda desarrollar los siguientes análisis.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Promedio

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Varianza

$$s = \sqrt{s^2}$$

Desviación estándar

Paso 3) Cálculo del número de parcelas requeridas: Una vez conocida la variancia estimada en cada estrato, la superficie de cada estrato, el nivel de precisión deseado y el error del estimado, se puede calcular el número de parcelas necesarias (Rugnitz *et al.*, 2009). La fórmula para el cálculo de parcelas se presenta a continuación:

$$n = \frac{(N * s)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + N * s^2}$$

Fórmula para un único estrato

$$n = \frac{(\sum_{h=1}^L N_h * s_h)^2}{\frac{N^2 * E^2}{t^2} + (\sum_{h=1}^L N_h * s_h^2)}$$

Fórmula para más de un estrato

Donde:

s = Desviación estándar del estrato

n = Número de parcelas

E = Error permitido

t = Muestra de la distribución t para un nivel de 95% de confianza, se utiliza 2

N = Número de parcelas en el área del estrato

En el estudio se lograron datos por medio de muestreos preliminares de biomasa, como utilizamos parcelas de 40 x 50m, se determinaron los siguientes valores:

Área de estudio = 45 034,5ha

Área de la parcela = 0,2 ha (40x50m)

Promedio de stock de carbono= 120,3tC/ha

Desviación estándar del estrato (s) = 18,1tC/ha

Muestra estadística de la distribución (t)= 2

Nivel de precisión seleccionado= 15% (0,15)

Entonces calculando el área del estrato (N):(área del estudio/tamaño de la parcela) = 45 034,5/0,2 = 225 172,7ha.

Luego considerando el error permitido

(E): (promedio del stock de carbono por el nivel de precisión seleccionado)

= 120,3 x 0,15 = 18,045.

Finalmente se calculó el número de parcelas requeridas para la muestra del estrato:



$$n = \frac{(225172,671 * 18,1)^2}{\frac{225172,671^2 * 18,045^2}{2^2} + 225172,671 * 18,1^2} = 4$$

En la presente investigación, para mayor confiabilidad, se optó por realizar muestreo en 6 parcelas por cada cluster, haciendo un total de 36 parcelas.

3.8 Técnicas de investigación

La técnica de investigación será la observación y el instrumento será la ficha, para este caso se ha organizado una serie de fichas para la toma de datos (ver anexo)

3.8.1 Instrumentos y materiales para la recolección de datos

- Mapas temáticos de suelos, fisiografía, tipos de bosques.
- Carta nacional y planos.
- Imagen satelital de la cuenca
- Fichas y formatos para la recolección de datos
- Empleo de ArcGis, AutoCad y Google Earth.

Materiales utilizados durante la Evaluación de la biomasa aérea.

- Balanza manual de 5 y 10k.
- Bolsas de papel número 20.
- Bolsas plásticas de 5k.
- Cinta diamétrica de 5 y 10m.
- Forcípulas de 30 y 60cm.
- Costales de polietileno de 50k.
- Cuadrante de madera de 1m².
- Libreta de campo.
- Machetes.
- Tijera podadora de mano.
- Serrucho
- Plumón indeleble.
- Etiquetas.
- Winchas de 5,30 y 50m.
- Plástico de polietileno.
- Vernier.
- GPS (Sistema de Posición Geográfica)

marca Garmin.

- Cámara fotográfica digital.
- Hipsómetro marca Sunnto PM – 5/1520.
- Brújula marca Brunton type 15.

Materiales utilizados para la evaluación de carbono en el suelo.

- Wincha de 30 y 50m.
- Wincha de bolsillo de 5m.
- GPS marca Garmin
- Cámara fotográfica digital.
- 2 Palas
- 2 Machetes
- 2 Picos
- Cuchillos
- Tijeras de podar
- Soga de nylon
- Bolsas de polietileno
- Bandejas de plástico
- Sobres de papel N° 20
- Mufla
- Molino de hojas secas

Material utilizado para el laboratorio.

- Balanza analítica marca Cavory de 10k
- Computadora.
- Estufa

3.8.2 Procesamiento y análisis de datos

3.8.2.1 Procesamiento de muestras en la biomasa aérea

Para el procesamiento de muestras de la biomasa arbórea; las hojas y epifitos de la palma aceitera, biomasa arbustiva, herbácea, hojarasca y detritos, se procesan 300g de la sub muestra separados, se coloca en bolsas de papel N°20, se registra el peso en una balanza analítica y se anota a un costado de la bolsa, para finalmente secar en una estufa a 70°C hasta obtener el peso seco constante.



3.8.2.2 *Procesamiento de muestras debajo del suelo*

Se separaron las raíces menores y mayores de 2mm de la tierra mediante la técnica de lavado, se colocaron en una bandeja plástica y se homogeneizaron independientemente, luego se decantó por tamices de 1 y 0,5mm, con la ayuda de una pinza se pasaron todas las raíces de los tamices a un taper y luego se seleccionaron raíces mayores a 2mm se colocaron en sobres de papel, se pesaron

en una balanza analítica y se registro el peso húmedo, luego son llevadas a la estufa a 45°C hasta obtener el peso constante o peso seco.

3.8.2.3 *Procesamiento de datos*

3.8.2.3.1 *Determinación del carbono en la biomasa vegetal aérea total (BAT)*

La metodología empleada para el presente trabajo, corresponde a lo establecido por el ICRAF Arévalo *et al.* (2003). Donde se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{BAT (t/ha)} = \text{BA} + \text{BAH} + \text{BHMS} + \text{BTCAM}$$

Donde:

BAT = Biomasa aérea total (t/ha).

BA = Biomasa arbórea.

BAH = Biomasa arbustiva y herbácea.

BHMS = Biomasa de la hojarasca, materia seca.

BTCAM = Biomasa de troncos caídos, árboles muertos en pie y tocones.

Biomasa arbórea - BA

Se utilizó el método indirecto, considerando ecuaciones alométricas ya existentes, en función del tipo de bosque, vegetación y tipo de componente (Rugnitz *et al.*, 2009). Se estimó la biomasa de cada árbol individual

en kilo, en el caso de la ecuación alométrica se determinó mediante la comparación de características ambientales y ecológicas con la zona de estudio.



Figura 26 Toma de muestras por el método indirecto.

**Cuadro 13** Ecuaciones alométricas designadas para masas boscosas

Ecuación alométrica	R ²	Rango del DAP (cm) y n	Localidad / Zona de Vida	Fuente
$B = \exp(-2,41 + 0,95 \cdot \ln(D^2 \cdot H \cdot \rho))$		10 – 130 (168)	Bosques tropicales húmedos Bh-t	Brown <i>et al.</i> 1989
$B = \rho \cdot \exp(-1,499 + 2,1481 \cdot \ln(D) + 0,207 \cdot \ln(D^2) - (-0,0281 \cdot \ln(D^3)))$ (a)	0,99	5 – 156 (1505)	Bosques Tropicales de Brasil, Guyana, India, Indonesia, Venezuela y Malasia	Chave <i>et al.</i> 2005
$B = \exp(-2,977 + \ln(\rho \cdot D^2 \cdot H))$ (b)				
$B = \exp(2,68 + 1,805 \cdot \ln(D) + 1,038 \cdot \ln(H) + 0,377 \cdot \ln(\rho))$ (c)	0,99	5 -156 (1808)	20 sitios del trópico en América, Asia y Oceanía zonas de vida (Bh-t)	Chave <i>et al.</i> 2005
$B = \exp(-1,083 + 2,266 \cdot \ln(D) + \ln(\rho))$ (d)	0,99	5 -156 (2410)	28 sitios del trópico en América, Asia y Oceanía zonas de vida (Bh-t)	

Fuente: Elaboración propia. Donde: B= biomasa (k/árbol), D= DAP en cm, H= altura total del árbol (m), ρ = densidad específica de la madera (g/cm³) y n = número de árboles evaluados en el estudio.

Chave *et al.* (2005) utilizaron en total 28 sitios en bosques tropicales entre las latitudes 12°S a 25°N, para desarrollar un modelo alométrico en base a DAP, altura total, y la densidad de la madera.

Cuadro 14 Ecuaciones alométricas para bosques tropicales

$\langle AGB \rangle_{est} = \exp(-2,187 + 0,916 \cdot \ln(\rho D^2 H))$ $= 0,112 \cdot (\rho D^2 H)^{0,916}$	Con datos de altura	Bosques secos (<1500 mm a ⁻¹)
$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \cdot \exp(-0,667 + 1,784 \ln(D) + 0,207(\ln(D))^2 - 0,0281(\ln(D))^3)$	Sin datos de altura	
$\langle AGB \rangle_{est} = \exp(-2,977 + \ln(\rho D^2 H)) \equiv 0,0509 \cdot \rho D^2 H$	Con datos de altura	Bosques lluviosos (>3500 mm a ⁻¹)
$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \cdot \exp(-1,499 + 2,148 \ln(D) + 0,207(\ln(D))^2 - 0,0281(\ln(D))^3)$	Sin datos de altura	
$\langle AGB \rangle_{est} = \exp(-2,557 + 0,940 \cdot \ln(\rho D^2 H))$ $\equiv 0,0776 \cdot (\rho D^2 H)^{0,940}$	Con datos de altura	Bosques estacionales (1 500 -3 500 mm a ⁻¹)
$\langle AGB \rangle_{est} = \rho \cdot \exp(-1,239 + 1,980 \ln(D) + 0,207(\ln(D))^2 - 0,0281(\ln(D))^3)$	Sin datos de altura	

Fuente: Chave *et al.* (2005)



Para la elección de la ecuación, se tomó en cuenta; un alto coeficiente de determinación R^2 , su lógica biológica y las variables predictoras más importantes de la biomasa aérea de un árbol y el tipo de bosque tropical, por tanto la ecuación escogida es la siguiente:

$$Y = \exp(-2,977 + \ln(\rho \times D^2 \times H)) \quad (1)$$

Primero se realizó la identificación de las especies y se corroboró con datos de herbarios. Luego se obtuvo la densidad de la madera a nivel de género y especie, para las especies no reconocidas se tomó el promedio de densidad para zonas tropicales, $0,64 \text{g/cm}^3$ (Zanne *et al.*, 2009) Luego se calculó la altura estimada de los individuos utilizando una ecuación relacionada al diámetro, Honorio (2009):

$$H = 11,312 \times \ln(\text{DAP}) - 12,344 \quad (2)$$

Para biomasa de arbustos menores de 5cm de diámetro se utilizó la ecuación

generada por Nascimento y Laurance (2002), porque consideró el DAP como variable y mostró alto coeficiente de determinación ($R^2 = 0,95$) y bajo índice de sesgo (0,9%):

$$Y = \exp(-1,7689 + 2,3770 \times \ln(D)) \quad (3)$$

Para la biomasa de lianas y bejucos se utilizaron datos de cosechas destructivas llevadas a cabo en la Cuenca de Venezuela (Putz, 1984).

$$B = \exp[0,12 + 0,91 \times \ln(D)] \quad (4)$$

Para la biomasa de las palmeras en el bosque se utilizó la ecuación alométrica generada por Frangi y Lugo (1985):

$$B = 4,5 + 7,7 \times H \quad (5)$$

Para la biomasa de la palma aceitera se utilizó la ecuación alométrica generada por Tiepolo *et al.* (2002):

Cuadro 15 Ecuaciones alométricas para biomasa aérea de palma aceitera

Ecuación	Autor	R^2	Rango
$B = 0,3999 + 7,907 \times H$	Tiepolo <i>et al.</i> (2002)	0,75	1-33
$B = 6,6666 + (12,826 (D^{0.5}) \times \ln(D))$	Brown <i>et al.</i> (2005)	-	-
$B = \exp(((5,7236 + 0,9285 \times \ln(D^2)) \times 1,05001) / 10^3)$	Hughes <i>et al.</i> (1999)	0,82	-
$B = \exp(-6,3789 - 0,877 \times \ln(1/(D^2) + 2,151 \times \ln(H)))$	Saldarriaga <i>et al.</i> (1988)	0,89	-

Donde: B= biomasa total (k/árbol), D= DAP en cm, H= altura total del árbol (m).
Fuente: VIEIRA *et al.* (2008).



Se eligió la ecuación porque tiene 0,75 de R^2 , ya que utiliza como variable paramétrica la altura, fácil de ser medida, en relación al diámetro ya que por el crecimiento de los peciolos de las hojas en el tallo, el diámetro medido no es el real.

$$B=0,3999+7,907*H \quad (6)$$

Para la determinación del valor de carbono fijado total, existen diferentes factores para la estimación de C en la biomasa seca. Unos utilizan el factor de 0,45. (Brown *et al.* (1987); Chacón *et al.* (2007) utilizó un factor de manera experimental (0,465). Mientras que algunos estudios utilizan el factor por defecto establecido por el IPCC de 0,50.

Para el cálculo del porcentaje de carbono de las hojas y epifitos en palma aceitera, se utilizó la metodología sugerida por De la Cruz (2010). Para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumó la biomasa de todos los árboles medidos y registrados en la parcela (Rugnitz *et al.*, 2009).

$$BA = \left[\sum_{AU} / 1000 \right] * (10\ 000 / \text{área de la parcela}) \quad (7)$$

Donde:

BA = Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha).

\sum_{AU} = Sumatoria de la biomasa arbórea de todos los árboles de la parcela kMS/área de la parcela).

Factor 1 000 = Conversión de las unidades de la muestra de k MS/t MS.

Factor 10 000 = Conversión del área (m²) de hectárea.

Para el cálculo del carbono en la biomasa aérea por hectárea, seguimos lo siguiente:

$$AC_{BA} = (B_A * CF) \quad (8)$$

Donde:

AC_{BA} = Cantidad de carbono en la biomasa sobre el suelo (tC/ha).

B_A = Biomasa arbórea sobre el suelo (t MS/ha).

CF = Fracción de carbono (tC/tMS), valor del IPCC es 0,5.

Biomasa arbustiva y herbácea - BAH

Para el cálculo de la biomasa o materia seca de la muestra, se utilizó la siguiente fórmula:

$$MS = \left(\frac{PS}{PF} \right) * PFT \quad (9)$$

Donde:

Ms = Materia seca de la muestra o biomasa (g/2m²).

Ps = Peso o materia seca de la submuestra llevada para la determinación del porcentaje de humedad (g).

PF = Peso o materia fresca de la submuestra llevada para la determinación del porcentaje de humedad (g).

PFT = Peso o materia fresca total de la muestra (g/2m²).

Se utilizó la siguiente formula, (De la Cruz, 2010):

Porcentaje de humedad

$$\% H = \left(\frac{PF - PS}{PFT} \right) * 100 \quad (10)$$

Donde:

%H = Porcentaje de humedad (%).

PF = peso fresco (g).

PS = Peso seco (g).

PFT = peso fresco total (g).



Porcentaje de materia seca

$$\% Ms = 10 - \% H \quad (11)$$

Donde:

%Ms = Porcentaje de materia seca (%).

Porcentaje de ceniza

$$\% Ceniza = \left(\frac{PC_z}{PS} \right) \times 100 \quad (12)$$

Donde:

%Ceniza = Porcentaje de ceniza (%).

PCz = Peso de ceniza (g).

Porcentaje de materia orgánica

$$\% MO = \left(\frac{PS - PC_z}{PS} \right) \times 100 \quad (13)$$

Donde:

%MO = Porcentaje de materia orgánica (%).

Ps = Peso seco de la muestra (g).

Porcentaje de carbono

$$\% C = \frac{\% MO}{2,22} \quad (14)$$

Donde:

%C = Porcentaje de carbono en la muestra

Carbono en la muestra

$$C = MS \times \%C \quad (15)$$

Donde:

C = carbono almacenado (g).

MS = Materia seca o peso seco total de la muestra (g).

Para calcular la cantidad de carbono en la biomasa de la vegetación no arbórea por hectárea, se parte de calcular a partir del tamaño del marco (2m²), convirtiendo las unidades de la muestra de gC a tC (dividiendo entre 1 000 000).

$$\Delta C_{BN} (\text{tC / ha}) = \left(\frac{10\,000\text{m}^2}{2\text{m}^2} \right) \times \left(\frac{M}{1\,000\,000} \right) \quad (16)$$

Donde:

ΔC_{BN} = Cantidad de carbono en la biomasa de vegetación no arbórea (tC/ha).

M = Promedio de la cantidad de carbono de todas las muestras (gC/2m²).

Factor 1 000 000 = conversión de las unidades de masa gramos a toneladas

Factor 10 000 = conversión del área de m² a hectárea.

Biomasa de hojarasca - Bh

Se siguió los mismos pasos utilizados anteriormente en la biomasa de la vegetación arbustiva y herbácea.

Biomasa de troncos caídos, árboles muertos en pie y tocones - Bt

Luego se calculó la biomasa de cada individuo en (k/tronco) con la siguiente ecuación según Masera *et al.*, (2000) y Rugnits *et al.* (2009):

$$BT = (0,7854 \times D^2) \times L \times S \quad (17)$$

Donde:

BT = Biomasa de troncos caídos, árboles muertos en pie y tocones (k).

D = Diámetro (cm).

L = Longitud (cm).

S = Gravedad específica o densidad, estimada en 0,4 g/cm³ (Rugnits *et al.*, 2009).

Chao (2006) y Baker y Chao (2009) mencionan que las densidades se deben obtener mediante las siguientes formulas.

$$\rho d=1 = 1,17 [\rho BA j] - 0,21 \quad (18)$$

$$\rho d=2 = 1,17 [\rho BA j] - 0,31 \quad (19)$$

Donde:

$\rho d=1$: densidad de madera en deterioro clasificación sólida o dura (g/cm³).

$\rho d=2$: densidad de madera en deterioro clasificación intermedia (g/cm³).

$\rho BA j$: densidad de la madera de árboles vivos (g/cm³).



Para la clasificación de deterioro o podrido, se calculó el contenido de carbono multiplicando la fracción de carbono, que es de 0,5 según IPCC (2007) a la biomasa (kilo) de cada individuo evaluado, se obtuvo la cantidad total de carbono en el transecto de 2 000m², se convirtió a t/ha. Para calcular el carbono aéreo total de un determinado sistema de uso de tierra, simplemente se debe sumar todos los depósitos medidos.

$$\Delta C_{\text{depositos}} = (\Delta C_{BA} + \Delta C_{BV} + \Delta C_{BM}) * \text{área del estudio} \quad (20)$$

Donde:

$\Delta C_{\text{depositos}}$ = Cantidad de carbono de un determinado SUT (tC).

Área del estudio = en Hectáreas (ha)

Donde los sub índices se refieren a:

BA = Biomasa arbórea (tC/ha)

BV = Biomasa arbustiva - herbácea (tC/ha)

BM = Biomasa de Hojarasca y madera muerta (tC/ha)

3.8.2.3.2 Determinación del carbono debajo del suelo

Carbono almacenado en las raíces hasta un metro de profundidad.

Se obtendrá de la cuantificación del total de los 10 estratos de cada calicata que va de 0 a 1 metro de profundidad. Según el IPCC (2003) para la estimación de carbono

almacenado en la biomasa el 50% de la materia seca es carbono, entonces esta variable lo obtenemos de la multiplicación de la biomasa de raíces x 0,5.

$$\text{CBRF} = \text{BRF} \times 0,5$$

Donde:

C = Carbono

BRF = Biomasa de raíces finas

0.5 = Constante IPCC

Carbono almacenado en el suelo

Para determinar el carbono en el suelo se enviaron las muestras al laboratorio en donde se les hizo la prueba para determinar materia orgánica, con la siguiente metodología: prueba de materia orgánica Walkley y Black y Nitrogeno Micro Kjeldahl, con ello calculamos la relación carbono – nitrógeno (C/N), ese valor se lleva al valor de tC/ha.

Cálculo del carbono total en cada Sistema de Uso de la tierra SUT

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{CT (tC/ha)} = \text{CBAT} + \text{CBRF} + \text{CS}$$

Donde:

CT = Carbono total del SUT (tC/ha).

CBAT= Carbono en la biomasa aérea

CBRF= Carbono en la biomasa de raíces finas

CS = Carbono en el suelo



Figura 27 Toma de datos de biomasa muerta.



4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Biomasa total a nivel de los diferentes sistemas de uso de la tierra

Para la presentación de los resultados se han organizado en base a los sistemas que se indican a continuación:

4.1.1 Biomasa total en el SUT BOSQUE

PRIMARIO REMANENTE

4.1.1.1 Biomasa sobre el suelo

En el bosque primario remanente (Cuadro 16). se evidencia un rango de valores que van desde 193,6t/ha a 507,8t/ha de biomasa aérea, haciendo un promedio es 314,7t/ha.

Cuadro 16 Biomasa aérea total del bosque primario remanente

Sector	SUT	Depósito (t/ha)			Biomasa total (t/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
Abejaico	Bosque R.	228,2	3,3	25,4	256,8
Bellavista	Bosque R.	275,2	3,8	26,6	305,6
Los Olivos	Bosque R.	139,7	0,4	53,5	193,6
Miguel Grau	Bosque R.	234,2	3,7	11,5	249,4
Las Palmeras	Bosque R.	248,3	4,4	66,5	319,3
El Milagro	Bosque R.	290,1	2,8	151,8	444,8
La Frontera	Bosque R.	228,2	3,3	25,4	256,8
Rodal E	Bosque R.	263,2	1,4	243,2	507,8
UNU	Bosque R.	237,4	1,0	58,1	296,5
Nuevo Satipo	Bosque R.	284,8	1,5	30,1	316,5
Promedio		238,3	2,7	73,6	314,7

Fuente: Elaboración propia

Se registró en total 357 individuos evaluados (250 árboles, 45 arbustos, 10 lianas y 52 palmeras) distribuidos en 37 familias y 107 especies. En el componente arbóreo, las 10 familias más abundantes (Figura 28); Arecacea 14,6%, familia Fabacea 14,3%, Myristicacea 10,1%, Apocynacea 4,8%, Melastomatacea y Sapotacea 4,5%, las otras familias poseen menos 4,2% cada una. Las especies más

abundantes son; "Ungurahui" *Oenocarpus bataua*, "Shimbillo" *Inga densiflora*, "Cumala roja" *Iryanthera tessmannii*, "Caimitillo" *Pouteria speciosa*, además de "Rifari" *Miconia bubalina*, "Huasai" *Euterpe precatoria*, "Cumala blanca" *Virola elongata*, "Cumala" *Iryanthera macrophylla*, "Chirisanango" *Brunfelsia latifolia* y "Ucshaquiro" *Sclerolobium paniculatum*.

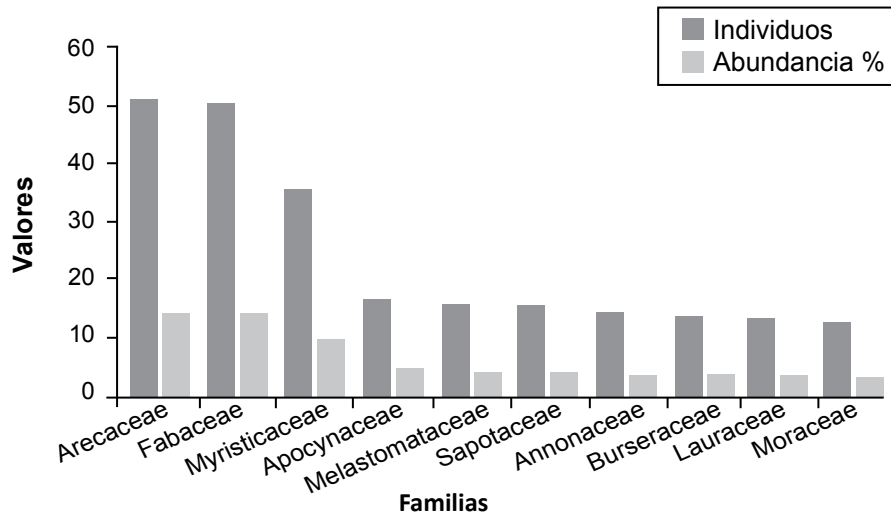


Figura 28 Abundancia de familias en la vegetación arbórea.

Dentro de las 10 familias más abundantes en el depósito de la vegetación arbustiva - herbácea del sistema de uso de la tierra bosque primario remanente (Figura 29); La familia Fabacea constituye el mayor porcentaje de abundancia en un 10,9%, con las especies representativas “Shimbillo” *Inga densiflora* Benth., “Ucshaquiro” *Sclerolobium paniculatum* Vogel, “Tornillo” *Cedrelinga cateniformis* (Ducke) Ducke, “Guabilla” *Inga ingoides* (Rich.) Willd., “Guabilla colorada” *Inga minutula* (Schery) T.S. Elias, “Palisangre amarillo” *Swartzia polyphylla* DC., “Pashaco” *Parkia* sp. y

“Pashaquilla” *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth., seguido de las familias Annonacea y Arecacea con 8,2% cada una, representando las especies; “Anonilla” *Annona excellens* R.E.Fr., “Espintana” *Anaxagorea brachycarf* R.E.Fr., “Huasai” *Euterpe precatória* Mart “Huicungo” *Astrocaryum chambira* Burret, seguido de la familia Apocynacea con 5,5%, las familias Marantacea, Moracea y Myristicacea cada una con 4,1%, mientras que Bignoniacea, Costacea y Lauracea poseen 2,7% cada una.

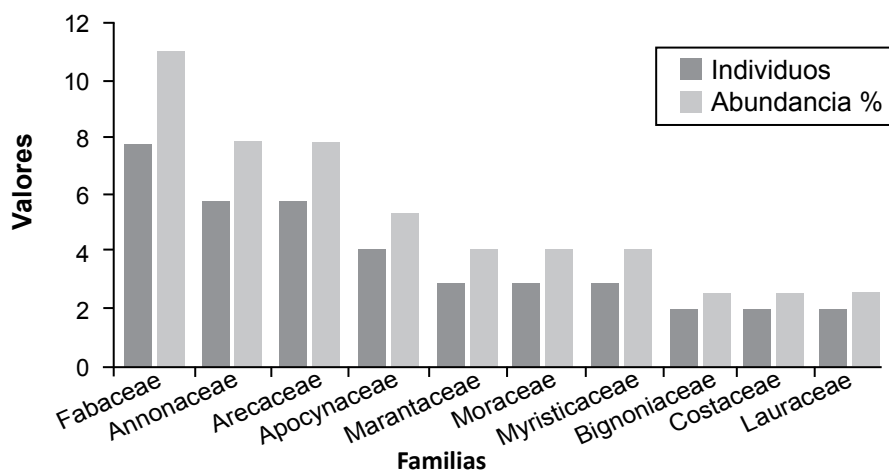


Figura 29 Abundancia de familias en la vegetación arbustiva – herbácea.

4.1.1.2 Biomasa debajo del suelo

Biomasa de raíces finas

En el Cuadro 17 y figura 30, se muestran

los resultados de la biomasa de las raíces a diferentes profundidades a un intervalo de 10cm hasta 1m de profundidad.



Cuadro 17 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	5,17
-20	1,49
-30	0,85
-40	0,60
-50	0,40
-60	0,28
-70	0,20
-80	0,36
-90	0,16
-100	0,13
TOT	9,64

Fuente: Elaboración propia.

Biomasa total de raíces t/ha

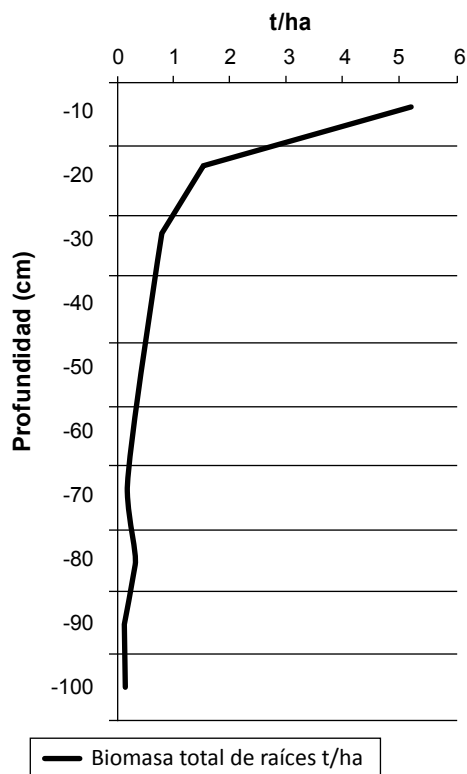


Figura 30 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades

4.1.2 Biomasa total en el SUT PURMA ALTA

4.1.2.1 Biomasa sobre el suelo

La biomasa aérea total de las purmas altas se encuentran en un rango de 108,8 a 228t/ha y promedio de 154,4t/ha (Cuadro 18). En cuanto a la vegetación arbórea (Figura 31), se compone de 80 individuos

distribuidos en 42 familias, las más abundantes son; Fabacea 8,8%, Arecacea 7,5%, Annonacea, Piperacea y Rubiaceae 6,3% cada una, Malvacea y Moracea 5% cada una. Asteracea, Bignoniacea y Melastomatacea con 3 individuos y 3,8% de abundancia cada una.

Cuadro 18 Biomasa aérea total de la purma alta

Sector	SUT	Depósito (t/ha)			Biomasa total (t/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
El Milagro	Purma alta	88,2	2,3	23,3	113,8
La Frontera	Purma alta	194,8	2,1	31,1	228,0
Los Olivos	Purma alta	148,0	2,9	26,0	176,9
Miguel Grau	Purma alta	144,5	1,4	18,6	164,4
Rodal – E	Purma alta	55,8	4,3	48,6	108,8
UNU	Purma alta	82,8	5,7	46,2	134,6
				Promedio	154,4

Fuente: Elaboración propia.

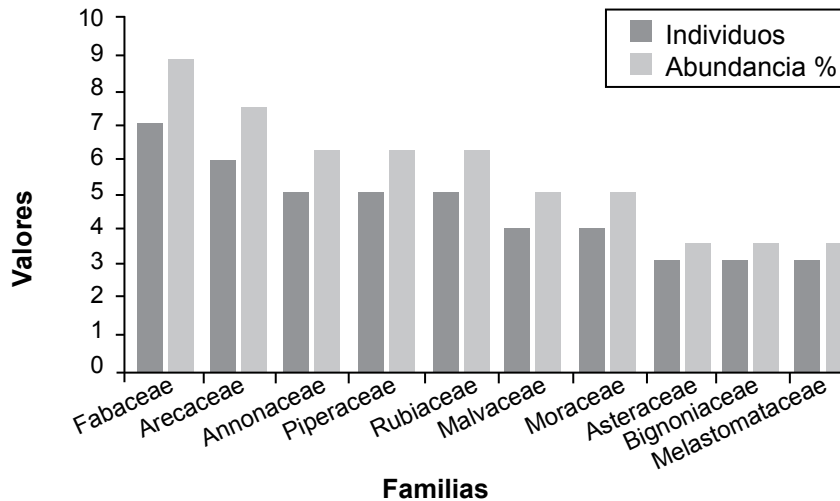


Figura 31 Abundancia de familias en la vegetación arbórea de las purmas altas.

Con respecto a la biomasa de la vegetación arbustiva - herbácea del sistema de uso de tierra purma alta (Figura 32); se compone de 404 individuos distribuidos en 37 familias; la familia Fabacea constituye el mayor porcentaje de abundancia con 16,3%, componiéndose de las especies “Shimbillo” *Inga densiflora* Benth., “Pashaco” *Schizolobium excelsum* Vogel, “Guabilla” *Inga ingoides* (Rich.) Willd., “Ucshaquiro” *Sclerolobium paniculatum* Vogel, “Ana caspi” *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Macbr., “Pashaco blanco” *Schizolobium sp.*, “Tushmo” *Crudia glaberrima* (Steud.) J.F. Macbr., seguido de las familias Arecacea con 15,3%, concentrándose las palmeras “Shapaja”

Attalea butyracea (Mutis ex L. f.) Wess. Boer, “Huicungo” *Astrocaryum chambira* Burret, “Aguaje macho” *Mauritia carana* Wallace, “Aguaje” *Mauritia flexuosa* L. f., “Yarina” *Phytelephas macrocarpa* Ruiz & Pav., “Huasai” *Euterpe precatoria* Mart., “Inayuga” *Maximiliana maripa* (Aubl.) Drude, “Cashapona” *Iriarte sp.* y “Ñejilla” *Bactris acanthocarpoides* Barb. Rodr., seguido de la familia Urticacea con 15,1% con una sola especie “Cetico” *Cecropia sp.*, las otras familias se encuentran bajo los 6%; Annonacea 5,7%, Melastomatacea y Meliaceae cada una con 5,4%, Bignoniacea 5,2%, Malvaceae 3,5%, Myristicaceae 3,2% y la familia Euphorbiaceae con 2,5%.

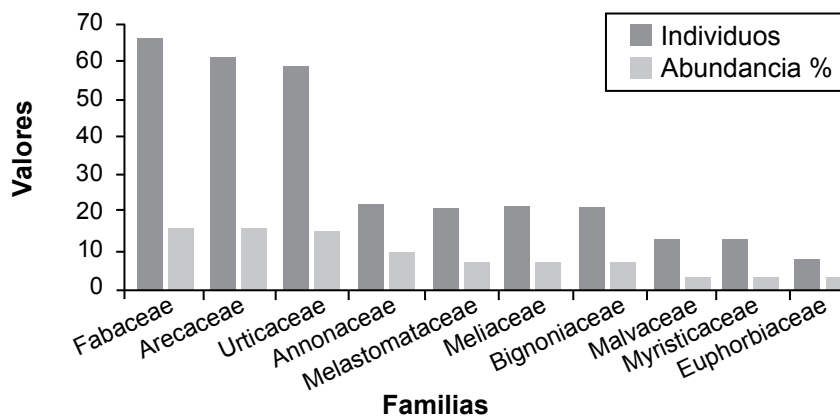


Figura 32 Abundancia de familias en la vegetación arbustiva y herbácea.

4.1.2.2 Biomasa debajo del suelo
Biomasa en las raíces finas

En el Cuadro 19 y figura 33, podemos

apreciar la biomasa de las raíces finas a diferentes profundidades del SUT purma alta.



Cuadro 19 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades en purma alta

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	3,9
-20	0,81
-30	0,39
-40	0,3
-50	0,4
-60	0,4
-70	0,14
-80	0,14
-90	0,08
-100	0,11
TOT	6,67

Fuente: Elaboración propia.

Biomasa total de raíces t/ha

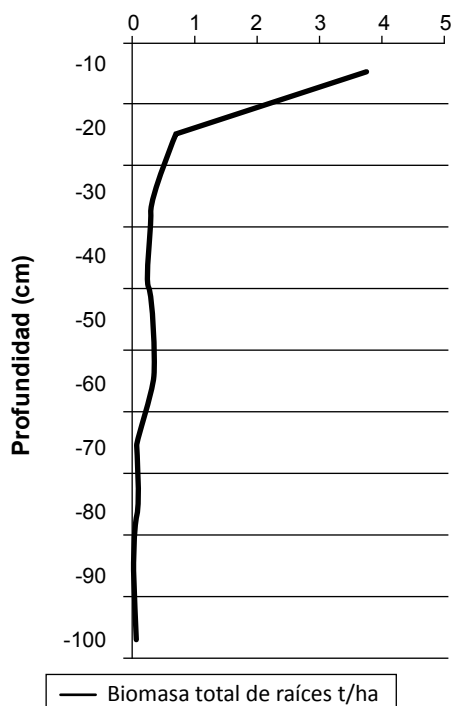


Figura 33 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades en purma alta.

4.1.3 Biomasa total en el SUT PURMA BAJA

4.1.3.1 Biomasa sobre el suelo

La biomasa aérea total de las purmas

bajas (Cuadro 20), se encuentra en un rango de 23,7 a 110,7t/ha, haciendo un promedio de 45,1t/ha.

Cuadro 20 Biomasa aérea total de las purmas bajas

Sector	SUT	Depósito (t/ha)			Biomasa total (t/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
El Milagro	Purma baja	7,2	3,3	100,3	110,7
La Frontera	Purma baja	3,4	11,5	17,4	32,4
Los Olivos	Purma baja	11,4	3,8	18,3	33,6
Miguel Grau	Purma baja	16,3	2,9	8,5	27,7
Rodal – E	Purma baja	10,5	2,7	10,4	23,7
UNU	Purma baja	11,1	6,3	25,3	42,7
Promedio		10,0	5,1	30,0	45,1

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la biomasa se identificaron 147 individuos distribuidos en 13 familias (Figura 30), las mas abundantes son Asteracea 9,5%, Vochysiacea 13,6%,

Malvaceae 12,9%, Cannabacea 10,2%, Urticacea 8,2%, Bignoniacea 4,8%, Fabacea 3,4%, Arecacea 2% y Portulacacea 1,4%.

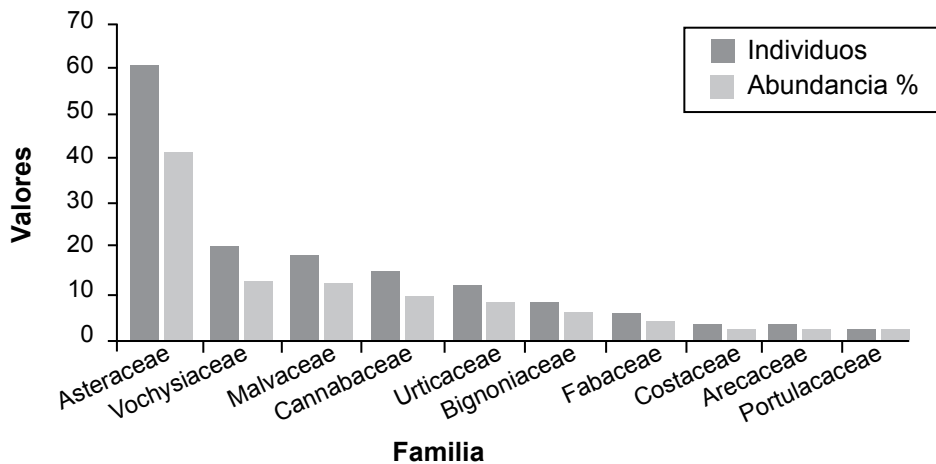


Figura 34 Abundancia de familias en la vegetación arbórea de purma baja.

La vegetación arbustiva - herbácea del sistema de uso de tierra purma baja se compone de 51 individuos distribuidos en 31 familias (Figura 35); la familia Poaceae es la más abundante con 13,7% con las especies “Carrisillo” *Arthrostylidium sp.*, “Cashaucsha” *Imperata brasiliensis* Trin., “Cola de caballo” *Andropogum bicornis* Brongn., “Torurco” *Paspalum conjugatum* (Vanderyst) Beetle, “Torurco blanco” *Homolepis sp.*, “Torurco negro” *Homolepis sp.* y “Yarahua” *Melinis minutiflora* P. Beauv., seguido de la familia Asteraceae 11,8%, componiéndose de las especies “Lengua de perro” *Gamochoeta sp.*, “Lengua de shibi” *Gamochoeta sp.*,

“Ocuera” *Pollalesta discolor* (Kunth) Aristeg., “Ocuera blanca” *Vernonia sp.*, “Sacha huaquilla” *Clibadium sp.* y “Sachahuaca” *Baccharis floribunda* Kunth, seguido de la familia Fabaceae con 7,8% las especies “Kudzu” *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., “Kudzu nativo” *Pueraria sp.*, “Pashaquillo” *Pithecellobium laetum* Benth. y “Yutuvarilla” *Hymenaea sp.*, seguido de la familia Malvaceae 5,9%, las familias Cyperaceae, Euphorbiaceae, Pasifloraceae y Rubiaceae con 3,9% cada una, y las familias Annonaceae, Apocynaceae, Arecaceae, Aspleniaceae y Costaceae cada una representa el 2% de abundancia.

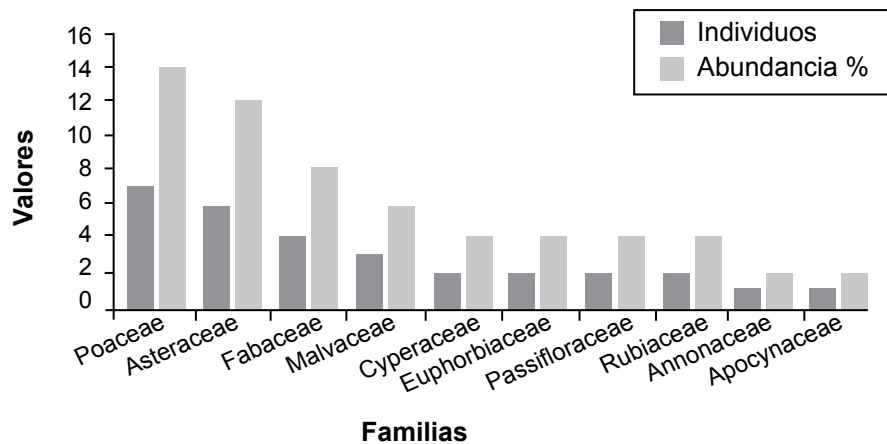


Figura 35 Abundancia de familias en la vegetación arbustiva – herbácea.

4.1.3.2 Biomasa debajo del suelo Biomasa de raíces finas

En el Cuadro 21 y figura 36, podemos

apreciar la biomasa de las raíces finas para el SUT purma baja.



Cuadro 21 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	2,92
-20	0,91
-30	0,55
-40	0,34
-50	0,23
-60	0,23
-70	0,26
-80	0,12
-90	0,13
-100	0,09
TOT	5,78

Fuente: Elaboración propia

Biomasa total de raíces t/ha

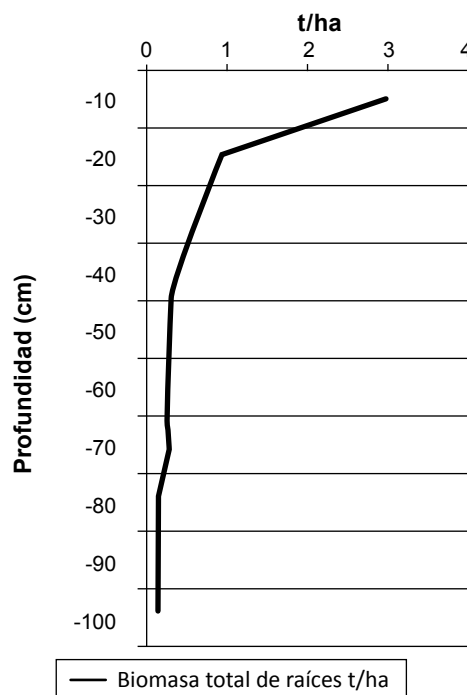


Figura 36 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades.

4.1.4 Biomasa total en el SUT PALMA ACEITERA

4.1.4.1 Biomasa sobre el suelo

De acuerdo a la evaluación de la biomasa

aérea total de las plantaciones de palma aceitera (Cuadro 22) se tiene los rangos de 22,1 a 40,3t/ha, y un promedio de 33,9t/ha.

Cuadro 22 Biomasa aérea total en palma aceitera

Sector	SUT	Depósito (t/ha)			Biomasa total (t/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
Abejaico	Palma A.	13,2	1,8	24,6	39,6
Bellavista	Palma A.	16,7	0,9	13,7	31,4
Los Olivos	Palma A.	24,7	1,8	12,8	39,3
Miguel Grau	Palma A.	17,1	0,5	13,4	31
Las Palmeras	Palma A.	24,2	0,5	15,6	40,3
Nuevo Satipo	Palma A.	11,4	2,0	8,6	22,1
Promedio		17,9	1,3	14,8	34,0

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la vegetación arbustiva - herbácea del sistema de uso de tierra palma aceitera se determinó 48 individuos (Figura 37), distribuidos en 28 familias, la familia más abundante es Poacea con 12,5%

concentrándose las especies “Braquearea” *Brachiaria decumbes* Stapf, “Cashaucsha” *Imperata brasiliensis* Trin., “Rabo de zorro” *Andropogon bicornis* L, “Torurco” *Paspalum conjugatum* (Vanderyst) Beetle, “Torurco



blanco” *Homolepis sp.*, “Torurco negro” *Homolepis sp.*, seguido de las familias Asteracea, Fabacea y Melastomatacea con 8,3% cada una, Cyperacea y Rubiaceae con 6,2% cada una, Achariaceae y Araceae con 2,1% cada una.

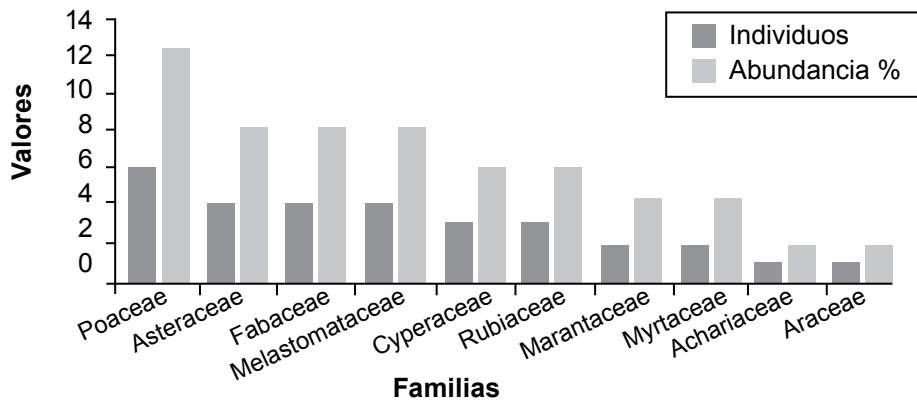


Figura 37 Abundancia de familias en la vegetación arbustiva - herbácea en palma aceitera.

En las especies epífitas, se registraron 22 individuos en 16 familias (Figura 38); la familia Melastomatacea representa el 13,7%, siendo la más abundante y componiéndose de las especies “Mullaca” *Miconia benthamiana* Triana, “Mullaca colorada” *Miconia prasina* (Swartz) DC. y “Mullaca negra” *Clidemia ulei* Pilg. Las familias Asteraceae “Lengua de shibi” *Gamochoeta sp.*, y “Ocuera blanca”

Vernonia sp., Cyperaceae “Cortadera” *Scleria melaleuca* Rchb. ex Schldl. & Cham., y “Piri piri acuático” *Cyperus laxus* Lam., y la familia Piperaceae “Matico” *Piper sp.*, y “Sacha cordoncillo” *Peperomia sp.*, cada una posee 9,5%, Achariaceae, Araceae, Arecaceae, Bromeliaceae, Clusiaceae, Fabaceae, Moraceae, Poaceae y Urticaceae cada una con 4,8% de abundancia.

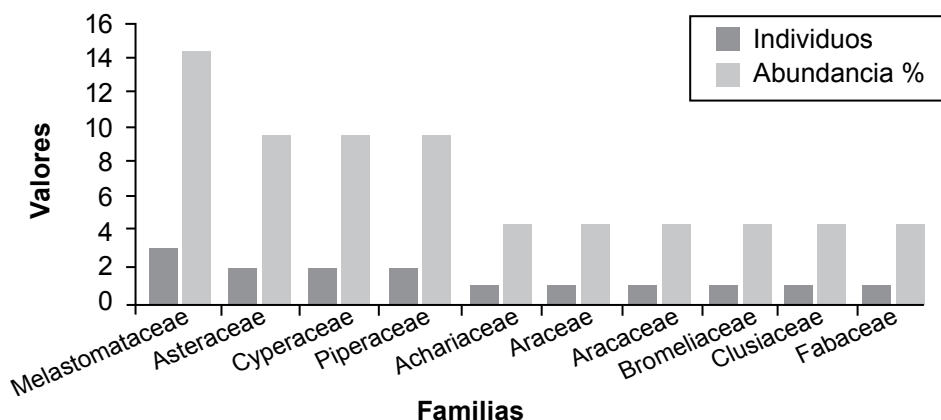


Figura 38 Abundancia de familias epífitas en palma aceitera.

4.1.4.2 Biomasa debajo del suelo Biomasa de raíces finas

En el Cuadro 23 y figura 39, podemos apreciar la biomasa de las raíces finas

a diferentes profundidades para el SUT palma aceitera. La biomasa en total para la profundidad 0-1m es de 9,53t/ha.



Cuadro 23 Biomasa de raíces finas en palma aceitera a diferentes profundidades (t/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces t/ha
-10	5.15
-20	1.23
-30	0.97
-40	0.60
-50	0.52
-60	0,27
-70	0,40
-80	0.17
-90	0,13
-100	0,09
TOT	9.53

Fuente: Elaboración propia.

Biomasa total de raíces t/ha

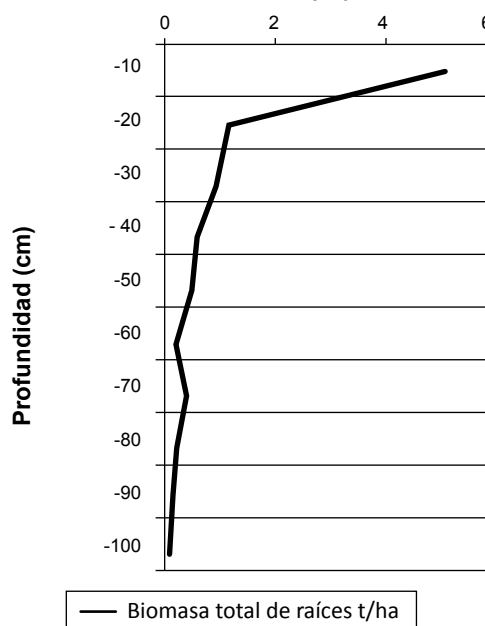


Figura 39 Biomasa de raíces finas a diferentes profundidades.

4.1.5 Biomasa total en el SUT PASTIZALES

4.1.5.1 Biomasa sobre el suelo

La biomasa aérea total de los pastizales

(Cuadro 24), se encuentran en un rango muy variable de 5,6 a 103,8t/ha, haciendo un promedio de 44,3t/ha.

Cuadro 24 Biomasa aérea total de los pastizales

Sector	SUT	Depósito (t/ha)			Biomasa total (t/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
Abejaico	Pastizal	1,2	13,2	6,5	20,9
Bellavista	Pastizal	-	2	101,7	103,8
Los Olivos	Pastizal	-	1	19,0	19,9
Miguel Grau	Pastizal	-	1,2	90,7	91,9
Las Palmeras	Pastizal	-	3	20,7	23,7
Nuevo Satipo	Pastizal	-	2,9	2,7	5,6
Promedio		0,2	3,9	44,22	44,3

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la biomasa arbórea del SUT pastizales se identificaron 28 individuos distribuidos en 12 familias; Poacea es la familia más abundante con 32,1%, componiéndose de las especies “Braquiarea brizanta” *Brachiaria brizantha*, “Braquiarea común” *Brachiaria sp.*, “Braquiarea” *Brachiaria decumbes*,

“Cashaucsha” *Imperata brasiliensis* Trin, “Cola de caballo” *Andropogum bicornis* Brongn., “Cortadera” *Homolepis aturensis* (Kunth) Chase, “Pasto negro” *Paspalum platycaule* Willd. ex Steud., “Remolino” *Paspalum sp.*, y “Torurco” *Paspalum conjugatum* (Vanderyst) Beetle, seguido de las familias Fabacea 17,9%,

Malvaceae 10,7%, Cyperaceae 7,1%, Annonaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Portulacaceae y Rubiaceae con 3,6% cada una. Mientras que en el componente arbustivo

herbáceo, la familia Asteraceae representa el 100% de abundancia en el sector los Olivos con la especie característica “Sachahuaca” Baccharis floribunda Kunth (Figura 40).

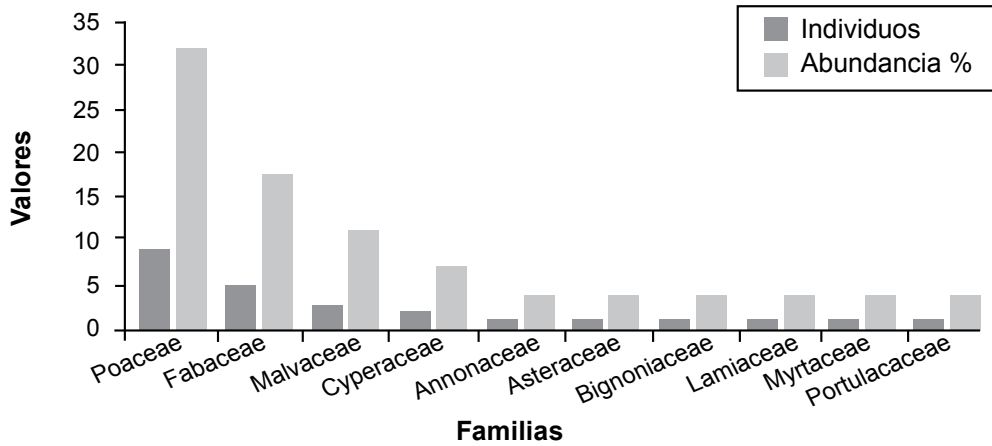


Figura 40 Abundancia de familias en la vegetación arbustiva – herbácea en pastizales.

4.1.5.2 Biomasa debajo del suelo

Biomasa de raíces finas

Cuadro 25 Biomasa de raíces finas del pastizal a diferentes profundidades (t/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	4,54
-20	0,94
-30	0,51
-40	0,23
-50	0,25
-60	0,14
-70	0,11
-80	0,23
-90	0,08
-100	0,05
TOT	7,08

Fuente: Elaboración propia

Biomasa total de raíces t/ha

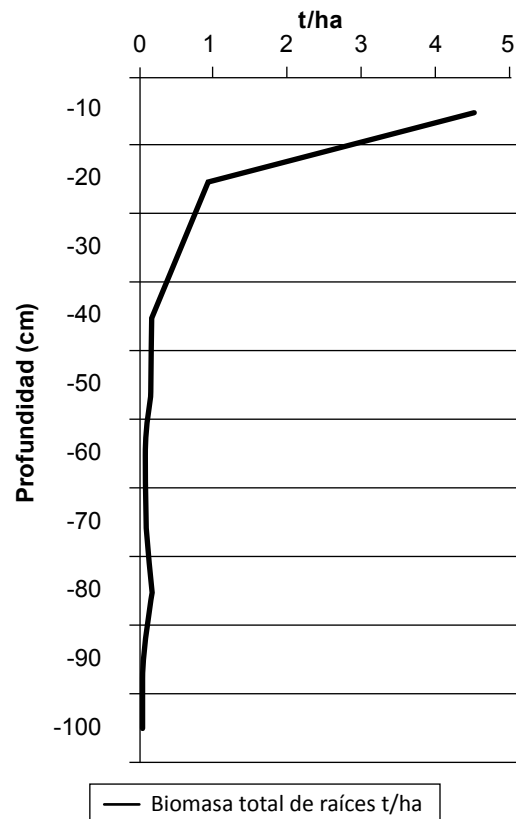


Figura 41 Biomasa de raíces finas del pastizal a diferentes profundidades.

4.1.6 Biomasa total en el SUT CULTIVOS

4.1.6.1 Biomasa sobre el suelo

De acuerdo a la evaluación de la biomasa

aérea total de los cultivos (Cuadro 26); se tiene los rangos de 15,3 a 58,2t/ha, y un promedio de 35,6t/ha.



Cuadro 26 Biomasa aérea total en cultivos

Sector	SUT	Depósito (t/ha)			Biomasa total (t/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
El Milagro	Cultivos	4,6	2,4	41,0	48,0
La Frontera	Cultivos	9,2	4,1	11,2	24,6
Los Olivos	Cultivos	5,0	2,2	8,1	15,3
Miguel Grau	Cultivos	7,3	2,1	21,1	30,6
Rodal – E	Cultivos	5,0	3,8	49,4	58,2
UNU	Cultivos	15,3	0,3	21,4	37,1
Promedio		7,7	2,5	25,4	35,6

Fuente: Elaboración propia.

La vegetación arbórea del SUT cultivos se compone básicamente de 170 individuos (Figura 42); comprendidos en 8 familias, la familia Musaceae es la más abundante representando el 57,6% teniendo como especies características “Bellaco” *Musa*

sp., y “Platano morado” *Musa sp.*, seguido de Poaceae 32,4%, Euphorbiaceae 4,1%, Malvaceae y Arecaeae 1,8% cada una Vochysiaceae 1,2%, Fabaceae y Asteraceae con 0,6% cada.

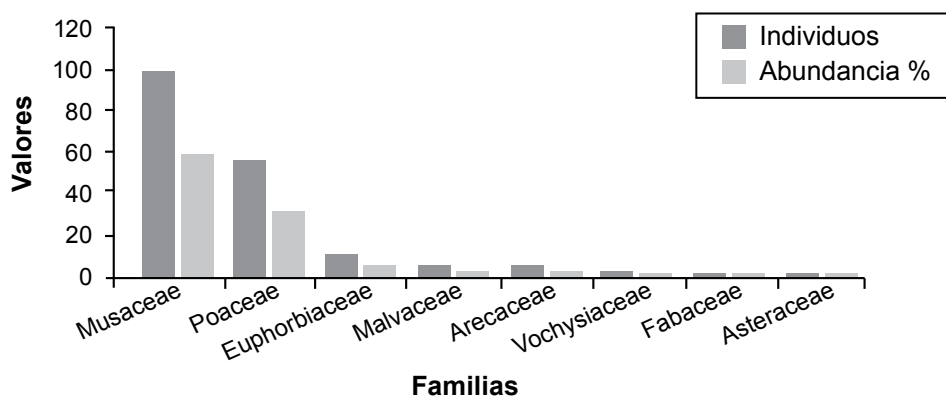


Figura 42 Abundancia de familias en la vegetación arbórea en cultivos.

En la vegetación arbustiva – herbácea, se identificó 62 individuos (Figura 43), distribuidos en 33 familias; la familia Poaceae representa el 16,1% teniendo las especies representativas de “Arrosillo” *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton, “Cashaucsha” *Imperata brasiliensis* Trin., “Cola de caballo” *Andropogum bicornis* Brongn., “Maiz” *Zea mays* L., “Pajilla” *Cynodon sp.*, “Rabo de zorro” *Andropogon*

sp., “Torurco” *Paspalum conjugatum* (Vanderyst) Beetle, “Torurco blanco” *Digitaria sp.* y “Torurco negro” *Homolepis sp.*, seguido de Asteraceae 14,5%, Fabaceae 6,5%, Malvaceae y rubiácea con 4,8% cada una, además de las familias Cyperaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Melastomataceae y Urticaceae con representando el 3,2% de abundancia cada una.

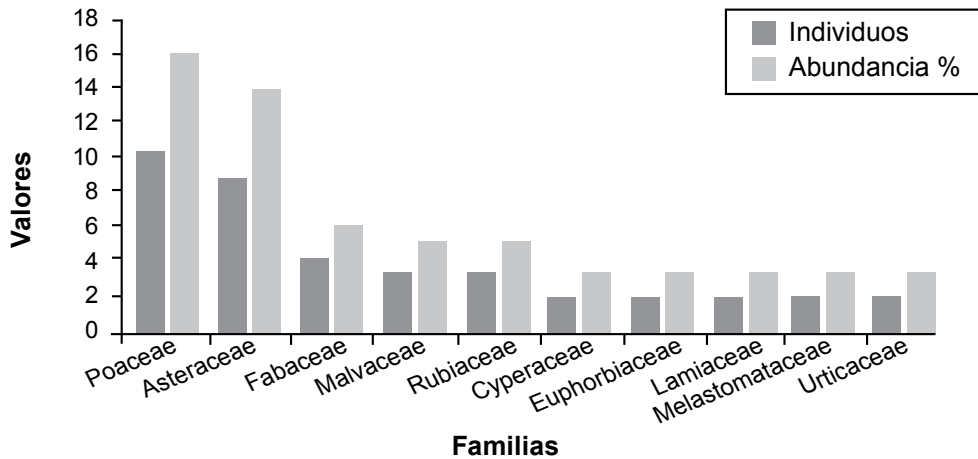


Figura 43 Abundancia de familias en la vegetación arbustiva - herbácea.

4.1.6.2 Biomasa debajo del suelo

Para ello se muestra el Cuadro 27 y figura 44

Cuadro 27 Biomasa de raíces finas en cultivos a diferentes profundidades

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	1,17
-20	0,81
-30	0,38
-40	0,32
-50	0,26
-60	0,19
-70	0,12
-80	0,12
-90	0,1
-100	0,06
TOT	3,53

Fuente: Elaboración propia.

Biomasa total de raíces t/ha

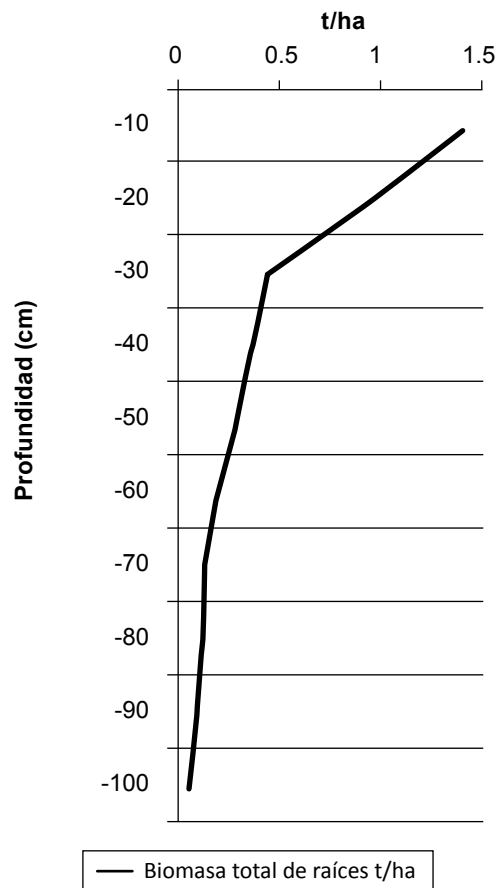


Figura 44 Biomasa de raíces finas en cultivos a diferentes profundidades.

4.2 Almacenamiento de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra (SUT)

Para la representación de resultados se ha seguido el mismo esquema que el ítem 4.1

4.2.1 Carbono en el SUT BOSQUE PRIMARIO REMANENTE

4.2.1.1 Carbono sobre el suelo

La cantidad media de carbono obtenido para el bosque primario remanente es 156tC/ha, con una mínima de 95,5tC/ha y máxima de 252,5tC/ha. (Cuadro 28).



Cuadro 28 Carbono aéreo total del bosque primario remanente

Sector	SUT	Depósito (tC/ha)			Carbono total (tC/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
Abejaico	Bosque R.	114	1,3	11,6	126,9
Bellavista	Bosque R.	137,6	1,5	12,2	151,3
Los Olivos	Bosque R.	69,9	0,2	25,5	95,5
Miguel Grau	Bosque R.	117,1	1,5	4,9	123,5
Las Palmeras	Bosque R.	124,2	1,9	32,5	158,6
El Milagro	Bosque R.	145,1	1,1	74,6	220,9
La Frontera	Bosque R.	114	1,3	11,6	126,9
Rodal E	Bosque R.	131,6	0,6	120,4	252,5
UNU	Bosque R.	118,7	0,4	28,3	147,4
Nuevo Satipo	Bosque R.	142,4	0,6	14,4	157,4
Promedio		121,5	1,0	33,6	156,1

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1.2 Carbono debajo del suelo

Carbono en las raíces finas

Cuadro 29 Carbono en raíces finas del bosque primario remanente a diferentes profundidades (tC/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	2,58
-20	0,75
-30	0,42
-40	0,3
-50	0,2
-60	0,14
-70	0,1
-80	0,18
-90	0,08
-100	0,06
TOT	4,81

Fuente: Elaboración propia.

Bosque Tropical Amazónico
Carbono total en Bosque Primario
Carbono (tC/ha)

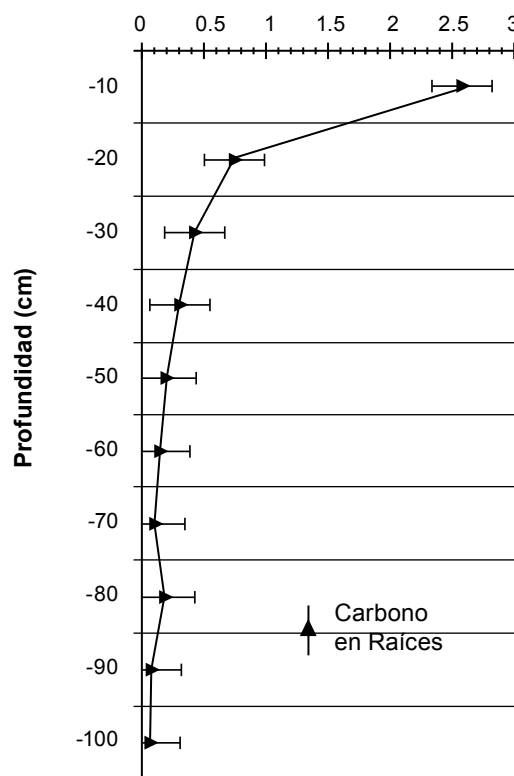


Figura 45 Carbono en raíces finas del bosque primario remanente a diferentes profundidades.

Carbono en el suelo

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 30 y la Figura 46, en este caso

corresponden a la suma de carbono de 0 a 100cm de profundidad.

Cuadro 30 Carbono en el suelo del bosque primario remanente a diferentes profundidades (tC/ha)

Sector	Abejaico	Bellavista	Miguel Grau	Las Palmeras	Nuevo Satipo	Los Olivos	EL Milagro	La Frontera	Rodal E	UNU
Carbono total tC/ha	61,44	90,06	68,26	63,5	72,91	88,86	69,68	69,6	70,83	59,48

Fuente: Elaboración propia.

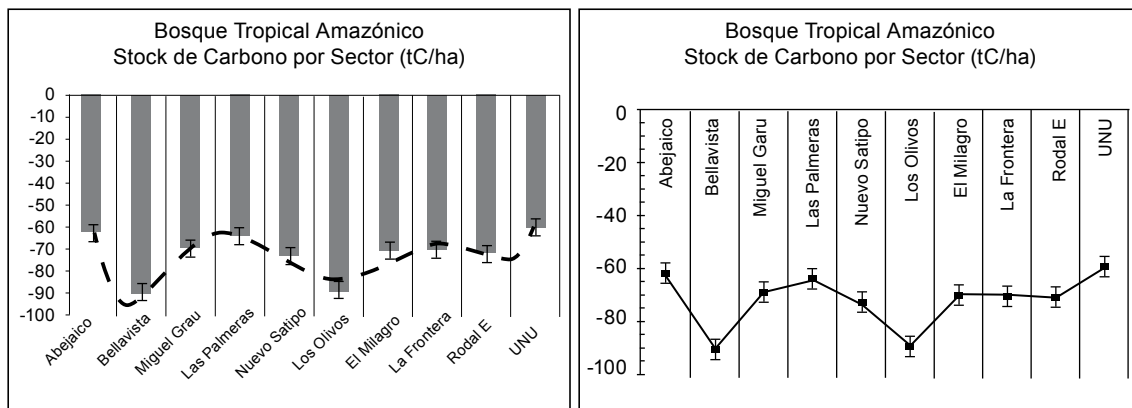


Figura 46 Carbono en el suelo del bosque primario remanente a diferentes profundidades.

4.2.2 Carbono en el SUT PURMA ALTA

4.2.2.1 Carbono sobre el suelo

El carbono varía de 53,1 a 112,6tC/ha,

(Cuadro 31), la cantidad media de carbono es de 75,8tC/ha.

Cuadro 31 Carbono aéreo total de las purmas altas

Sector	SUT	Depósito (tC/ha)			Carbono total (tC/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
El Milagro	Purma alta	44,1	0,9	10,5	55,5
La Frontera	Purma alta	97,4	0,8	14,4	112,6
Los Olivos	Purma alta	74,0	1,1	12,4	87,5
Miguel Grau	Purma alta	72,2	0,5	8,2	81,0
Rodal-E	Purma alta	27,9	1,8	23,4	53,1
UNU	Purma alta	41,4	2,2	21,7	65,3
Promedio		59,5	1,2	15,1	75,8

Fuente: Elaboración propia.



4.2.2.2 Carbono debajo del suelo
Carbono en las raíces finas

Cuadro 32 Carbono en raíces en purma alta a diferentes profundidades (tC/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	1,95
-20	0,43
-30	0,2
-40	0,15
-50	0,2
-60	0,09
-70	0,07
-80	0,07
-90	0,04
-100	0,06
TOT	3,26

Fuente: Elaboración propia.

Bosque Tropical Amazónico
Carbono total en Purma Alta

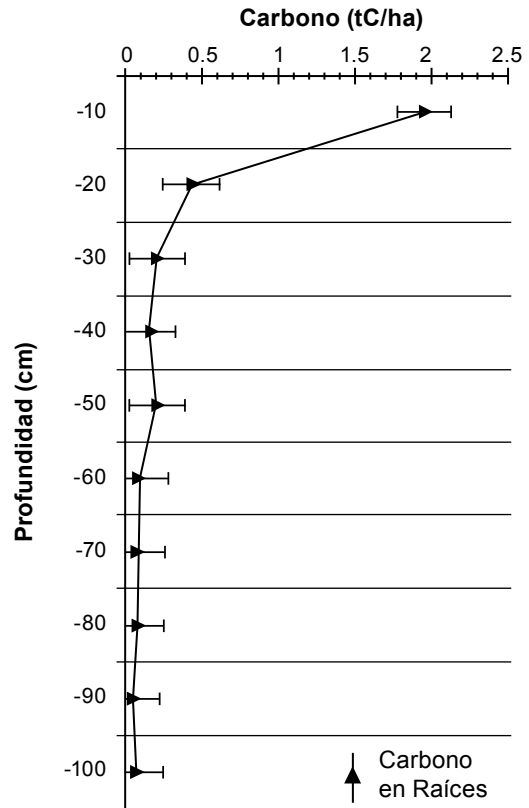


Figura 47 Carbono en raíces finas en purma alta a diferentes profundidades.

Carbono en el suelo

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 33 y Figura 48 que corresponden

a la suma de carbono de 0 a 100cm de profundidad.

Cuadro 33 Carbono en el suelo en purma alta (tC/ha)

Sector	Miguel Grau	Los Olivos	EL Milagro	La Frontera	Rodal E	UNU
Carbono total tC/ha	63,05	51,34	63,55	63,5	102,78	82,25

Fuente: Elaboración propia

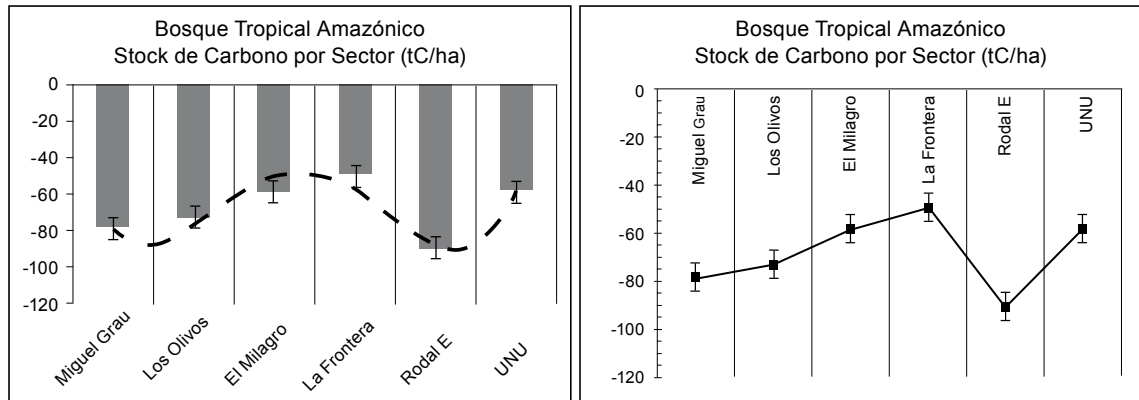


Figura 48 Carbono en el suelo en purma alta.

4.2.3 Carbono en el SUT PURMA BAJA

(Cuadro 34), la cantidad media de carbono es de 21,2tC/ha.

4.2.3.1 Carbono sobre el suelo

El carbono varía de 11,0 a 54,5tC/ha,

Cuadro 34 Carbono aéreo total de las purmas bajas

Sector	SUT	Depósito (tC/ha)			Carbono total (tC/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
El Milagro	Purma baja	3,6	1,3	49,6	54,5
La Frontera	Purma baja	1,7	4,6	8,0	14,4
Los Olivos	Purma baja	5,7	1,6	7,4	14,8
Miguel Grau	Purma baja	8,2	1,2	3,0	12,4
Rodal-E	Purma baja	5,3	1,1	4,6	11,0
UNU	Purma baja	5,6	2,5	12,0	20,0
Promedio		5,0	2,1	14,1	21,2

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3.2 Carbono debajo del suelo

Carbono en la biomasa de raíces

Cuadro 35 Carbono en raíces finas en purma baja a diferentes profundidades (tC/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	1,46
-20	0,46
-30	0,28
-40	0,2
-50	0,12
-60	0,12
-70	0,13
-80	0,06
-90	0,07
-100	0,05
TOT	2,95

Fuente: Elaboración propia.

Bosque Tropical Amazónico

Carbono total en Purma Baja

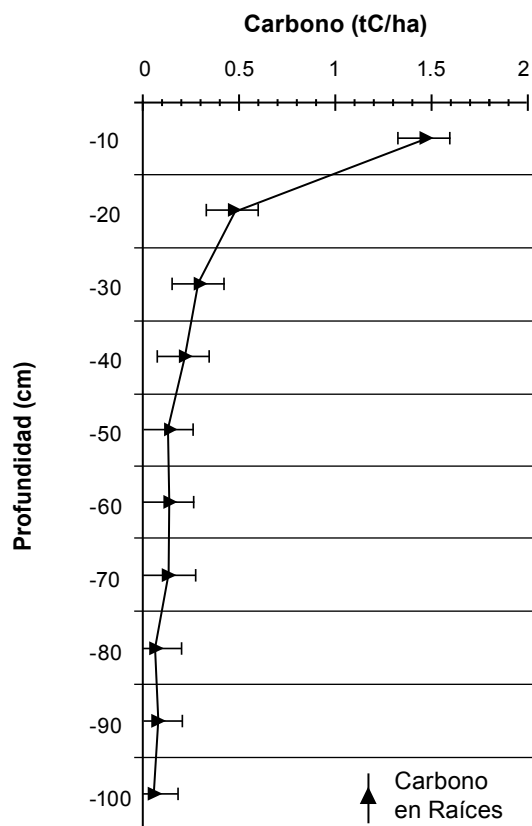


Figura 49 Carbono en raíces finas en purma baja a diferentes profundidades.



Carbono en el suelo

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 36 y Figura 50 que corresponden

a la suma de carbono de 0 a 100cm de profundidad.

Cuadro 36 Carbono en el suelo en purma baja a diferentes profundidades (tC/ha)

Sector	Miguel Grau	Los Olivos	EL Milagro	La Frontera	Rodal E	UNU
Carbono total tC/ha	78,3	72,8	58,1	48,6	90,6	58,2

Fuente: Elaboración propia

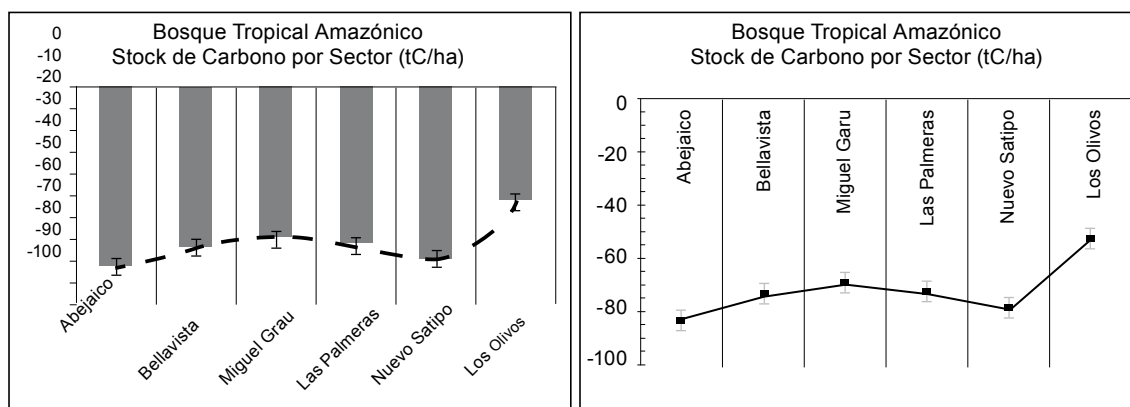


Figura 50 Carbono en el suelo en purma baja a diferentes profundidades.

4.2.4 Carbono en el SUT PALMA ACEITERA

El carbono varía de 9,6 a 17,4tC/ha, (Cuadro 37), la cantidad media de carbono es de 14,4tC/ha.

4.2.4.1 Carbono sobre el suelo

Cuadro 37 Carbono aéreo total en palma aceitera

Sector	SUT	Depósito (tC/ha)			Carbono total (tC/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
Abejaico	Palma A	5,8	0,7	10,1	16,6
Bellavista	Palma A	7,1	0,3	5,5	12,9
Los Olivos	Palma A	10,9	0,7	5,2	17,0
Miguel Grau	Palma A	7,2	0,2	5,3	12,8
Las Palmeras	Palma A	10,7	0,2	6,5	17,4
Nuevo Satipo	Palma A.	5,2	0,8	3,6	9,6
Promedio		7,8	0,5	6,0	14,4

Fuente: Elaboración propia.

4.2.4.2 Carbono debajo del suelo
Carbono en la biomasa de raíces

Cuadro 38 Carbono en raíces en palma aceitera a diferentes profundidades (tC/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	2,57
-20	0,61
-30	0,49
-40	0,30
-50	0,26
-60	0,13
-70	0,20
-80	0,09
-90	0,07
-100	0,04
TOT	4,76

Fuente: Elaboración propia.

Bosque Tropical Amazónico
Carbono total en Palma Aicetera

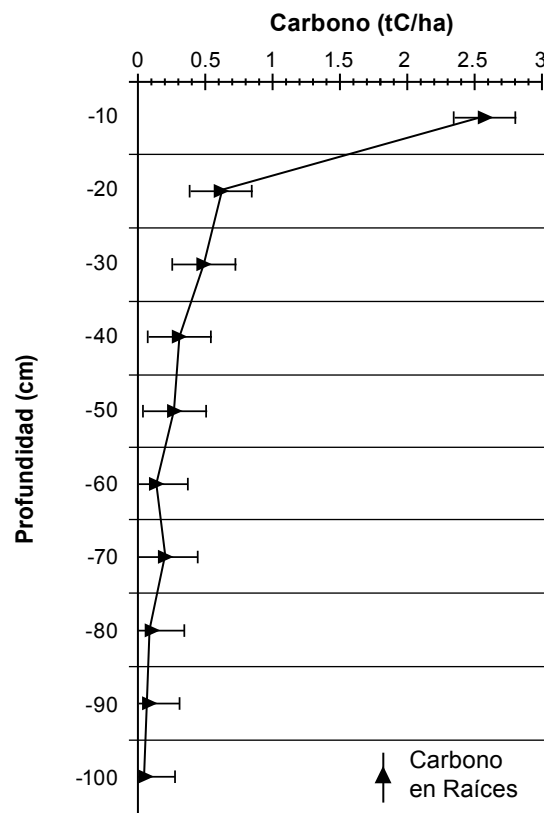


Figura 51 Carbono en raíces en palma aceitera diferentes profundidades.

Carbono en el suelo

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 39 y Figura 52 que corresponde a la suma de carbono 0 a 100cm de profundidad.

Cuadro 39 Carbono en el suelo en palma aceitera a diferentes profundidades (tC/ha)

Sector	Abejaico	Bellavista	Miguel Grau	Las Palmeras	Nuevo Satipo	Los Olivos
Carbono total tC/ha	83,24	73,76	69,72	72,88	79,08	52,55

Fuente: Elaboración propia

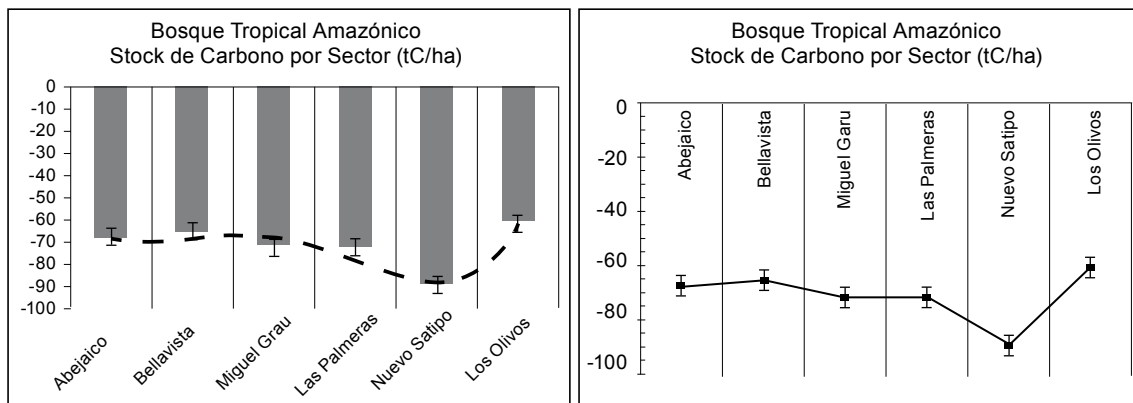


Figura 52 Carbono en el suelo de palma aceitera diferentes profundidades.



4.2.5 Carbono en el SUT PASTIZALES

(Cuadro 40), la cantidad media de carbono es de 21,4 tC/ha.

4.2.5.1 Carbono sobre el suelo

El carbono varía de 2,3 a 45,6 tC/ha,

Cuadro 40 Carbono aéreo total en palma aceitera

Sector	SUT	Depósito (tC/ha)			Carbono total (tC/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
Abejaico	Pastizal	0,6	5,4	2,8	8,8
Bellavista	Pastizal	-	0,8	50,2	51,0
Los Olivos	Pastizal	-	0,4	9,2	9,6
Miguel Grau	Pastizal	-	0,5	45,1	45,6
Las Palmeras	Pastizal	-	1,2	9,8	11,0
Nuevo Satipo	Pastizal	-	1,2	1,2	2,3
Promedio		0,6	1,6	19,7	27,5

Fuente: Elaboración propia.

4.2.5.2 Carbono debajo del suelo

Carbono en la biomasa de raíces

Cuadro 41 Carbono en raíces finas en pastizales a diferentes profundidades (tC/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
-10	2,27
-20	0,47
-30	0,25
-40	0,11
-50	0,13
-60	0,07
-70	0,06
-80	0,11
-90	0,04
-100	0,03
TOT	3,54

Fuente: Elaboración propia.

Bosque Tropical Amazónico

Carbono total en Pastizales

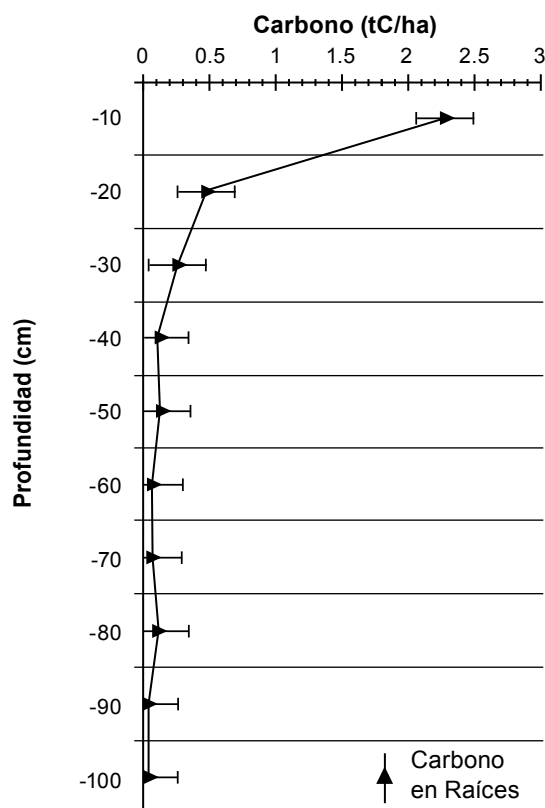


Figura 53 Carbono en raíces en pastizales a diferentes profundidades.

Carbono en el suelo

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 42 y la Figura 54 que corresponden

a la suma de carbono de 0 a 100cm de profundidad.

Cuadro 42 Carbono en el suelo en pastizales a diferentes profundidades (tC/ha)

Sector	Abejaico	Bellavista	Miguel Grau	Las Palmeras	Nuevo Satipo	Los olivos
Carbono total tC/ha	67,27	65,27	71,8	71,61	88,98	61,1

Fuente: Elaboración propia.

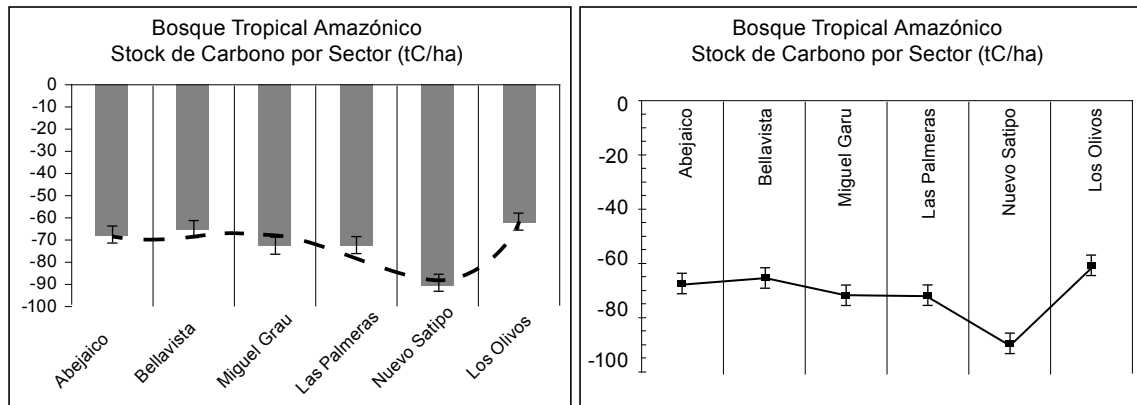


Figura 54 Carbono en el suelo de pastizales a diferentes profundidades.

4.2.6 Carbono en el SUT CULTIVOS

(Cuadro 43), la cantidad media de carbono es de 16,9tC/ha.

4.2.6.1 Carbono sobre el suelo

El carbono varía de 2,3 a 45,6tC/ha,

Cuadro 43 Carbono aéreo total en cultivos

Sector	SUT	Depósito (tC/ha)			Carbono total (tC/ha)
		Arbóreo	Arbustivo herbáceo	Hojarasca y madera muerta	
El Milagro	Cultivos	2,3	1,0	20	23,3
La Frontera	Cultivos	4,6	1,7	5,1	11,4
Los Olivos	Cultivos	2,5	0,9	3,8	7,2
Miguel Grau	Cultivos	3,7	0,9	10,2	14,7
Rodal-E	Cultivos	2,5	1,6	10,2	14,7
UNU	Cultivos	7,6	0,1	9,4	17,1
Promedio		3,9	1,0	12,0	17,4

Fuente: Elaboración propia.



4.2.6.2 Carbono debajo del suelo Carbono en las raíces finas

Cuadro 44 Carbono en raíces finas de cultivos a diferentes profundidades (tC/ha)

Profundidad (cm)	Biomasa total en las raíces tC/ha
0 10	0,59
10 20	0,41
20 30	0,2
30 40	0,2
40 50	0,13
50 60	0,1
60 70	0,06
70 80	0,06
80 90	0,05
90 100	0,03
TOT	1,83

Fuente: Elaboración propia.

Bosque Tropical Amazónico Carbono total en Cultivos Carbono (tC/ha)

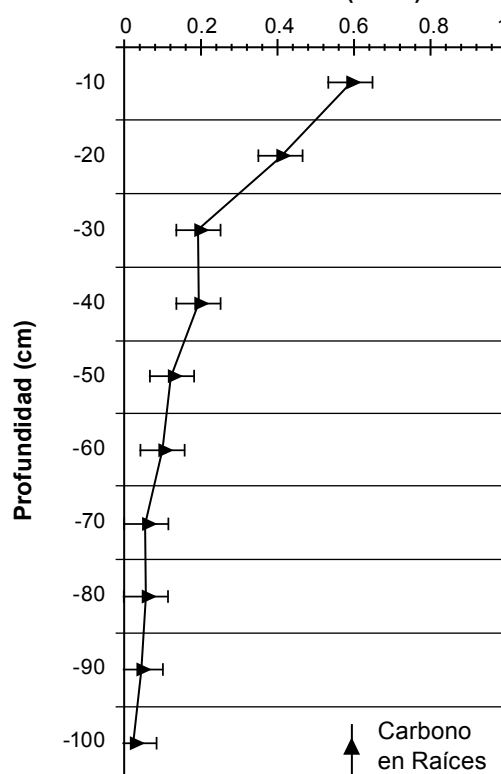


Figura 55 Carbono en raíces finas de cultivos a diferentes profundidades.

Carbono en el suelo

Los resultados se pueden observar en el Cuadro 45 y la Figura 54 que corresponde

a la suma de carbono 0 a 100cm de profundidad.

Cuadro 45 Carbono en el suelo de cultivos (tC/ha)

Sector	Miguel Grau	Los Olivos	El Milagro	La Frontera	Rodal E	UNU
Carbono total tC/ha	65,06	77,61	75,65	68,32	84,43	57,57

Fuente: Elaboración propia

Carbono total cultivos (tC/ha)

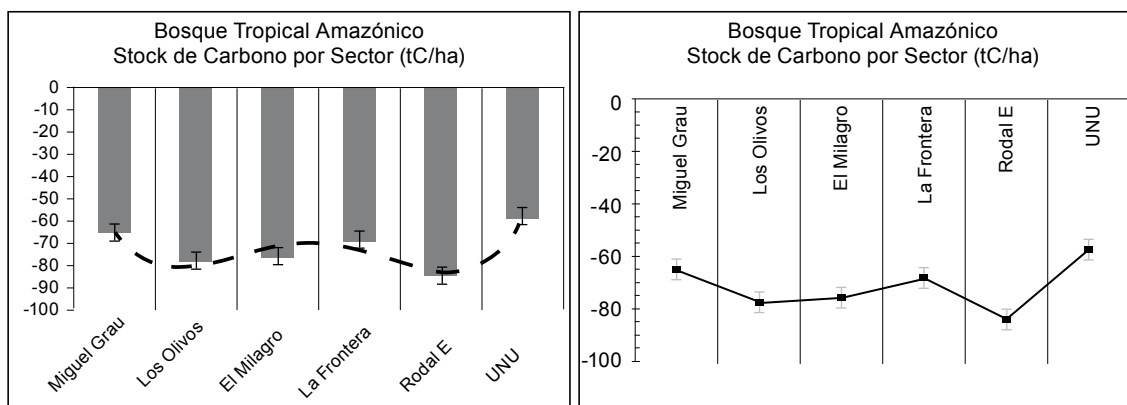


Figura 56 Carbono en el suelo de cultivos a diferentes profundidades.

En el Cuadro 46 y la Figura 57 podemos observar los datos consolidados a nivel de la capacidad total de almacenamiento de carbono por cada depósito estudiado y

por cada sistema de uso de la tierra, cifras que serán, la base para la discusión de resultados.

Cuadro 46 Carbono almacenado a nivel de los cinco depósitos en (tC/ha)

Depósitos de Carbono en tC/Ha (toneladas de Carbono por Hectárea)						
Sistema de Uso de la Tierra	Árboles	Arbustiva Herbácea	Hojarasca Mad Muert	Raíces Finas	Suelo	Carbono Stock (tC/ha)
Bosque Primario R.	121,5	1,0	33,6	4,8	71,4	232,3
Purma Alta	59,5	1,2	15,1	3,2	71,0	150,0
Palma Aceitera	7,8	0,5	6,0	4,7	71,8	90,8
Purma Baja	5,0	2,1	14,1	2,9	67,7	91,8
Pasturas	0,6	1,6	19,7	3,5	71,0	96,4
Cultivo	3,9	1,0	12,0	1,8	71,4	90,1
Promedio	33,0	1,2	16,7	3,5	70,7	

Fuente: Elaboración propia

Mientras que en el Cuadro 47, se presenta el reporte consolidado total, en donde se ha colocado el sistema de uso de la tierra

SUT, el propietario, el tamaño del predio, la ubicación, la altitud, el área del predio, datos muy importantes para la planificación.

Reservas totales de Carbono por sistema de Uso de la tierra tC/ha.

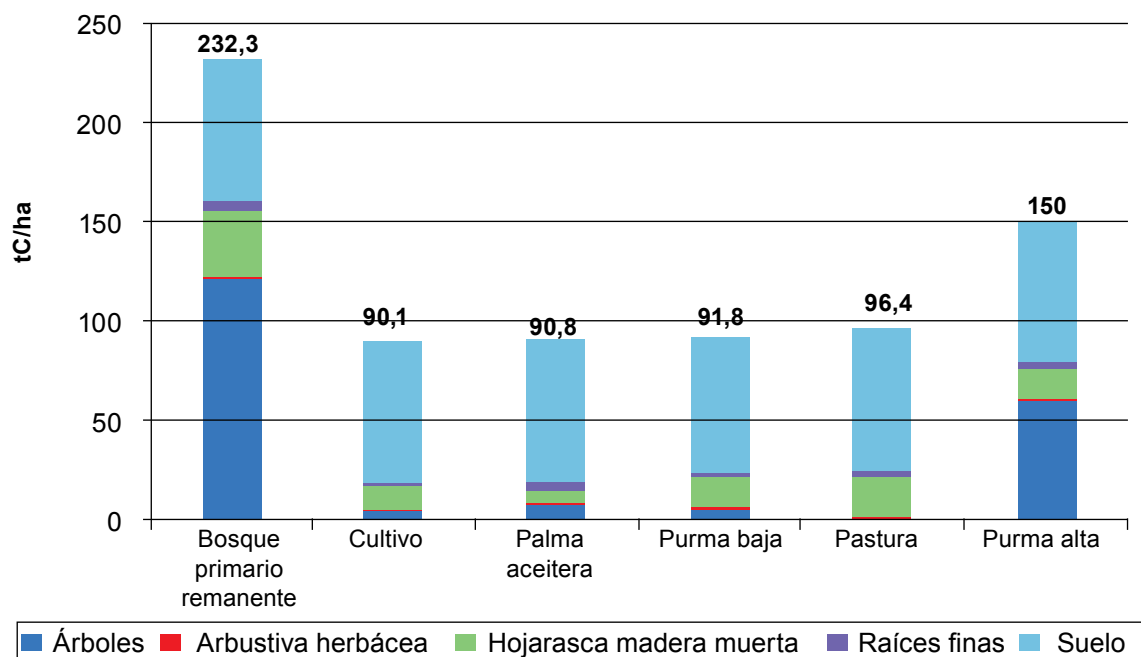


Figura 57 Reservas de carbono por sistema de uso de la tierra.

Reporte Final sobre el carbono Almacenado en los diferentes SUT en tC/ha

Cluster	Plot	Nombre del Propietario	UTM		Altitude (msnm)	Área (ha)	Arborea	Arbustiva herbacea	Hojarasca mad Muent	Raíces	Suelo	Carbon Stock (tC/ha)
			E	N								
Abejaico	Palma Aceitera	Leonardo Rojas Coral	502450	9042089	223	5,0	5,8	0,7	10,1	7,5	83,24	107,34
	Pasturas	Victor Sopla Torres	508300	9039392	231	14,9	0,6	5,4	2,8	4,53	67,97	81,3
	Bosque primario remanente	Mario López Castillo	509460	9037255	236	72,0	11,4	1,3	11,6	2,83	61,44	191,17
Bellavista	Palma Aceitera	Claudio Melgar Condori	491878	9059974	212	3,0	7,1	0,3	5,5	3,52	73,76	90,18
	Pasturas	Rafael Ramírez Reyes	489931	9059342	228	15,1	0	0,8	50,2	6,22	65,27	122,49
	Bosque primario remanente	Gil Diego Puelles	490617	9058417	236	88,2	137,6	1,5	12,2	5,36	90,06	246,72
Miguel Grau	Palma Aceitera	Juan de dios Solano Trinidad	499040	9036449	212	10,7	7,2	0,2	5,3	3,34	69,72	85,76
	Pasturas	Eber Trujillo Aquino	491824	9036036	216	9,6	0	0,5	45,1	3,36	71,8	120,76
	Bosque primario remanente	Jairo Venancio Sandoval	489238	9040781	231	29,3	117,1	1,5	4,9	3,5	68,26	195,26
	Cultivo	Jairo Venancio Sandoval	489814	9041224	214	1,3	3,7	0,9	10,2	1,163	65,06	81,023
	Purma Baja	Jairo Venancio Sandoval	489882	9041147	218	1,1	8,2	1,2	3	3,004	78,3	93,704
	Purma Alta	Jairo Venancio Sandoval	489636	9041300	218	3,8	72,2	0,5	8,2	1,066	63,05	145,016
Las Palmeras	Palma Aceitera	Teresa Ríos Delgado	511085	9053890	193	6,1	10,7	0,2	6,5	7,406	72,88	97,686
	Pasturas	Paco Ribera	513197	9047387	190	6,2	0	1,2	9,8	2,6361	71,61	85,2461
	Bosque primario remanente	Paco Ribera	513697	9047006	213	45,4	124,2	1,9	32,5	3,8934	63,5	225,9934
Nuevo Satipo	Palma Aceitera	Héctor Soto Calderón	493284	9058316	190	5,1	5,2	0,8	3,6	5,4697	79,08	94,1497
	Pasturas	Lenin Tello Trujillo	492817	9057763	203	9,7	0	1,2	1,2	1,2297	88,98	92,8297
	Bosque primario remanente	Donato Estela Montesino	488284	9054731	204	23,0	142,4	0,6	14,4	6,5135	72,91	236,8235
Los Olivos	Palma Aceitera	Héctor Ore Orbazo	499879	9049176	200	21,1	10,9	0,7	5,2	1,3574	53,52	71,6774
	Pasturas	Juan Delgado Lino	494268	9050390	201	80,1	0	0,4	9,2	3,3646	61,1	74,0646
	Bosque primario remanente	Reinero Sánchez	491994	9050755	213	5,4	69,9	0,2	25,5	6,837	88,86	191,2972
	Cultivo	Mauro Canayo	489764	9049600	206	2,3	2,5	0,9	3,8	3,442	77,61	88,252
	Purma Baja	Reinero Sánchez	492263	9050537	197	3,4	5,7	1,6	7,4	2,792	72,79	90,282
	Purma Alta	David Espejo Vásquez	489692	9049515	211	10,6	74	1,1	12,4	4,795	51,34	143,635
El Milagro	Cultivo	Wilson Tapullima M.	493956	9029283	232	0,5	2,3	1	20	1,891	75,65	100,841
	Purma Baja	Wilson Tapullima M.	493926	9029328	235	4,8	3,6	1,3	49,6	1,898	58,13	114,528
	Purma Alta	Segundo Anaguari F.	494205	9028824	230	10,3	44,1	0,9	10,5	2,565	63,55	121,615
La Frontera	Cultivo	Beltrán Tapullima Tuanama	506736	9039694	218	4,1	4,6	1,7	5,1	1,077	68,32	80,797
	Purma Baja	Beltrán Tapullima Tuanama	506344	9039527	215	4,2	1,7	4,6	8	2,092	58,13	74,522
	Purma Alta	Hermenegildo Campos	507039	9037861	231	8,9	97,4	0,8	14,4	4,409	63,55	180,559
Rodal-E	Cultivo	Mauro Paima Romero	495259	9020845	248	2,1	2,5	1,6	23,7	4,035	84,43	116,265
	Purma Baja	Mauro Paima Romero	495085	9020781	240	2,8	5,3	1,1	4,6	3,357	90,6	104,957
	Purma Alta	Marcial Sánchez	495082	9020931	244	1,3	27,9	1,8	23,4	3,014	102,78	158,894
UNU	Cultivo	Gaudencio Campos	499178	9019437	215	3,8	7,6	0,1	9,4	1,292	57,57	75,962
	Purma Baja	Juan Vargas Díaz	498597	9019807	216	3,5	5,6	2,5	12	4,808	58,27	83,178
	Purma Alta	Juan Vargas Díaz	497581	9019767	226	12,5	41,4	2,2	21,7	1,857	82,25	149,407

Cuadro 47 Reservas totales de Carbono por SUT y por Depósitos (tC/ha)





4.3 Análisis e interpretación

Para determinar el patrón de cambios en el stock del carbono, se realizaron comparaciones, sobre la dinámica del bosque tropical.

Comparación de totales en dos periodos muestrales 2001 y 2011

Se pretende hacer una evaluación sobre el stock total de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra (Cuadro 48). Para ello se está tomando en cuenta los resultados de la evaluación realizada en el año 2001 por Alegre et al y se relaciona estos valores con la evaluación actual.

Cuadro 48 Carbono total en la evaluación 2001 y 2011

Depósito	Arbórea tC/ha		Arbustiva Herbácea tC/ha		Hojarasca y Mad. Muerta tC/ha		Raíces Finas tC/ha		Suelo tC/ha		Total tC/ha	
	2001	2011	2001	2011	2001	2011	2001	2011	2001	2011	2001	2011
SUT												
Bosque Prim. R	155,89	121,5	0,77	1,00	2,03	33,60	3,70	4,81	85,51	71,47	247,90	232,38
Purma Alta	134,44	59,5	2,46	1,2	3,17	15,10	0,48	3,26	124,24	71,08	264,78	150,14
Palma Aceitera	0,00	7,8	41,38	0,5	4,60	6,00	1,11	4,76	103,91	71,87	151,00	90,93
Purma Baja	14,67	5,0	2,03	2,1	4,33	14,1	2,13	2,95	35,69	67,77	58,86	91,92
Pasturas	0,00	0,6	2,69	1,6	0,76	19,7	3,04	3,54	64,98	71,01	71,47	96,45
Cultivo	6,89	3,9	8,98	1,00	2,21	12,00	3,53	1,83	71,20	71,44	92,81	90,17
Promedio	51,98	33,05	9,72	1,23	2,85	16,75	2,33	3,53	80,92	70,77	147,80	125,33

Fuente: Elaboración propia.

Para ello se han tenido que asumir algunas variables y compararlo a nivel de totales, debido a que solo se cuenta con esos datos para el año 2001. Se puede observar que en cuanto a los resultados totales de almacenamiento de carbono difieren en cuanto al promedio por SUT siendo menor en 12,34% para el año 2011, lo cual nos indica una pérdida de biomasa y carbono almacenado. Se evidencian disminuciones en la evaluación 2011, en cuanto al componente arbóreo en 36,41%, arbustiva herbácea en 87,34% y carbono en el suelo en 12,54%. y un aumento en cuanto a los depósitos en hojarasca y madera muerta 587,7%, lo que estaría por la dinámica de crecimiento del bosque y el área sin intervención por 20 años y a nivel de raíces finas en 151,5% en todos los SUT a excepción de cultivos.

Evaluación transversal 2011

4.3.1 Análisis gráfico

Se trata de explicar gráficamente como se produce el movimiento del carbono en cada depósito de cada sistema de uso de la tierra. Se puede observar que en el componente arbóreo sufre una gran pérdida de carbono cuando es cambiado de sistema de uso de la tierra SUT, en el caso del carbono en el depósito suelo se mantiene aparentemente estable a pesar de los diferentes sistemas de uso de la tierra. En el caso de la hojarasca pierde significativamente su valor cuando no está en el SUT bosque primario remanente pero en los demás estadios mantiene valores estables, en el caso de raíces finas y arbustiva - herbácea tienen un comportamiento similar y no evidencia diferencias significativas en los diferentes estadios. (Cuadro 48).



Patrón de cambios del Carbono almacenado, comparando depósitos con sistemas de uso de la tierra

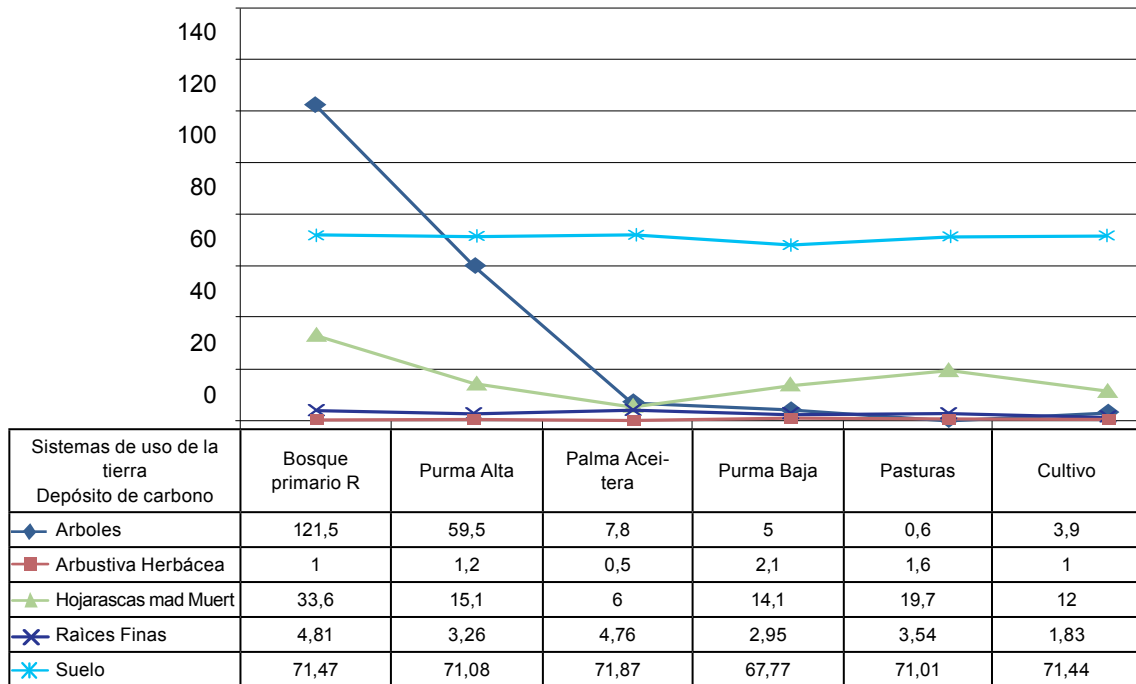


Figura 58 Patrón de cambios de almacenamiento de Carbono a nivel de depósitos y SUT.

4.3.2 Análisis estadístico

Para desarrollar el análisis estadístico vamos a usar la prueba de Dunnett, esta prueba requiere como paso previo al análisis estadístico, realizar tres pruebas; aditividad, normalidad y homogeneidad.

- a. La aditividad,
- b. La normalidad, mediante la prueba de Normalidad.
- c. La homogeneidad, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

a) La aditividad, se prueba desde el momento que las variables pueden ser sumadas, como es el caso de estas variables de estudio.

b) Prueba de Normalidad, se desarrollarán las siguientes pruebas de hipótesis para un nivel de significancia de 0,05.

1. H0: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa arbórea tiene una distribución normal
H1: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa arbórea no tiene una distribución normal

2. H0: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas tiene una distribución normal

H1: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas no tiene una distribución normal

3. H0: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca tiene una distribución normal

H1: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca no tiene una distribución normal

4. H0: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa de raíces tiene una distribución normal

H1: La cantidad de carbono almacenado en la biomasa de raíces no tiene una distribución normal

5. H0: La cantidad de carbono almacenado en el suelo tiene una distribución normal

H1: La cantidad de carbono almacenado en el suelo no tiene una distribución normal

6. H0: La cantidad total de carbono almacenado tiene una distribución normal
 H1: La cantidad total de carbono almacenado no tiene una distribución normal

Cuadro 49 Análisis de normalidad de distribución

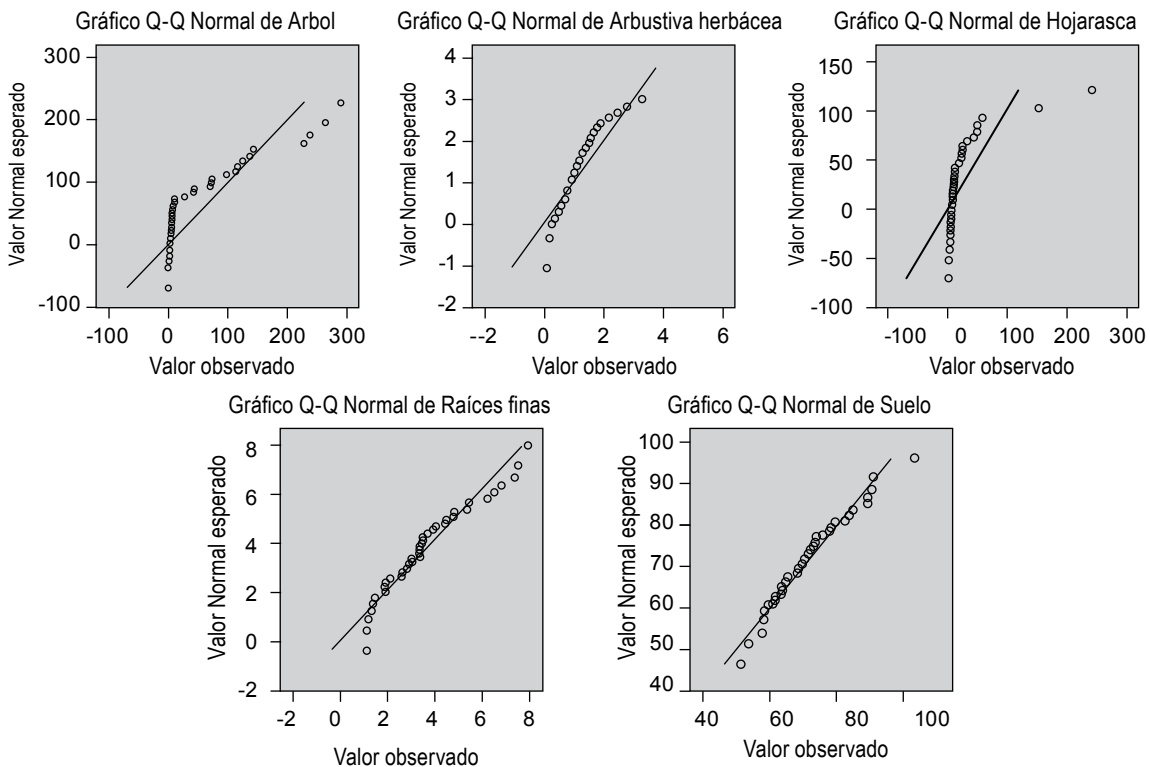
Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

N		Arbol	Arbustiva herbácea	Hojarasca	Raíces finas	suelo	Carbón Stock
		40	40	40	38	40	40
Parámetros normales (a,b)	Media	54,5475	1,3425	24,5375	3,6645	71,1253	155,0341
	Desviación típica	80,76167	1,11007	43,80588	1,9062	11,40644	114,36758
Diferencias más extremas	Absoluta	0,306	0,183	0,316	0,135	0,113	0,237
	Positiva	0,306	0,183	0,316	0,135	0,113	0,237
	Negativa	-0,25	-0,132	-0,297	-0,086	-0,067	-0,233
Z de Kolmogorov_ Smirnov		1,933	1,159	2	0,835	0,714	1,499
Sig. asintót (bilateral)		0,001	0,136	0,001	0,488	0,688	0,022

- a. La distribución de contraste es lo Normal.
 b. Se han calculado a partir de los datos.

Como se puede observar, existen evidencias estadísticas para rechazar las hipótesis planteadas 1,3 y 6 a un nivel de significancia de 0,05. Por ende, la cantidad de carbono almacenado en la biomasa arbórea no tiene una distribución normal, ocurriendo lo mismo con la cantidad de carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca, así como en la cantidad total de carbono almacenado. la cantidad de carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca, así como en la cantidad total de carbono almacenado.

Gráfico de Normalidad





En el gráfico se observa normalidad cuando los puntos están cerca de la línea diagonal de lo contrario no tienen distribución normal.

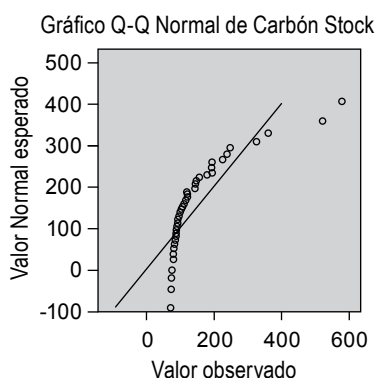
Prueba de normalidad para el stock total de carbono

Cuadro 50 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		Carbón Stock
N		40
Parámetros normales (a,b)	Media	155,0341
	Desviación típica	114,36758
Diferencias más extremas	Absoluta	0,237
	Positiva	0,237
	Negativa	-0,233
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,499
Sig. asintót. (bilateral)		0,022

a. La distribución de contraste es la Normal. b. Se han calculado a partir de los datos.

La variable Stock total de carbono no tiene distribución normal.



Probando la normalidad de las variables transformadas a través de la raíz cúbica:

Cuadro 51 Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

		cubicaarbol1	cubihojar	cubistock
N		40	40	40
Parámetros normales (a,b)	Media	2,737	2,471	5,1613
	Desviación típica	1,96007	1,02504	1,02728
Diferencias más extremas	Absoluta	0,204	0,191	0,199
	Positiva	0,204	0,191	0,199
	Negativa	-0,085	-0,125	-0,162
Z de Kolmogorov-Smirnov		1,29	1,208	1,258
Sig. asintót. (bilateral)		0,072	0,108	0,085

a. La distribución de contraste es la Normal. b. Se han calculado a partir de los datos.



Como se observa la transformación de las variables superó el problema de la falta de Normalidad de las variables Árbol, Hojarasca y Carbono stock.

Para ello partimos de la siguiente hipótesis.

H0: $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_4 = \sigma_5 = \sigma_6$, No hay diferencia entre las variancias

Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el estadístico levenne

H1: Al menos una varianza presenta diferencias

Cuadro 52 Prueba de homogeneidad de varianzas

Variabes	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Arbol	8,383	5	32	0,000
Arbustiva herbácea	1,998	5	32	0,106
Hojarasca	3,427	5	32	0,014
Raices finas	1,952	5	32	0,113
Suelo	1,148	5	32	0,356
Carbón Stock	9,045	5	34	0,0000

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna de que al menos una de las varianzas difiere de las demás En este caso las varianzas de Árbol y hojarasca y stock de carbono.

ello se realizó la prueba de hipótesis para un nivel de significancia de 0,05.

Luego, la comparación de medias para aquellas variables que resultaron no homogéneas se realizará, a través de otro estadístico, en el cual no se suponen las igualdades de varianzas. Una vez cumplido los supuestos procedemos al análisis de comparación de medias, como paso previo se realizó el análisis exploratorio, mediante el análisis de variancias, para

H0: Las medias de las concentraciones de carbono total existente en el bosque primario, purma alta, purma baja, plantaciones de palma aceitera, cultivo anual y pastizales, son iguales.

H1: Al menos una media de la concentración de carbono total existente en el bosque primario, purma alta, purma baja, plantaciones de palma aceitera, cultivo anual y pastizales, es diferente

Cuadro 53 ANOVA

Concentración de carbono total (estandarizado)					
Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	24,881	5	4,976	11,984	0,000000
Intra-grupos	14,119	34	0,415		
Total	39	39			



Entonces, se rechaza la hipótesis planteada, luego al menos una de las concentraciones de carbono total es diferente. Luego de ello, se realizó lo siguiente:

Prueba de comparación de medias para las variables con distribución normal y con varianzas homogéneas mediante el estadístico Dunnet.

Mediante el estadístico de Dunnet para un nivel de significancia de 0.05. Para ello se plantearon las siguientes hipótesis:

1. $H_0: U_1=U_2$; $H_1: U_1>U_2$
Donde
U1: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en el bosque primario remanente
U2: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en palma aceitera
2. $H_0: U_1=U_3$; $H_1: U_1>U_3$
Donde
U1: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en el bosque primario remanente
U3: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en pasturas
3. $H_0: U_1=U_4$; $H_1: U_1>U_4$
Donde
U1: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en el bosque primario remanente
U4: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en purma alta
4. $H_0: U_1=U_5$; $H_1: U_1>U_5$
Donde
U1: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en el bosque primario remanente
U5: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en purma baja
5. $H_0: U_1=U_6$; $H_1: U_1>U_6$
Donde
U1: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en el bosque primario remanente
U6: Media del carbono almacenado en la biomasa de arbustos y herbáceas en cultivo
6. $H_0: U_7=U_8$; $H_1: U_7>U_8$
Donde
U7: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en el bosque primario remanente
U8: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en palma aceitera
7. $H_0: U_7=U_9$; $H_1: U_7>U_9$
Donde
U7: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en el bosque primario remanente
U9: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en pasturas
8. $H_0: U_7=U_{10}$; $H_1: U_7>U_{10}$
Donde
U7: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en el bosque primario remanente
U10: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en purma alta
9. $H_0: U_7=U_{11}$; $H_1: U_7>U_{11}$
Donde
U7: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en el bosque primario remanente
U11: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en purma baja
10. $H_0: U_7=U_{12}$; $H_1: U_7>U_{12}$



Donde U7: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en el bosque primario remanente U12: Media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en cultivo	13.H0: U13=U16; H1: U13>U16 Donde U13: Media del carbono almacenado en suelo en el bosque primario remanente U16: Media del carbono almacenado en suelo en purma alta
11.H0: U13=U14; H1: U13>U14 Donde U13: Media del carbono almacenado en suelo en el bosque primario remanente U14: Media del carbono almacenado en suelo en palma aceitera	14.H0: U13=U17; H1: U13>U17 Donde U13: Media del carbono almacenado en suelo en el bosque primario remanente U17: Media del carbono almacenado en suelo en purma baja
12.H0: U13=U15; H1: U13>U15 Donde U13: Media del carbono almacenado en suelo en el bosque primario remanente U15: Media del carbono almacenado en suelo en pastura	15.H0: U13=U18; H1: U13>U18 Donde U13: Media del carbono almacenado en suelo en el bosque primario remanente U18: Media del carbono almacenado en suelo en cultivo

Cuadro 54 Prueba estadística: Comparaciones Múltiples con t de Dunnett ((<control)

Variable dependiente	(I) Sistema de uso de tierra numérico	(J) Sistema de uso de tierra numérico	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite superior
Arbustiva herbácea	Palma aceitera	Bosque Primario	-0,86667	0,57102	0,228	0,4773
	Pasturas	Bosque Primario	0,23333	0,57102	0,941	1,5773
	Purma Alta	Bosque Primario	-0,13333	0,57102	0,782	1,2107
	Purma Baja	Bosque Primario	0,7	0,57102	0,995	2,044
	Cultivo	Bosque Primario	-0,31667	0,57102	0,651	1,0273
Raíces finas	Palma aceitera	Bosque Primario	-0,30222	0,915	0,746	1,8514
	Pasturas	Bosque Primario	-1,47434	0,915	0,198	0,6793
	Purma Alta	Bosque Primario	-2,11674	0,915	0,054	0,0369
	Purma Baja	Bosque Primario	-2,0759	0,915	0,06	0,0777
	Cultivo	Bosque Primario	-2,91774(*)	0,915	0,007	-0,7641
Suelo	Palma aceitera	Bosque Primario	-0,25958	6,78081	0,867	16,2194
	Pasturas	Bosque Primario	-0,65208	6,78081	0,828	15,3078
	Purma Alta	Bosque Primario	-0,68708	6,78081	0,827	15,2728
	Purma Baja	Bosque Primario	-2,40275	6,78081	0,736	13,5561
	Cultivo	Bosque Primario	-0,33375	6,78081	0,843	15,6261

* La diferencia de medias es significancia al nivel 0,05.

a las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Como se puede observar en el cuadro, la media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en cultivo es menor a la media del carbono almacenado en la biomasa de raíces finas en el bosque primario a un nivel de significancia de 0,05.



No habiendo evidencias estadísticas para afirmar que las otras medias difieran en sus promedios. Luego de ello, se realizó lo siguiente:

Prueba de comparación de medias para las variables estandarizadas con varianzas heterogéneas mediante el estadístico T3 de Dunnet.

Esta prueba para los reservorios de carbono en biomasa arbórea y biomasa muerta y hojarasca. Se utilizó el estadístico T3 de Dunnet para un nivel de significancia de 0,05. Se plantearon las siguientes hipótesis:

1. $H_0: U_1=U_2$; $H_1: U_1 \neq U_2$

Donde

U1: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario

U2: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en palma aceitera

2. $H_0: U_1=U_3$; $H_1: U_1 \neq U_3$

Donde

U1: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario

U3: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en pastura

3. $H_0: U_1=U_4$; $H_1: U_1 \neq U_4$

Donde

U1: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario

U4: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en purma alta

4. $H_0: U_1=U_5$; $H_1: U_1 \neq U_5$

Donde

U1: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario

U5: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en purma baja

5. $H_0: U_1=U_6$; $H_1: U_1 \neq U_6$

Donde

U1: Media del carbono almacenado en la

biomasa arbórea en el bosque primario
U6: Media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en cultivo

6. $H_0: U_7=U_8$; $H_1: U_7 \neq U_8$

Donde

U7: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en el bosque primario remanente

U8: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en palma aceitera

7. $H_0: U_7=U_9$; $H_1: U_7 \neq U_9$

Donde

U7: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en el bosque primario remanente

U9: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en pastura

8. $H_0: U_7=U_{10}$; $H_1: U_7 \neq U_{10}$

Donde

U7: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en el bosque primario remanente

U10: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en purma alta

9. $H_0: U_7=U_{11}$; $H_1: U_7 \neq U_{11}$

Donde

U7: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en el bosque primario remanente

U11: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en purma baja

10. $H_0: U_7=U_{12}$; $H_1: U_7 \neq U_{12}$

Donde

U7: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en el bosque primario remanente

U12: Media del carbono almacenado en la biomasa muerta y hojarasca en cultivo

**Cuadro 55** Comparaciones múltiples: Tabla resumen T3 de Dunnett

Variable dependiente	(I) Sistema de uso de tierra numérico	(J) Sistema de uso de tierra numérico	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
Cúbica: Arbol	Palma aceitera	Bosque Primario	-3,48833(*)	0,27273	0,0000000	-4,4759	-2,5008
	Pasturas	Bosque Primario	-5,31500(*)	0,29516	0,0000000	-6,3448	-4,2852
	Purma Alta	Bosque Primario	-1,61833(*)	0,35133	0,006	-2,8369	-0,3998
	Purma Baja Cultivo	Bosque Primario	-3,78000(*)	0,28456	0,0000000	-4,7862	-2,7738
Cúbica Hojarazca	Palma aceitera	Bosque Primario	-1,52	0,46435	0,097	-3,2429	0,2029
	Pasturas	Bosque Primario	-0,99333	0,63672	0,82	-3,2134	1,2267
	Purma Alta	Bosque Primario	-0,865	0,47594	0,663	-2,5964	0,8664
	Purma Baja Cultivo	Bosque Primario	-1,15167	0,55936	0,503	-3,08	0,7766
			-1,13	0,50362	0,4	-2,9051	0,6451

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05.

Como se evidencia estadísticamente, la media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario remanente difiere de la media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en palma aceitera, para un $p < 0,0001$

Resultados similares nos dicen que, la media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario difiere de las medias del carbono almacenado en la biomasa arbórea en pastura, purma baja y cultivo, todas para un $p < 0,0001$

Por otro lado, se encuentran diferencias significativas entre la media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en el bosque primario remanente y la media del carbono almacenado en la biomasa arbórea en purma alta, para un $p < 0,01$

No se evidencian diferencias significativas para las demás combinaciones.

Prueba de comparación de medias para la variable depósito total de carbono, en los diferentes sistemas de uso de la tierra

La prueba de hipótesis a un nivel de significancia de 0,05. para ello se plantearon las siguientes hipótesis.

- H0: La media del depósito total de carbono en el bosque primario remanente es igual a la media del depósito total de carbono en pastura
H1: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es diferente a la media del depósito total de carbono en pastura
- H0: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es igual a la media del depósito total de carbono en palma aceitera
H1: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es diferente a la media del depósito total de carbono en palma aceitera
- H0: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es igual a la media del depósito total de carbono en purma alta
H1: La media del depósito total de carbono en el bosque primario remanente es diferente a la media del



- depósito total de carbono en purma alta
4. H0: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es igual a la media del depósito total de carbono en purma baja
H1: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es diferente a la media del depósito total de carbono en purma baja
5. H0: La media del depósito total de carbono en el bosque primario remanente es igual a la media del depósito total de carbono en cultivo
H1: La media del depósito total de carbono en el bosque primario es diferente a la media del depósito total de carbono en cultivo

Cuadro 56 Comparaciones múltiples: Prueba Cubistock con T3 de Dunnett

(I) Sistema de uso de tierra numérico	(J) Sistema de uso de tierra numérico	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite superior	Límite inferior
Palma aceitera	Bosque Primario	-2,13333(*)	0,30992	0,0000000	-3,2644	-1,0023
Pasturas	Bosque Primario	-2,06333(*)	0,32636	0,001	-3,2183	-0,9084
Purma Alta	Bosque Primario	-1,32167(*)	0,31302	0,019	-2,4559	-0,1874
Purma Baja	Bosque Primario	-2,09333(*)	0,31351	0,001	-3,2282	-0,9585
Cultivo	Bosque Primario	-2,14667(*)	0,31461	0,0000000	-3,2828	-1,0105

* La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05
Todas son significativas.

Como se puede observar la media del depósito total de carbono en el bosque primario difiere significativamente de la media del depósito total de carbono en purma alta, para un $p < 0,05$.

Similares resultados nos dicen que la media del depósito total de carbono en el bosque primario difiere significativamente de cada una de las medias de los depósitos totales

de carbono en palma aceitera, purma baja ambas para un $p < 0,01$

Por otro lado existen, diferencias altamente significativas entre la media de del depósito total de carbono en el bosque primario y las medias del depósito total de carbono en palma aceitera y cultivo, para un $p < 0,0001$.



5. DISCUSIÓN

5.1 Con respecto a la biomasa

La biomasa de la mayoría de los componentes de las especies aumenta con la edad, sitio, especie y tratamiento, luego se estabiliza con el tiempo. Sin embargo, los patrones de composición florística en la zona de estudio, están determinados, entre otros factores por la presencia de aquellas especies capaces de tolerar suelos compactados o baja fertilidad del suelo y la dominancia de ciertas especies al comenzar la sucesión que pueden inhibir y/o facilitar el arribo de futuras especies colonizadas. (Gayoso *et al.*, 2002; Guevara *et al.*, 1986, citado por Viena, 2010).

Biomasa en el SUT

Bosque primario remanente

Se reporta valores entre 193,6t/ha a 507,8t/ha, el promedio es de 314,7t/ha, los bosques primarios remanentes en el presente estudio, almacenan más biomasa comparando las cifras con otros estudios, además notamos que en la muestra proveniente del “rodal E”, los datos reportados son elevados con respecto al resto y se explicarían porque se trata de un bosque que fue descremado y luego sometido a protección más de 20 años, lo cual ha permitido que el bosque se recupere rápidamente.

Con respecto a las demás muestras, existe variabilidad en las cantidades de biomasa, esto podría explicarse por el grado de intervención de las actividades antropogénicas que generan los propios pobladores de la zona, como lo indica Barbaran (2000) quien determinó la cantidad de 258,4t/ha de biomasa en un bosque primario intervenido en la zona de Sarita Colonia - Pucallpa. Al respecto

Arévalo *et al.* (2003) menciona que en ecosistemas de bosques tropicales la biomasa puede variar entre 150 y 382t/ha. Gayoso *et al.* (2002).

Biomasa en el SUT

Purma alta

Presentan un rango de 113,8 a 228,0t/ha y un promedio de 154,4t/ha comparado con otros estudios, Baldoceda (2001) determinó 205,8t/ha en una purma alta de 10 años en Neshuya–Curimaná. Barbaran (2000) reporta 243,8t/ha, para una purma alta de 15 años, también Alegre *et al.* (2002), determinó 126,1t/ha, en la zona Sarita Colonia–Campo Verde en sistemas de más de 10 años, esta variación en la cantidad almacenada, se explica por actividades antropogénicas generadas por los pobladores, que siempre están haciendo uso de la purma.

Biomasa en el SUT

Purma baja

Presentan entre 23,7 a 110,7t/ha y un promedio de 45,1t/ha; cifras que superan a lo obtenido por Barbaran (2000) que determinó 44,1t/ha en una purma de 3 años ubicada en el sector Sarita Colonia, Pucallpa, en el mismo sector Alegre *et al.* (2002) determinó 20,9t/ha y Baldoceda (2001) reporta 24,1t/ha para una purma de 2 años en el sector Neshuya-Curimaná, en purmas de 4 años determinó 51,4t/ha. Estos resultados superan ampliamente a los obtenidos en la presente investigación, ya que evaluamos purmas de 6 años de edad. Analizando la composición florística de este sistema notamos que la recuperación de las especies es relativamente lenta y depende de muchos factores en concordancia con Guevara *et al.*, 1986, citado por Viena (2010).



Biomasa en el SUT

Palma aceitera (PA)

Presenta rangos de 22,1 hasta 40,3t/ha, y promedio de 33,9t/ha; en la hipótesis planteada; las plantaciones de palma aceitera almacenan más biomasa que los pastizales, sin embargo en el estudio se determinó lo contrario debido en gran parte a que en los pastizales se encontró abundante madera muerta (troncos, ramas y tocones) de árboles que fueron talados u aprovechados al instalar las pasturas, muchas de estas especies son maderas duras, por lo que se conservan en el transcurso de los años (10 años). Mientras que en la palma, debido a las labores culturales de limpieza total en la plantación y al tiempo trascurrido desde la tumba del bosque primario (aproximadamente 30 años), disminuye la cantidad de carbono almacenado en estos depósitos, el incremento de la cantidad de carbono almacenado, podría darse con un mejor manejo agronómico, incorporar compost, producido a partir de los desechos de la producción y las hojas podadas.

Biomasa en el SUT

Pastizal (P)

Se encuentran en un rango de 5,6 a 103,8t/ha y promedio de 44,3t/ha; supera a lo obtenido por Barbaran (2000) que determinó 25,7t/ha en Sarita Colonia y lo obtenido por Alegre *et al.* (2002), con 23,6t/ha para pastizal de 30 años. En pasturas mejoradas determinó 9,1t/ha para Yurimaguas y 6,9t/ha en pastura degradada de Pucallpa. Los valores reportados están en relación directa con los restos de árboles muertos que aún no se han terminado de descomponer, además se nota una adición de árboles que asemejan a un modelo silvopastoril, pero que se ha establecido de manera espontánea debido al abandono y/o manejo inadecuado por parte del productor. También se observa pasto natural en

reemplazo del pasto mejorado instalado inicialmente, lo cual es un índice de degradación del cultivo.

Biomasa en el SUT

Cultivos

Se tiene los rangos de 15,3 a 58,2t/ha, y promedio de 35,6t/ha, la biomasa de los cultivos, podría explicarse en las labores culturales realizadas (limpieza), desde la tumba, rozo y quema del bosque primario remanente, muchas de las especies de densidad alta fueron aprovechadas, dejando como vestigio entre otras, las ramas, tocones y algunos troncos, en el periodo transcurrido aún conservan su durabilidad (aproximadamente 10 años), por lo que la mayor parte de la biomasa lo conforma el depósito madera muerta. Barbaran (2000) reporta valores en yuca de 15,5t/ha, maíz 11,7t/ha y en plátano de 42,4t/ha, para Sarita Colonia, comparado con nuestros resultados existe cierta similitud.

5.2 Con respecto al stock de carbono Carbono en el SUT Bosque primario remanente

Se reporta 232,6tC/ha, que es mayor en comparación con otros estudios, Barbaran (2000) obtuvo 169,8tC/ha en el sector de Sarita Colonia y, Alegre *et al.* (2002) reportaron 173,3tC/ha en Pucallpa, en los trópicos el carbono en sumideros superficiales varía entre 60 y 230tC/ha en bosques primarios, esto debido a que en el estudio se tomo variables como la profundidad de las raíces y el carbono almacenado hasta 1m de profundidad. Además el presente estudio nos permitió demostrar que el carbono total almacenado en los componentes del bosque está reduciéndose, sobre todo del componente arbóreo, debido a la mayor presión ejercida por los pobladores en su aprovechamiento selectivo de madera, además de otros factores tal como lo menciona Finegan



(1992). Variabilidad que se explica en gran parte por las diferencias en diámetro y altura, que tiene cada individuo en cada dosel del bosque, esto demuestra la relación directa entre estas dos variables paramétricas, los que se encuentran en el dosel superior, son árboles maduros, con diámetros mayores de 30cm, por su gran tamaño y grosor de fuste poseen la mayor cantidad de carbono (0,6 a 1tC). En el análisis destacan los sectores de Bellavista y Nuevo Satipo debido a que en estos sectores aún se conservan especies de mucho valor comercial, con densidades medias a altas de la madera. La densidad varía según la especie, tal es el caso del Quillobordón *Aspidosperma subincanum* (0,82g/cm³), Huangana caspi *Sloanea sp.* (0,81g/cm³), Quina quina *Pouteria sp.* (0,78g/cm³), Tamamuri *Brosimum lactescens* (0,66g/cm³), Ucshaquiro *Sclerolobium paniculatum* (0,54g/cm³), Tornillo *Cedrelinga cateniformis* (0,5g/cm³), Caraña *Trattinnickia peruviana* (0,56g/cm³), Carahuasca *Gutteria decurrens* (0,52g/cm³), entre otros.

En cantidades globales, el componente arbóreo almacena el 52,8% (117,5tC/ha) de carbono, esto incluye todos los estratos arbóreos; árboles maduros (>30 cm DAP), fustales (10-30cm DAP), latizales altos (5-10 cm DAP) y latizales bajos (1,5-5cm Diámetro). Por otra parte Alegre *et al.* (2002) Sugieren que la cantidad es 69% (120,3tC/ha) para la zona de Pucallpa. En la vegetación arbustiva herbácea es de 0,4% (1,0tC/ha), comparado con lo obtenido por Alegre *et al.* (2002) 4% (0,7tC/ha). En cuanto a madera muerta es muy variable, un árbol puede “morir en pie” como resultado de agentes bióticos extrínsecos, como sombra por competencia con copias y lianas en estratos superiores, ataques de patógenos, perturbaciones fisiológicas abióticas extrínsecas como rayos, sequía e inundaciones y perturbaciones abióticas como vientos catastróficos. Sin embargo, los factores que causan el desraizado de

los árboles pueden ser similares a las de los árboles quebrados, incluyen características intrínsecas específicas de cada especie (densidad de madera, anclaje de las raíces, arquitectura de los árboles) (Putz *et al.*, 1984). Otro estudio también propone que los modos de mortandad de los árboles están relacionados con la posición en la pendiente: a lo largo de la topografía desde valles hasta las cimas, más árboles mueren “en pie” que desraizados (Chao *et al.*, 2008). En cuanto a la hojarasca y los detritos se reporta (33,9tC/ha), representando el 14,6% del total de carbono, es muy superior a Barbaran (2000) que indica de 1 al 3%, mientras que Asner *et al.*, (2005) sugieren que la hojarasca representa 5–6% del carbono total en bosques de Brasil. Esta variabilidad es debido a la heterogeneidad de especies y la dinámica de crecimiento que existe en los diferentes estratos del bosque, los que contribuyen con la acumulación de hojas y además que las enormes copas de los árboles grandes del dosel superior protegen de escorrentías.

Carbono en el SUT Purma alta

La cantidad media de carbono es de 150,1tC/ha, la cantidad es superior a la reportada por Barbaran (2000) 109,7tC/ha en purmas de 15 años evaluados en la zona Sarita Colonia, Baldoceda (2001) reporta 92,6tC/ha en purmas de 10 años y 79,5tC/ha en purmas de 8 años en Neshuya–Curimaná, Alegre *et al.* (2002) determinó 126,1tC/ha para purmas de 15 años en Pucallpa, Bringas (2010) reporta 102,1tC/ha para una purma de 11 años, mientras que para 9 y 10 años reporta valores de 50,3tC/ha y 74,8tC/ha respectivamente. Iquise (2010) en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, reporta 149,5tC/ha para una purma de 12 años de edad.

En el depósito arbóreo el carbono almacenado es 59,5tC/ha, (78,5% del total), son inferiores a estudios de Alegre



et al. (2002) 121tC/ha para bosques secundarios de 15 años en la zona de Pucallpa y 184,4tC/ha para la zona de Yurimaguas. Bringas (2010) determino 21,6tC/ha, 69,3tC/ha y 94,7tC/ha para bosques secundarios de 9, 10 y 11 años respectivamente, así mismo Iquise (2010) determino 143,2tC/ha para los bosques secundarios de 12 años ambos estudios realizados en la provincia de Leoncio Prado, región Huánuco. El depósito arbustivo-herbáceo almacena 1,2tC/ha (1,6% del carbono total), Alegre *et al.* (2002) determinó 2,2tC/ha para bosques secundarios de 15 años en la zona de Pucallpa y 0,8tC/ha para la zona de Yurimaguas. Bringas (2010) determinó 0,8 tC/ha, 0,2 tC/ha y 0,4 tC/ha para purmas de 9, 10 y 11 años respectivamente, así mismo Iquise (2010) reporta 1,3tC/ha en purmas de 12 años para la provincia Leoncio Prado, región Huánuco. En la hojarasca reporta 5,2 tC/ha (5,2% del total), supera ampliamente a lo determinado por Alegre *et al.* (2002) 2,8tC/ha para bosques secundarios de 15 años en la zona de Pucallpa y 4tC/ha para la zona de Yurimaguas. Bringas (2010) determinó 5,2tC/ha, 5,3tC/ha y 6,9tC/ha para purmas de 9, 10 y 11 años respectivamente, Iquise (2010) determino 4,8tC/ha para purmas de 12 años ambos estudios realizados en la provincia Leoncio Prado, región Huánuco. La madera muerta almacena 9,9tC/ha con un 58,7%, debido al tiempo transcurrido (30 años aproximadamente), mucha de la madera se encuentra en estado de descomposición muy avanzado, por lo que el almacenamiento de carbono se aumenta en los detritos y suelo.

Carbono en el SUT Purma baja

Reporta un valor de 91,92tC/ha, comparado con otros estudios realizados en la Amazonia, superan a lo evaluado por Barbaran (2000) 19,8tC/ha en purmas de 3 años en Sarita Colonia, Pucallpa.

Baldoceda (2001), reporta 10,8tC/ha para purmas de 2 años y 23,1tC/ha en purmas de 4 años en Neshuya-Curimaná. Alegre *et al.* (2002) reporta 20,9tC/ha en purmas de 3 años en Pucallpa, mientras que para Yurimaguas obtuvo 46,9tC/ha para purmas de 5 años de edad y 7,1tC/ha para 3 años. Viena (2010) reporta 15,9 tC/ha para purmas de 5 años en Leoncio Prado.

En el depósito arbóreo es 5tC/ha que representa el 23,6%. Alegre *et al.* (2002) determinó 13,2tC/ha para purmas de 3 años ubicados en Sarita Colonia. Mientras que para la zona de Yurimaguas determinó 2,4tC/ha para purmas de 3 años y 42,1tC/ha para 5 años. Por otro lado Iquise (2010) indica 36,5tC/ha para purmas de 6 años en Leoncio Prado en la región Huánuco. El depósito arbustivo - herbáceo reporta 2,5tC/ha (9,8%), Alegre *et al.*, (2002) reportan 1,9tC/ha para 5 años y 1,2tC/ha para 3 años en Yurimaguas y 1,8tC/ha para Pucallpa. Iquise *et al.* (2010), reportaron 0,6tC/ha en purmas de 6 años en Leoncio Prado, Huánuco. El crecimiento de la vegetación causa el cierre del dosel, disminuyendo la radiación al estrato bajo y eliminando la vegetación herbácea. (Herrera, 2010). El carbono en la hojarasca y detritos en los pastizales almacenan 1,4tC/ha (6,7%) que en su mayoría son especies de la familia Poacea - pastos. La hojarasca almacena 3,1tC/ha (14.% del carbono total), Alegre *et al.*, (2002) reportan 5,9tC/ha para purmas de 3 años en Pucallpa. Además Iquise *et al.*, (2010), determinaron 2,1tC/ha en purmas de 6 años en la provincia de Leoncio Prado. Indudablemente la madera muerta supera a los demás depósitos en cuanto a almacenamiento de carbono en purmas bajas con 51,8% (11tC/ha), esta madera muerta se origina desde la tumba, rozo y quema de un bosque primario intervenido.

Carbono en el SUT Palma aceitera

Es de 14,4tC/ha, Alegre *et al.*, (2002)

determinó 41,4tC/ha para Pucallpa. En Costa Rica Leblanc *et al.*, (2006) determina 23tC/ha, de los cuales el 11,04t/ha (48%) están en las hojas, y 11,96t/ha (52%) en el tallo. Smith *et al.*,(1997). En otras evaluaciones, De la Cruz (2010) en ensayos destructivos con plantas de 11 años determina 24,69tC/ha. Leblanc *et al.*, (2006) mencionado por de la Cruz 2010, en el sistema palma aceitera de 7 años (biomasa aérea + suelo), reportó 96,02 tC/ha, de los cuales 22,68tC/ha, se encontró en la biomasa aérea del cultivo, esta diferencia, se explica porque estos cultivos están desarrollándose en dos zonas de vida distintas y las condiciones climáticas influyen en el desarrollo de la biomasa. Melado (2008) menciona que en Nigeria se encontró 1,6tC/ha para plantaciones de 7 a 22 años de edad, con una densidad de plantación de 148 plantas/ha, mientras que para Malasia es 1,1tC/ha con 6 a 18 años de edad y densidad de 122 plantas/ha y en Costa de Marfil 1tC/ha para plantas de 10 años con densidad de 143 plantas/ha.

En plantaciones comerciales el número de hojas por planta no es superior de 40, ya que son podadas constantemente (Bulgarelli *et al.*, 2002, citado por Melado, 2008). En el primer año la palma posee una baja tasa de producción de hojas, a partir del segundo se incrementa y después de 8 -12 años disminuye, siendo constante, con una media de 20 - 24 hojas/año (Jaquemard, 1979, citado por Melado, 2008). En el estudio se trabajó con un promedio de 35 hojas por planta de palma aceitera adulta.

El carbono en hojas frescas de palma aceitera es de 5tC/ha y representa el 34,5% del total de este sistema, este componente es muy importante, ya que el tallo o estípite de palma solo representa el 17,9% con (2,6tC/ha) (Lamade y Setiyo, 1996 citado por Melado, 2008) encontraron valores de carbono en hojas de 12,8-22,2tC/ha

en palmas de 8 años de edad de distintas variedades en Indonesia, comparado con nuestras cifras supera ampliamente esto quiere decir que la edad no influye en la cantidad de carbono ya que las plantaciones que evaluamos se encuentran entre 11 y 19 años de edad lo mismo confirma (Corley y Tinker, 2003, citado por Melado 2008) encontrando 8t/ha para palmas de Malasia de un año y medio de edad, asimismo Melado (2008), afirma que para Nigeria se encontró 5tC/ha, 6,9t/ha para Malasia y 5,4tC/ha para Costa de Marfil.

El contenido de carbono en epifitas que crece en los espacios formados entre los raquis que quedan al momento de podar las hojas frescas de las plantas adultas de palma aceitera, con el tiempo se van descomponiendo y forman materia orgánica que sirve de hábitat de epifitos. En términos generales existe 0,1t/ha de carbono en epifitos que crecen en los tallos de la palma aceitera, esto representa el 0,5% del total de carbono encontrado en este sistema. Este componente es el que aporta menos cantidad de carbono si se habla de totales en el sistema palma aceitera, no existe mucha investigación sobre esto ya que el valor es insignificante, pero es necesario darle la debida importancia ya que en estas plantaciones evaluadas había mucha predominancia de estos epifitos en condiciones denso, intermedio y ralo, se hizo un muestreo en estas tres condiciones y se obtuvo un promedio con la finalidad de tener un dato más exacto.

El contenido de carbono total en la vegetación arbustivo - herbáceo en palma aceitera es 0,5tC/ha (3,4%). Asimismo se puede observar que los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbórea (arbustiva, herbácea y hojarasca), son en pequeñas cantidades, estos resultados coinciden con Dupouey *et al.*, (1999), quien indica que los restos vegetales superficiales



representan el 6% del carbono total.

El contenido de carbono en hojas secas en palma aceitera, se evaluaron en los 6 sectores, encontrando una alta variabilidad, ya que la cantidad de hojas secas que forman un bloque es variable en el estudio encontramos un rango de 5 a 45 hojas y el número de bloques que existe en una plantación es de 3 a 8, por tanto la cantidad de carbono va a variar muchísimo. La abundancia o la escases de hojas en un bloque está relacionada directamente al manejo que los agricultores realizan en sus plantaciones, algunos optan por picar las hojas, agregar un aditivo que acelere el proceso de descomposición, para fines de abonamiento de las mismas, otros las almacenan en forma de bloques y van descomponiéndose lentamente de acuerdo a las condiciones de sitio estas hojas se descomponen por completo en 6-12 meses (Melado, 2008). De cualquier forma estas hojas descompuestas forman parte del carbono, ya no en la parte aérea, más si del carbono en el suelo.

Por otro lado Melado (2008) señala que las hojas secas podadas contienen cerca de 125k/ha de N, 23k/ha de P_2O_5 , 176k/ha de K_2O y 25k/ha de MgO. También sugiere que se deben esparcir las hojas podadas sobre toda la superficie del suelo posible o en áreas de suelo degradado, o bien, en hileras formando líneas alternas. Asimismo recomienda alternar la posición de las hojas apiladas cada 3 a 5 años, colocando racimos vacíos sobre el camino de cosecha antes de realizar este cambio. En forma general se encontró 5,2tC/ha en hojas secas podadas que representa el 36,2% del total de carbono encontrado en el sistema palma aceitera. A nivel Amazonia no se tienen estudios publicados realizados sobre este componente, para realizar las debidas comparaciones en cuanto a la

variabilidad de almacenamiento, acotando a esto muchos estudios revelan cantidades totales (biomasa aérea + suelo) de carbono por sistemas y no por componentes. El carbono almacenado en hojarasca y detritos en palma aceitera almacena menos cantidad de carbono 1,1tC/ha (7,7% del total de carbono en este sistema), principalmente debido a la predominancia de hojas de palma podadas, además que muchos agricultores optan por depositar los racimos como plataformas en el plateado de cada planta adulta establecida, también existe pastos que quedaron de los pastizales antes aprovechados, todo esto contribuye a una menor acumulación de carbono en la hojarasca.

Carbono en el SUT Pastizal

Se reporta 96,4tC/ha, Barbaran (2000) determinó 152,8tC/ha en la zona Sarita Colonia – Pucallpa. Alegre *et al.*, (2002) determinó 39,5tC/ha para pastura degradada en la zona de Pucallpa. En arboles es 0,6tC/ha cifra muy inferior, en la vegetación arbustivo - herbáceo, es 7,4% (1,6tC/ha), Iquise *et al.*, (2010), determinaron 3,8 tC/ha (4,2%) en Sistemas Silvopastoriles con *Paspalum conjugatum* mas especies forestales de 10 años. En la hojarasca y detritos en los pastizales almacenan 19,7tC/ha (20,42%) que en su mayoría son especies de la familia poacea “pastos”. Con respecto al contenido de carbono; en la parte arbustiva - herbácea y hojarasca – madera muerta se muestra de que los diferentes sistemas de uso de tierra se comportan estadísticamente iguales.

Carbono en el SUT Cultivo

Es de 90,1tC/ha. Alegre *et al.*, (2002) determinó 56,3 tC/ha, para yuca mientras que para plátano determinó 16,3tC/ha en Pucallpa. Barbaran (2000) determinó 11,7tC/ha en cultivos de maíz, 15,5tC/ha en yuca y 19,1tC/ha para cultivo de plátano. El depósito arbóreo almacena 3,9tC/ha

(22,9% del carbono total) del sistema, El contenido de carbono que almacena el depósito arbustivo – herbáceo es 1tC/ha (6% del carbono total). Asimismo se puede observar que los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbórea (arbustiva, herbácea y hojarasca), son en pequeñas cantidades, estos resultados coinciden con Dupouey *et al.*, (1999), Por consiguiente el almacenamiento de carbono en la hojarasca representa el 12% (2,1tC/ha), mientras que la madera muerta supera a todos en almacenamiento de carbono con 58,7% (9,9tC/ha), esto es debido a la durabilidad de la madera desde la extracción y la instalación de los cultivos (10 años).

5.3 Determinación del patrón de cambios en el stock del carbono

El clima cálido y lluvioso de los bosques tropicales húmedos genera el rápido crecimiento de las plantas y la mayor parte del carbono se encuentra en la vegetación (Lewis *et al.*, 2009). Las reservas de carbono almacenadas en los bosques tropicales húmedos no son estables y varían considerablemente dependiendo de la abundancia de árboles grandes con follaje denso, que acumulan la mayor parte del carbono. En promedio, se calcula que almacenan unas 160tC/ha en la vegetación superficial y 40tC/ha en las raíces.

Comparación longitudinal; para ello se está tomando en cuenta los resultados de la evaluación realizada en el año 2001 y relacionándola con la actual. Se puede observar que los resultados totales de almacenamiento de carbono no difieren a nivel global, esto se explica desde la misma dinámica del bosque, ya que si bien es cierto el bosque esta descremado (es decir se han perdido las especies valiosas), sin embargo otras especies de menor valor han tomado ese lugar en la

posición sociológica del bosque, de tal manera que el paisaje siempre se observa ocupado, pero los que van a cambiar son las especies que conforman el paisaje.

Evaluación transversal; mediante una comparación de cambios en el stock de carbono de los Sistemas de Uso de Tierra. La Figura 58 muestra los cambios del stock de carbono en los diferentes depósitos, de acuerdo al sistema de uso de tierra; se puede observar que el mayor stock de carbono arbóreo se encuentra en el sistema de uso de bosque primario remanente el que muestra una mediana de 120,6t/ha, teniendo a descender en el sistema palma aceitera y pastizal a valores de 7,8t/ha y 0,6t/ha respectivamente; tal como se muestra en el Cuadro 46.

El cambio de stock de carbono en el depósito arbóreo se da de la siguiente manera; el bosque primario remanente contiene 121,5tC/ha representado el 52,38%, cuando se cambia de uso de la tierra a pastizal, decrece en 0,6tC/ha (0,25%). Además en el estudio queda demostrado que los bosques almacenan la mayor cantidad de Carbono en sus componentes según su composición de la vegetación, tanto lo pueden demostrar los sectores; Las Palmeras (158,6tC/ha), Nuevo Satipo (157,4tC/ha) y Bellavista (151,3tC/ha), que tienen como composición florística en el estrato arbóreo, las especies de maderas con alta densidad; Tamamuri 0,66g/cm³, Tushmo 0,79g/cm³, Parinari 0,77g/cm³, Requia blanca 0,65g/cm³, Huangana Caspi 0,81g/cm³, Quina quina 0,78g/cm³, Tanque 0,81g/cm³, Paujil ruro 0,62g/cm³, Quillobordon 0,82g/cm³, entre otros. Además de lianas y palmeras como Ungurahui, Huasai, Huacrapona e Inayuga. (Chave, 2006).

Con respecto a las lianas solo representaron un 3,3% de Carbono, tal como lo menciona



Putz, (1984), Los bejucos son un grupo diverso y abundante de plantas en los bosques tropicales. Se ha estimado que las lianas representan alrededor del 30-60% de las especies y el 2-4% de la biomasa (Putz, 1984). Así mismo las lianas causan problemas de daños al fuste de los árboles, disminución de la tasa de crecimiento, supresión a la regeneración de árboles en claros de aprovechamiento (Putz, 1984). De la misma forma que los bejucos conectan las copas de los árboles entre si, provocando la caída por arrastre de plantas vecinas durante el aprovechamiento, por tal motivo se asume que la gran cantidad de madera muerta encontrada en los pastizales fueron desde la época de aprovechamiento selectivo de especies maderables, sobre todo de tocones y ramas, (el fuste fue extraído del lugar), y siendo estas especies de densidad alta, su durabilidad persiste ante las condiciones de sitio, es este factor quien hace variar la cantidad de carbono encontrado en los pastizales, en contraste con las plantaciones de palma aceitera. Las plantaciones de palma aceitera presentan mayor cantidad de carbono en los sectores (Abejaico, Las Palmeras, Los Olivos y Nuevo Satipo), comparado a los pastizales, ya que en ellas la misma composición de las plantas de palma hace un buen porcentaje porque incluyen tallo, hojas frescas y secas, epifitos en el tallo.

En cuanto a las raíces finas la proporción de éstas es ligeramente mayor en sitios pobres o que presentan restricciones para el crecimiento y para la penetración de raíces, la cual es una características del área donde se desarrolló el presente trabajo: suelos ácidos y de baja fertilidad. El análisis de variancia nos muestra que

existen diferencias significativas para la característica biomasa de raíces finas en las profundidades muestreadas. En los primeros 10cm de profundidad, se presenta una mayor cantidad de biomasa tanto en el SUT bosque, pasto y palma aceitera superiores a todas las demás profundidades. Para el caso del bosque, esta cantidad representa el 53,6%, del total de la biomasa en el área evaluada. Luego a profundidades mayores de 10cm hasta los 50cm, la cantidad de biomasa existente es de 3,3t/ha, que equivale al 34,6% del total del área evaluada y son significativamente superiores a los 50cm restantes de profundidad, cuyos valores de 1t/ha de biomasa representan el 11,7% del total de biomasa existente.

Para el caso de la pastura, esta cantidad representa el 64,1%, del total de la biomasa en el área evaluada. A profundidades mayores de 10cm hasta los 50cm, la cantidad de biomasa existente es de 1,9t/ha, que equivale al 27,3%, del total del área evaluada y son significativamente superiores a los 50cm restante de profundidad, cuyos valores de 0,6t/ha de biomasa, representan el 8,6% del total de biomasa existente en el suelo de este sistema. Para el caso de la palma aceitera esta cantidad representa el 54%, del total de la biomasa en el área evaluada. De la evaluación a profundidades mayores de 10cm hasta los 50cm, la cantidad de biomasa existente es de 3,3t/ha, que equivale al 34,8%, del total del área evaluada y son significativamente superiores a los 50cm restantes de profundidad, cuyos valores son de 1t/ha de biomasa, que representan el 11,1% del total de biomasa existente en el suelo de este sistema.

6. CONCLUSIONES

- Con el cambio de uso del bosque se produce una degradación, pérdida de biomasa y de carbono almacenado, que no es posible recuperar prontamente
- Con respecto a la biomasa aérea, se encontró diferencias significativas entre SUT, siendo estos; 314,7t/ha. para el bosque primario remanente, 154,4t/ha para Purma alta, 45,1t/ha para Purma baja, 44,3t/ha para Pastizal, 35,6t/ha para Cultivos y 34,0t/ha para palma aceitera.
- Con respecto a biomasa bajo el suelo, se encuentran diferencias significativas entre SUT, siendo 9,64t/ha. para bosque primario remanente; 9,5t/ha para palma aceitera, 7,1t/ha para Pastizal, de 6,6t/ha para Purma alta, 5,7t/ha para Purma baja y 3,5t/ha para Cultivos.
- Con respecto a la comparación 2001 vs 2011 a nivel de biomasa, se observan diferencias en cuanto a la composición florística que estaría explicado por la dinámica del bosque, especies nuevas reemplazan la posición fitosociológica del árbol muerto, pero con especies de menor densidad y valor comercial.
- Con respecto al almacenamiento total de Carbono, se evidencia diferencias significativas entre los diferentes SUT, los bosques primarios reportan 232,3tC/ha, 150,1tC/ha Purma alta, 90,8tC/ha para Palma aceitera, 96,4tC/ha para Pastizal, 91,8tC/ha para Purma baja y 90,1tC/ha para Cultivos.
- Con respecto a la comparación entre el depósito arbóreo se observa diferencias significativas, el bosque primario reporta 121,5tC/ha, Purma alta 59,5tC/ha, Palma aceitera 7,8tC/ha, Purma baja, 5,0tC/ha , Cultivo 3,9tC/ha y Pasturas 0,6tC/ha.
- Con respecto al depósito arbustivo herbáceo, se observa diferencias significativas, en Purma baja 2,1tC/ha, en las Pasturas 1,6tC/ha, el bosque primario 1tC/ha, en la Purma alta 1,2tC/ha, en el Cultivo 1tC/ha y en la Palma aceitera 0,5tC/ha.
- Con respecto al depósito hojarasca y madera muerta, se observa diferencias significativas, el bosque primario 33,6tC/ha, Pasturas 19,7tC/ha, Palma aceitera 6tC/ha, Purma alta 15,1tC/ha, Purma baja 14,1tC/ha, y en Cultivo 12tC/ha.
- Con respecto al depósito raíces finas, se observa diferencias no significativas entre bosque primario 4,8tC/ha y Palma aceitera 4,8tC/ha, luego Purma alta 3,3tC/ha, Pasturas 3,5tC/ha y significativas con Cultivo 1,8tC/ha.
- Con respecto al depósito suelo, se observa diferencias significativas mínimas entre todos los depósitos, bosque primario 71,5tC/ha, purma alta 71,1tC/ha, palma aceitera 71,9tC/ha y, purma baja 69,8tC/ha, Pasturas 71,1tC/ha, y Cultivo 71,4tC/ha, lo cual demuestra que es un depósito estable.



7. RECOMENDACIONES

- Continuar con estudios de medición de carbono en otras regiones del país, utilizando la combinación de metodologías IPCC y de la Universidad de Göttingen, ya que aumentan la precisión de los resultados.
- Complementar con estudios socioeconómicos, que permitan proponer políticas más sostenibles para aumentar la capacidad de almacenamiento de carbono en los SUT.
- Proponer medidas para conservar los bosques primarios remanentes, ya que son los mejores “sumideros de carbono”, tal se demostró en la evaluación del rodal E, del INIA.
- Trabajar en modelos de producción ecoeficientes como el agroforestal y silvopastoril, en las evaluaciones de pasturas se demuestra que la combinación árboles con pastos dio mejores resultados que plantación pura.
- En el caso de la palma aceitera se debería cambiar el modelo de manejo agronómico actual, reincorporando el producto de las hojas caídas y los residuos de la producción, que aumentará la cantidad de carbono almacenado y minimizará los costos de producción.
- En el caso de las pasturas de *Brachiaria decumbens* son un buen potencial de captura de carbono en sus raíces, se recomendaría seguir trabajando con estas pasturas mejoradas, renovando aquellas pasturas degradadas e incorporando especies para la producción silvopastoril.



8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEÑOLAZA P., ZAMBONI L., GALLARDO J., 2007 Estimación de carbono en tres bosques de la llanura aluvial del bajo Paraná (R. Argentina). En Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Salamanca – España. p 37 – 53.

AGENCIA DE LOS ESTADOS UNIDOS PARA EL DESARROLLO INTERNACIONAL USAID, GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI GOREU, 2012. Vulnerabilidad y Riesgos de la región Ucayali. Lima. 1era edición. 175 p.

ANGELSENA., WERTZ-KANOUNNIKOFF S., 2009. Avancemos con REDD, problemas, opciones y consecuencias. CIFOR. Bogor. Indonesia. 155p.

ANGELSEN A., BROCKHAUS M., KANINEN M., SILLS E., SUNDERLIN W., 2010. La implementación de REDD+: estrategia nacional y opciones de política.

AMUNDSEN R., 2001. The carbon budget in soils. En Earth and Planetary sciences. Volumen 29. p 535 – 562.

ARÉVALO L., ALEGRE J., PALM CH., 2003. Manual de las Reservas Totales de Carbono en los Diferentes Sistemas de Uso de la Tierra en Perú. Publicación de STC - CGIAR Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24p.

ARMAS A., BORNER J., RÜGNITZ M., DIAZ L., TAPIA S., WUNDER S., REYMOND L., NASCIMENTO N., 2009. Pagos por servicios ambientales para la conservación de bosques en la Amazonia peruana: un análisis de viabilidad. SERNANP, Lima-Perú. 92 p.

ASNER P., KNAPP E., BROADBENT N., OLIVEIRA C., KELLER M., SILVA N., 2005. Selective Logging in the Brazilian Amazon. Science 310 (5747): 480-482.

BALDOCEDA R., 2001. Valoración Económica del Servicio Ambiental de captura de carbono en la zona Neshuya – Curimana – Pucallpa. Conservación y manejo de la biodiversidad y ecosistemas frágiles BIOFOR. Programa de Becas de Investigación sobre valoración económica de la diversidad biológica y servicios ambientales.

BARBARAN G. J., 2000. Cuantificación de biomasa y carbono en los principales sistemas de uso del suelo en Campo Verde. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional de Ucayali, Pucallpa, Perú.

BERNIER N., SCHOENE D., 2009. La adaptación de los bosques y su ordenamiento al cambio climático; una visión en conjunto”. En Unasyuva Vol 60, N° 231-232, 2009/1-2.

BRINGAS P., 2010. Estimación del carbono almacenado en un sistema agroforestal de cacao (*Theobroma cacao* L.) comparado con un bosque secundario de tres edades, Tesis para optar el título de ingeniero agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, 100 Pág.



BROWN P., CABARLE B., LIVERNASH R., 1997. Carbon counts: estimating climate change mitigation in forest projects. Estados Unidos, World Resources Institute. 25 p.

CASANOVA F., PETIT J., SOLORIO J., 2011. Los sistemas agroforestales como alternativa a la captura de Carbono en el tropico Mexicano. En Revista Chapingo. Volumen 17 Numero 1. Universidad Autonoma de Chapingo. Revista on line. p 133 – 143.

CHRISTOPERSEN T., STAHL J., JOHNSON S., MANSUR E., 2010. La biodiversidad es vida. En Actualidad Forestal Tropical. Vol 18. Numero 1. Organización Internacional de Maderas Tropicales. Yokohama Japon. P 1-2.

CHAO K., PHILLIPS O., BAKER T., 2008. Wood density and stocks of coarse woody debris in a northwestern Amazonian landscape. Canadian journal of forest research 38: p 795 a 805.

CHAO K., BAKER T., 2009. Manual para mediciones de detritus de madera gruesa en parcelas, proyecto RAINFOR.

CHAVE J., 2006. Medición de densidad de madera en arboles tropicales. Manual de campo. Universidad Paul Sabatier – laboratorio Evolution et diversité Biologique. France.

CHE PIU H., GARCIA T., 2011. Estudio REDD Perú: La situación de REDD en el Perú. Derecho Ambiente y Recursos naturales DAR. Lima. 73 p.

CUELLAR J., 2008. Determinación de la producción maderera proveniente de operaciones forestales no autorizadas en la provincia de Padre Abad-Región Ucayali. Tesis de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.96 p.

DE LA CRUZ M., 2010. Estimación del carbono almacenado en plantaciones de palma aceitera *Eleais guineensis* Jacq. de diferentes edades en Pumahuasi – Uchiza. Tesis de pregrado de la Universidad Agraria de la Selva. 89 p.

DUPOUEY J., SIGUAND G., BATEAU V., THIMONIER A., DHOLE J., NEPVEU G., 1999. Stock et flux de Carbone Dans les forest francaises. C.R. Academy Agriculture. France 310 p.

EAMUS D., HUTLEY L., GRADY A., 2001. Daily and seasonal patterns of carbon and water fluxes above a north Austrlian savvana. En tree Physiology 21. Heron Publising-Victoria, Canada, p 977 – 988.

FINEGAN B., 1992 El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neo tropicales de tierras bajas. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza CATIE. Turrialba. Costa Rica 27p.

FISHER J., RAO I., AYARZA M., LASCANO C., SANZ J., THOMAS R., VERA R., 1994. Carbon storage by introduced deeprooted grasses in the South American savannas. Nature 371:236-238.



FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO 2002. Captura de Carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informe sobre recursos naturales mundiales de suelos – 96. Roma 76 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO 2009. Situación de los bosques del mundo. Roma. Italia. 158 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO 2011. La gestión de los bosques ante el cambio climático Roma Italia. 20 p.

FORNER C., BLASER J., JOTZO F., ROBLEDO C., 2006. Keeping the forest for the climate's sake: Avoiding deforestation in developing countries under the UNFCCC. *Climate Policy* 6(3): p 275-294.

GARCIA C., 2001. El Cambio Climático: análisis de los impactos. Universidad Europea CEES. Documento de trabajo 2/01. Madrid – España. 32 p. En <http://www.umag.cl/cambioclimatico/doc/EI%20cambio%20climatico%20 analisis%20de%20sus%20 impactos.pdf>. Revisado Febrero 2012.

GAYOSO J. GUERRA J. ALARCON D. 2002. Contenido de carbono y funciones de biomasa en especies nativas y exóticas. Proyecto FONDEF. Universidad Austral de Chile. Valdivia 154 p.

GOBIERNO REGIONAL DE UCAYALI –GOREU., 2012. Plan de desarrollo concertado 2011 – 2021. En <http://www.regionucayali.gob.pe/>. Revisado Mayo 2012.

HERRERA A J., 2010. “Estimación de la biomasa y carbono almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao *Theobroma cacao* L. de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado”, Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo Maria, 93 p.

HIDALGO P., 2009. “Determinación de las reservas totales de carbono en un sistema agroforestal de la selva alta de Tingo Maria”, Tesis para optar el Grado Académico de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Federico Villareal – Escuela Universitaria de Post Grado – Lima. 174 p.

HONORIO E., 2009. Uso de las ecuaciones alométricas y el efecto de las variables en la estimación de la biomasa. Taller de análisis estadístico para apoyar el diseño de los inventarios de carbono. Iquitos 15 al 17 de mayo 2009.

HONORIO E., BAKER T., 2010. Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – Universidad de Leeds. Lima 54 p.

IBRAHIM M., CHACON M., CUARTAS C., NARANJO J., PONCE G., VEGA P., ROJAS J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en biomasa arbórea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. En *Agroforestería de las Américas* N° 45. p 27 – 36.



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA IIAP., 2003. Propuesta de Zonificación Ecológica Económica de la Cuenca del Rio Aguaytia. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Pucallpa – Perú. 125 p.

INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES INRENA., 2007. “Perú Forestal en Números”. En www.minan.gob.pe

INTERNACIONAL PANEL CLIMATIC CHANGE IPCC., 2001. Climatic change 2001: Glosario de términos Anexo B. Mitigation, Contribution of Working group III to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate change. Cambridge University Press, United Kingdom 752 p.

INTERNACIONAL PANEL CLIMATIC CHANGE IPCC., 2003a. Definitions and methodological options to inventory emissions from direct human-induced degradation of forest and revegetation of other vegetation types. Penman, J., Gytarsky, M., Krug, T., D., Pippatti, R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., y Wagner F., (eds) IPCC – IGES, Kanagawa.

INTERNACIONAL PANEL CLIMATIC CHANGE IPCC., 2003b. Good practice guidance for land use, land use change and forestry (GPG-LULUCF). Penman, J., Gytarsky M., Krug T., Kruger D., Pippatti R., Buendia L., Miwa k., Ngara T., Tanabe k., Wagner F., IPCC –IGES Kanagawa http://www.ipcc.nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_contents.html

INTERNACIONAL PANEL CLIMATIC CHANGE IPCC., 2007. “Cambio climático 2007, Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II Y III al cuarto informe de evaluación del grupo de expertos intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A (directores de la publicación)”. IPCC, Ginebra Suiza. 104 p. En www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf. revisado mayo 2011.

IQUISE A., 2010. Carbono almacenado en diferentes sistemas de uso de la tierra del distrito de Jose Crespo y Castillo. Huanuco. Perú. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo Maria, 98 p.

KAESLIN E. WILLIAMSON D., 2010. “Los bosques, las personas y la vida silvestre: retos para un futuro común. En Unasylva 236. Publicación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Vol. 61 Num. 3.

KANNINEN M., 2007. Crecen los arboles sobre el dinero? En perspectivas forestales 4. Centro Internacional para la investigación de los bosques CIFOR. Bogor Indonesia. 61 p

KARSENTY A., 2008. Pagos por secuestro de carbono. En Actualidad Forestal Tropical. Vol 17 Num 2. p 25-27.

KRULL E., BALDOCK J., SKJEMTAD J., 2001. Soil texture effects on decomposition and soil carbon storage. In Nee Workshop proceeding. p 103 – 110.



LAMBIN F., GESIT J., LEPERSE., 2003 Dynamics of land-use and land- cover change in tropical regions. Annual Review of environmental Resources 28: 205-241.

LANBIN B., MENGBEN W., GIFFORD M., 2007. The change of soil carbon stocks and fine roots dynamics after use change from native pasture to a pine plantation. Plant and soil, volumen 299, numbers 1-2. P 251 – 262.

LANLY JP., 2003. Los factores de la deforestación y degradación de los bosques. Paper especial en el XII Congreso Forestal Mundial. En Quebec Canadá. En <http://www.fao.org/DOCREP/ARTICLE/WFC/XII/MS12A-S.HTM>. Reví-sado en Junio 2012.

LARSON M., BARRY D., DAHAL., COLFER C., 2010. Bosques y derechos comunitarios: las reformas en la tenencia forestal. CIFOR. Bogor. Indonesia. 263 p.

LEWIS L., LOPEZ G., SONKE B., FFUM-BAFOE K., BAKER T., OJO L., PHILLIPS O., REITSMA J., WHITE L., COMISKEY J., MARIE-NOEL D., EWANGO C., FELDPAUSCH T., HAMILTON A., GLOOR M., HART T., HLADIK A., LLOYD J., LOVETTJ., MAKANA J., REMY M., YADVINDER M., FRANK M., NDANGALASI H., PEACOCK J., PEH K., SHEIL D., SUNDERLAND T., SWAINE M., TAPLIN J., TAYLOR D., THOMAS S., VOTERER., WOLL H., 2009 Increasing carbón storage in Intact African tropical forest. Nature 457. P 1003 – 1006.

LOCATELLI B., 2005. LULUCF: el papel de los bosques y las plantaciones en e cambio climático. VI Curso internacional “Cambio climático y diseño de proyectos MDL en los sectores forestal y bio-energía. CATIE. Turrialba. Octubre 2005.

LOCATELI B., KANNINEN M., BROCKHAUS M., PERICE COLFER C., MURDIYARSO D. SANTOSO H., 2009. Ante un futuro incierto: como se pueden adaptar los bosques y las comunidades al cambio climático. En Perspectivas Forestales N° 5. Centro para la investigación forestal Internacional. CIFOR. Indonesia. 90 p.

LOGUERCIO G., 2005. Cambio Climático: El rol de los bosques como sumideros de carbono. Secretaria Académica CIEFAP. <http://www.ciefap.org.ar>. Revisado en Julio 2013.

MALHI Y., GRACE J., 2000. Tropical Forest and Atmospheric Carbon Dioxide. En Perspectives Vol. 15 Nro 8. p 332 – 337.

MARKLUND G., SCHEONE D., 2006. Global assessment of growing stock, biomass and carbon stock. Forest Resources Assessment Programme Working paper 106/E, Rome.

MELADO H. 2008. Modelo de cultivo de palma aceitera *Eleais guineensis* Jacq. en Honduras. Universidad Politécnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Departamento de producción vegetal: Fitotecnia. Madrid España 2008.

MENDELSON R., NIGGOL S., 2007, A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on Latin American Farms. En World Bank Policy Research Working Paper No. 4163. 46 p. En http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=969240###. Revisado en Junio 2012.



MINISTERIO DEL AMBIENTE MINAM, 2000. Mapa de la Deforestación de la Amazonia Peruana. P 80 – 103.

MINISTERIO DEL AMBIENTE MINAM, 2011. El Perú de los bosques. Editorial Súper Grafica EIRL. Lima Perú. 140 p.

OLUPET G., HEIKO D., LOCKWOOD P., McHENRY M., McLEOD M., KRISTIANSEN P., 2010 Impact of landuse on profile distribution of fine root biomass in NSW, In Food Security from Sustainable Agriculture” Edited by H. Dove and R. A. Culvenor Proceedings of 15th Agronomy Conference 2010, 15-18 November 2010, Lincoln, New Zealand. Australia

ORGANIZACION PARA ESTUDIOS TROPICALES OET., 2011. Diagnostico de las necesidades de Capacitación de las organizaciones públicas y privadas para el desarrollo del mecanismo REDD en el Perú.

PENMAN J. 2008. An exploration by the EU on methodological issues relating to reducing emissions from forest degradation in developing countries. UNFCCC Informal Meeting of Experts. Bonn 20-21 October 2008. http://unfccc.int/methods_science/redd/items/4579.php. (25nov2008).

PUTZ F., 1984. The natural history of lianas on Barro Colorado Island, Panama. En Ecology 65. p 1713 – 1724.

RODRIGUEZ R., JIMENEZ J., AGUIRRE O., TREVIÑO J., RAZO R., 2009. Estimación de Carbono Almacenado en el bosque de Pino – Encino en la reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México. En Ra Ximhai. Volumen 5 Numero 3. Universidad Autónoma Indígena de México. p 317 -327.

RUGNITZ M., CHACON M., PORRO R., 2009. Guía para la determinación de Carbono en pequeñas propiedades rurales. 1ra edición. Lima Perú. Centro Mundial agroforestal ICRAF/ Consorcio Iniciativa Amazonica. 79 p.

STERN N. 2007. La economía del Cambio Climático. Universidad de Cambridge. En <http://calentamientoglobalclima.org/2007/02/21/informe-stern-resumen-en-castellano/>

TEVEZ N., SAN ROMAN C., LOAS G., 2009. Cambio Climático y vulnerabilidad de las zonas costeras del Perú al incremento del nivel del mar. En Documento Técnico CONCYTEC N° 1 Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en el Perú, prioridades de ciencia y tecnología. Lima Perú. Pg 33-41.

TRUBORE S., 2006. Carbon respired by terrestrial ecosystems-recent progress and challenges. En Global Change Biology. Volumen 12. p 141-153. Febrero 2006.

VAN NOORDWIJK M., GALUDRA G., AKIEFNAWATI R., VILLAMOR GB., PURNOMO H., 2011. Local perspectives on REDD in comparison with those at the international negotiation tables and their representation in quantitative scenario model. Project Report. Bogor, Indonesia. World Agroforestry Centre – ICRAF, SEA Regional Office 93 p.



VAN STRAATEN O., 2011. Comparative study on Biommas of carbon in roots in forest of Cameroun, Indonesia and Peru. Presentation in Workshop about REDD Alert Project. Vietnam.

VELARDE S., UGARTE J., RUGNITZ M., CAPELLA J., 2005. Reducing Emissions from All Land Uses in Peru. Final National Report. ASB Partnership for the Tropical Forest Margins. Nairobi, Kenya. 142 p.

VIENA H., 2010. Estimación de la biomasa y almacenamiento de carbono bajo cuatro sistemas de uso de la tierra en la provincial de Leoncio Prado. Tesis de pregrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María 64p.

WATSON R., NOBLE I., BOLIN B., RAVINDRAMATH N., VERARDO D., DOKKEN D., 2000. Land Use, Land-Use Change, and Forestry (a special Report of the IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, 377 pp.

WHITE D., VELARDE S., ALEGRE J., TOMICH T., 2005. Alternatives to Slash and Burn (ASB) in Perú, Summary report and synthesis of phase II. Alternative to Slash and burn programme. Nairobi. Kenya.

WHITE D., MINANG P., 2011 Estimación de los costos de oportunidad de REDD+. Manual de capacitación. Versión 1.3. Banco Mundial. 340 p.

ZANNE, A., LÓPEZ - GONZÁLES, G., COOMES, D., ILIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S., MILLER, R., SWENSON, N., WIEMANN, M., CHAVE, J. 2009. Base de datos mundial de densidades de madera.



METODOLOGIA PARA EL INVENTARIO DE CARBONO TOTAL ALMACENADO

Esta sección tiene la finalidad de orientar a investigadores interesados en realizar futuros trabajos de inventario de carbono total almacenado en los diferentes sistemas de uso de la tierra SUT a nivel nacional, la presente metodología tiene las siguientes ventajas:

- Permite muestrear los cinco depósitos de carbono del ecosistema en una sola parcela.
- El tamaño total de la parcela es de 2 000m², cuando la mayoría de parcelas de este tipo tienen dimensiones cercanas a los 10 000m².
- El costo es menor comparado con otros diseños de parcela que se utilizan actualmente.
- Utiliza métodos de medición directos (destructivos) e indirectos (no destructivos).
- Cumple con todas las exigencias y términos para la evaluación de carbono del IPCC.

Esta sección, solo comprende las explicaciones para la toma de datos en campo, es decir trabajos en la parcela de toma de muestras, ya que los pasos anteriores y posteriores han sido detallados en la sección de metodología y resultados del presente documento.

En cada parcela de muestreo, se determinará el carbono total almacenado que resulta de la sumatoria del carbono presente en cada uno de los cinco depósitos del ecosistema, se emplea la siguiente fórmula:

$$CT = CBAT + CS + CRF$$

Dónde:

CT = Carbono total del SUT (tC/ha).
CBAT = Carbono en la biomasa aérea
CS = Carbono en el suelo
CRF = Carbono en las raíces finas

DETERMINACION DE LA BIOMASA AEREA TOTAL

La biomasa aérea total en un SUT, resulta de la sumatoria de los tres depósitos contenidos sobre el suelo, en la parcela de muestreo están considerados el depósito arbóreo, arbustivo herbáceo y el depósito hojarasca y madera muerta, donde incluyen troncos y ramas caídas muertas (TC), árboles muertos en pie (AMP), tocones (T), por cuestiones metodológicas están separada.

$$\text{BAT} = \text{BA} + \text{BAH} + \text{BHMS} + \text{BTCAM}$$

Dónde:

BAT = Biomasa aérea total (t/ha).

BA = Biomasa arbórea

BAH = Biomasa arbustiva y herbácea.

BHMS = Biomasa de la hojarasca, materia seca.

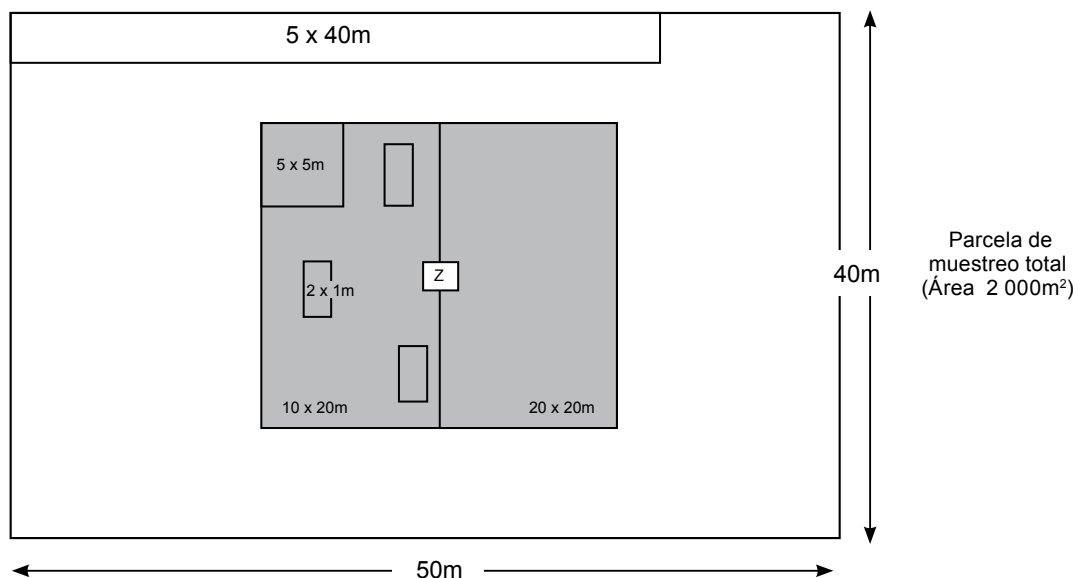
BTCAM= Biomasa de troncos caídos, árboles muertos

1.- Delimitación de la parcela

Previamente, debemos realizar la selección de clústeres y parcelas de muestreo, en base al total de la población a evaluar, cuando se haya concluido con el mapa de

distribución de parcelas, conjuntamente con el equipo de evaluación, se procede a instalar la parcela, para ello se ubica el punto central, también denominada zona intocable (Z), que será el lugar en donde se construya la calicata, luego con la ayuda de un jalón, y teniendo el norte magnético de la brújula, proyectamos una línea a 45°, con la finalidad de obtener el rumbo por donde se delimitará los primeros 20m² de la línea base, de la misma forma hacemos para el otro extremo, completando así los 40m Continuamos hasta cerrar el perímetro de la parcela 40x50m², que contendrá las sub parcelas para la biomasa aérea, la biomasa radicular y carbono en el suelo.

Dentro de la parcela de muestreo se establecerán cinco sub parcelas; el tamaño de éstas estará en función del componente a evaluar; la sub parcela de 20x20m², se ubica en la zona central, nos servirá para la muestra arbórea, arbustiva y herbácea. Además demarcamos la sub parcela de 10x20m² y la sub parcela de 5x5m². Continuando, se ubican los 3 cuadrantes de 2x1m² de manera aleatoria para la sub parcela de herbáceas y hojarasca. Finalmente ubicamos en un extremo la





sub parcela ó transecto de 5x40m² para la biomasa de madera muerta y troncos secos.

2.- Medición de la biomasa en las diferentes sub parcelas

2.1 Medición de la biomasa en el depósito arbóreo

Paso 1: Árboles con DAP de 30 cm a más

- Se emplea la parcela de 50x40m, se utiliza el formato N° 1.
- Se ubica los árboles y se mide el DAP (a 1,30m de la base del árbol), para ello utiliza la cinta diamétrica, o forcípula según convenga.
- Estimación de la altura; debemos distanciarnos 8m de distancia de la base del árbol como mínimo para efectuar la estimación de la altura total. Por otro lado, en caso de pastizales y cultivos en áreas despejadas, se utiliza el clinómetro u hipsómetro para obtener la altura de los árboles.
- Identificación de la especie: Se anota el nombre común, esto se difiere según la zona donde se trabaja. De preferencia se debe anotar otros nombres cercanos con la finalidad de determinar el nombre científico correspondiente de este individuo evaluado.

Paso 2: Árboles con DAP entre 10 cm a 29,9 cm

- Se emplea la sub parcela de 20x20m, se utiliza el formato N° 2.
- Se ubica los árboles y se mide el DAP, para ello utiliza la cinta diamétrica, o forcípula según convenga.
- Estimación de la altura: debemos distanciarnos 8m de distancia de la base del árbol como mínimo para efectuar la estimación de la altura total. Por otro lado, en caso de pastizales y cultivos en áreas despejadas, se utiliza

el clinómetro u hipsómetro para obtener la altura de los árboles.

- Identificación de la especie: se anota el nombre común, normalmente difiere según la zona donde se trabaja. De preferencia se debe anotar otros nombres cercanos con la finalidad de determinar el nombre científico correspondiente del individuo que se esta evaluando.

Paso 3: Árboles con DAP entre 5 cm y 9,9 cm

- Se emplea la sub parcela de 10x20m, se utiliza el formato N° 3.
- Medición del diámetro a la altura del pecho DAP.
- Se ubica los árboles y se mide el DAP, para ello utiliza la cinta diamétrica, o forcípula según convenga.
- Estimación de la altura: para ello nos distanciarnos 8m de la base del árbol como mínimo para efectuar la estimación de la altura total. Por otro lado, en caso de pastizales y cultivos en áreas despejadas, se utiliza el clinómetro u hipsómetro para obtener la altura de los árboles.
- Identificación de la especie; se anota el nombre común, esto se difiere según la zona donde se trabaja. De preferencia se debe anotar otros nombres cercanos con la finalidad de determinar el nombre científico correspondiente de este individuo evaluado.

Paso 4: Árboles con DAP entre 1,5cm y 4,9cm

- Se emplea la sub parcela de 5x5m, se utiliza el formato N° 4.
- Medición del diámetro a la altura del pecho DAP.
- Se ubica los árboles y se mide el DAP, para ello utiliza el vernier.
- Estimación de la altura; para ello debemos distanciarnos 8m de distancia de la base del árbol como mínimo para

efectuar la estimación de la altura total. Por otro lado, en caso de pastizales y cultivos en áreas despejadas, se utiliza el clinómetro u hipsómetro para obtener la altura de los árboles.

- Identificación de la especie; se anota el nombre común, esto se difiere según la zona donde se trabaja. De preferencia se debe anotar otros nombres cercanos con la finalidad de determinar el nombre científico correspondiente de este individuo evaluado.

2.2 Medición de la biomasa en el depósito arbustivo herbáceo

Paso 5: Vegetación arbustiva - herbácea

- Se emplea la sub parcela de 2x1m² y se utiliza el formato N° 6.
- En los tres cuadrantes de 2x1m², previamente establecidas se cortan a ras del suelo todos los individuos menores a 1,49cm de diámetro, previa identificación de nombres comunes, se llena en un saco y se toma el peso total, de este se toma una sub muestra de 300g aproximadamente para ser trasladado al laboratorio.
- En el caso de pastizales se corta toda la vegetación y se coloca en un plástico grande, para separar lo vivo de lo muerto.

2.3 Medición de la biomasa en el depósito madera muerta y hojarasca

Paso 6: Hojarasca y detritos

- Se emplea la sub parcela de 2x1m²

para la hojarasca, para ello se utiliza el formato N° 7.

- En los cuadrantes de 2x1m², después de haber cortado toda la vegetación viva, se recoge toda la hojarasca y detritos que se encuentran, se coloca en un saco y se toma el peso total, de este se saca una sub muestra de 500g aproximadamente para ser llevada al laboratorio.

Paso 7: Árboles muertos en pie (AMP), troncos caídos (TC) ambos mayores de 5 cm de diámetro, tocones mayores de 10 cm. de diámetro (T)

- Dentro de la parcela de 40x50m² se instala un transecto de 5x40m², para ello se utiliza el formato N° 5.
- En el transecto de 5x40m², se mide el diámetro, a los 50cm en los tocones, el DAP en el caso de árboles muertos en pie, y para los troncos caídos, se mide el diámetro en los extremos y la longitud del tronco o también puede hacerse una medición del diámetro al medio del tronco y la longitud. A todos se les mide la longitud u altura según convenga, y se determina su estado de conservación de la madera.

2.4 Evaluación de la biomasa en el depósito palma aceitera

- Se emplea la parcela de 40x50m², para ello se utiliza el formato N° 8.
- Se mide la biomasa de las hojas vivas, hojas muertas, epifitos, vegetación arbustiva herbácea, según los pasos descritos en el formato.



FORMATO N° 01

Evaluación de árboles de 30 cm a más cm de DAP (parcela de 40 x 50) m²

Tipo uso del suelo: _____

Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____

Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha

Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie	Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie
	Mayor	Menor				Mayor	Menor		
1					26				
2					27				
3					28				
4					29				
5					30				
6					31				
7					32				
8					33				
9					34				
10					35				
11					36				
12					37				
13					38				
14					39				
15					40				
16					41				
17					42				
18					43				
19					44				
20					45				
21					46				
22					47				
23					48				
24					49				
25					50				

Observaciones:

FORMATO N° 02

Evaluación de individuos con DAP entre 10 cm a 29,9 cm (parcela de 20 x 20 m²)

Tipo uso del suelo: _____

Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____

Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha

Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie	Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie
	Mayor	Menor				Mayor	Menor		
1					26				
2					27				
3					28				
4					29				
5					30				
6					31				
7					32				
8					33				
9					34				
10					35				
11					36				
12					37				
13					38				
14					39				
15					40				
16					41				
17					42				
18					43				
19					44				
20					45				
21					46				
22					47				
23					48				
24					49				
25					50				

Observaciones:



FORMATO N° 03

Evaluación de individuos con DAP entre 5 cm a 9,9 cm (Parcela de 5 x 5 m²)

Tipo uso del suelo: _____

Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____

Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha

Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie	Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie
	Mayor	Menor				Mayor	Menor		
1					26				
2					27				
3					28				
4					29				
5					30				
6					31				
7					32				
8					33				
9					34				
10					35				
11					36				
12					37				
13					38				
14					39				
15					40				
16					41				
17					42				
18					43				
19					44				
20					45				
21					46				
22					47				
23					48				
24					49				
25					50				

Observaciones:

FORMATO N° 04

Evaluación de individuos con DAP entre 1,5 cm a 4,9 cm (Parcela de 5 x 5 m²)

Tipo uso del suelo: _____

Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____

Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha

Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie	Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie
	Mayor	Menor				Mayor	Menor		
1					26				
2					27				
3					28				
4					29				
5					30				
6					31				
7					32				
8					33				
9					34				
10					35				
11					36				
12					37				
13					38				
14					39				
15					40				
16					41				
17					42				
18					43				
19					44				
20					45				
21					46				
22					47				
23					48				
24					49				
25					50				

Observaciones:



FORMATO N° 05

Evaluación de troncos caídos, árboles muertos en pie y tocones (Parcela de 40 x 5 m²)

Tipo uso del suelo: _____

Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____

Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha

Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Nº	Diámetro (cm)		Long. (m.)	Tipo	Categoría	Nº	Diámetro (cm)		Long. (m.)	Tipo	Categoría
	Mayor	Menor					Mayor	Menor			
1						25					
2						26					
3						27					
4						28					
5						29					
6						30					
7						31					
8						32					
9						33					
10						34					
11						35					
12						36					
13						37					
14						38					
15						39					
16						40					
17						41					
18						42					
19						43					
20						44					
21						45					
22						46					
23						47					
24						48					

Categoría: troncos caídos (TC), árboles muertos en pie (AMP) y tocones (T)

Tipo d: duro, i: intermedio, p: podrido

Observaciones:

FORMATO N° 06
Evaluación de la biomasa herbácea viva (Parcela de 2 x 1 m²)

Tipo uso del suelo: _____
 Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____
 Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha
 Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Vegetación no arbórea ($\leq 1,5$ cm. de diámetro): sub. parcela (2 x 1) m ²				
Nº Cuadrante	Peso Total Muestra* (k)	Peso sub muestra (k)	Especie Nombre Común	Especie Nombre Científico
1				
2				
3				
4**				

* Peso de la muestra húmeda
 ** Opcional

Observaciones:



FORMATO N° 07

Evaluación de hojarasca y detritos (Parcela de 2 x 1 m²)

Tipo uso del suelo: _____

Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____

Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha

Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Hojarasca y detritos: sub. parcela (2 x 1) m ²			
Nº Cuadrante	Peso Total Muestra* (k)	Peso sub muestra (k)	Descripción
1			
2			
3			
4**			

* Peso de la muestra húmeda

** Opcional

Observaciones:

FORMATO N° 08
Evaluación de los individuos de palma aceitera (parcela de 40 x 50 m²)

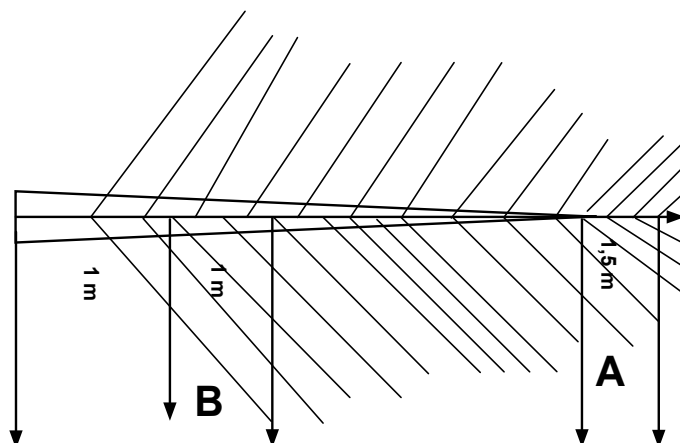
Tipo uso del suelo: _____
 Región: _____ Caserío: _____ Coordenadas.: _____ / _____
 Propietario/fundo: _____ / _____ Área: _____ Ha
 Fecha: _____ Hora de inicio y finalización: _____ / _____

Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie	Nº	DAP (cm.)		Altura (m)	Especie
	Mayor	Menor				Mayor	Menor		
1					26				
2					27				
3					28				
4					29				
5					30				
6					31				
7					32				
8					33				
9					34				
10					35				
11					36				
12					37				
13					38				
14					39				
15					40				
16					41				
17					42				
18					43				
19					44				
20					45				
21					46				
22					47				
23					48				
24					49				
25					50				

Observaciones:



Evaluación de la biomasa en hojas vivas de palma aceitera (Parcela de 4 x 50 m²)



Medición de los parámetros biométricos de hojas vivas de palma aceitera Se elige la hoja intermedia, de preferencia de corte fresco y tomar medidas de 5 hojas vivas							
Nº Repetición	Ancho (cm)	Espesor (mm)	Longitud (m)	Peso Total Raquis (A + B) (k)	Peso total de Foliolos (A+B) (k)	Peso Sub muestra foliolos (A + B) (k)	Peso Sub muestra Raquis (A + B) (k)
1							
2							
3							
4							
5							

Biomasa aérea de epífitos que crecen en el tallo de la palma aceitera

Medición de la vegetación no arbórea ($\leq 1,5$ cm. de diámetro): en 2 m de altura del tallo de la palma aceitera				Medición de la hojarasca y detritos en 2 m de altura	
Densidad de epífitos	Peso sub Muestra (k)	Peso muestra húmeda (k)	Especies	Peso sub Muestra (k)	Peso muestra húmeda (k)
Ralo					
Medio					
Denso					

De preferencia ubicar 3 individuos con presencia de epífitos en densidad Ralo, Medio y Denso.

Medición de la biomasa arbustiva y herbácea en la parcela de (2 x 1 m²)

Nº Cuadrante	Peso Total de la muestra húmeda (k)	Peso sub muestra húmeda (k)	Especies
1			
2			
3			

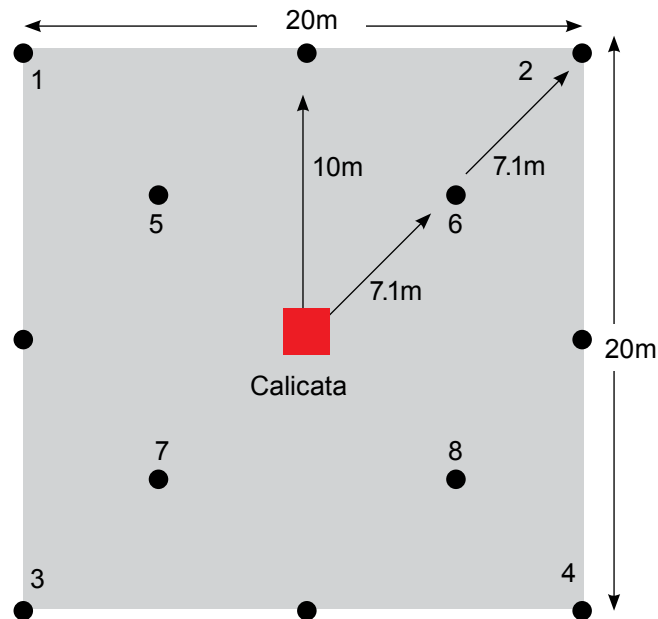
Medición de las hojas caídas muertas de palma aceitera (Parcela de 40 x 50 m²)

Ruma de Hojas	Nº total de hojas	Peso de 1 hoja (k)	Ruma de Hojas	Nº total de hojas	Peso de 1 hoja (k)
1			11		
2			12		
3			13		
4			14		
5			15		
6			16		
7			17		
8			18		
9			19		
10			20		

Observaciones:



METODOLOGIA PARA EVALUACION EN EL SUELO



En cada parcela después de haber delimitado la sub parcela central (20x20m), se va a ubicar la parcela central que tiene 1x1x2m de profundidad antes de excavar el hoyo se acordará una área de 40cm de ancho que permanecerá como intangible, que servirá para la toma de muestras para densidad aparente y de raíces finas, luego para el carbono en el suelo se ubican los puntos 5,6,7 y 8 para ello se toma en cuenta la distancia media (7,1m) entre los vértices de la calicata y el límite de la sub parcela.

A- Medición de Materia orgánica en el Depósito Suelo:

Luego, tomando en cuenta la distribución de la sub parcela central, en los puntos

5,6,7 y 8, se van a construir calicatas de 20x20x50cm, con la ayuda de una pala recta y una pala pequeña, para tomar las muestras de suelo, de acuerdo con las siguientes indicaciones:

Muestra 1: de 0 a 10cm de profundidad

Muestra 2: de 10 a 30cm de profundidad

Muestra 3: de 30 a 50cm de profundidad

Muestra 4: de 50 a 100cm de profundidad (con ayuda de un barreno).

Para homogenizar la muestra se deberá tener 3 recipientes diferentes, en los cuales se irá juntando las muestras de suelo colectadas, finalmente se extrae de cada uno de ellos una muestra de 1k la misma que se llevará al laboratorio debidamente codificado.

B.- Medición de la Densidad Aparente:

Para ello debemos construir la calicata central, se trabaja en base a la medida de 1x1x1m una vez concluida la calicata, se procede a colocar los anillos en las paredes laterales de la forma como se detalla en la figura:

- Primer anillo; 10cm
- Segundo anillo: 20cm
- Tercer anillo; 40cm
- Cuarto anillo; 75cm
- Quinto anillo; 100cm

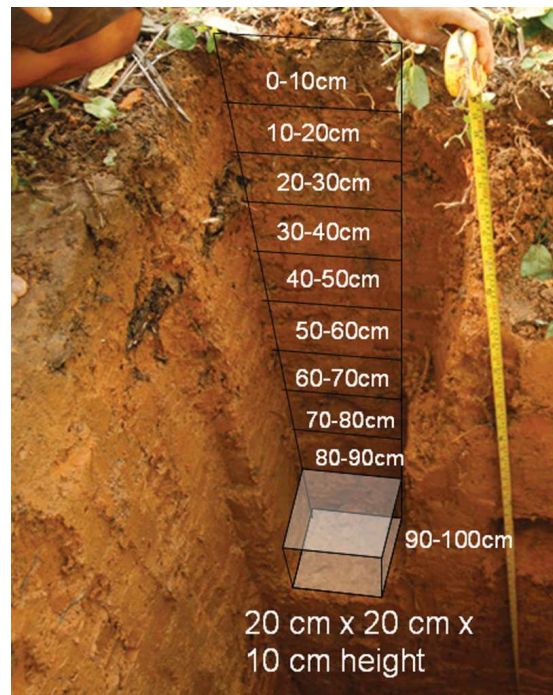
Empezar la toma de muestras desde la parte interior de la calicata. Luego estas muestras de suelo se extraen de los cilindros y se colocan en bolsas debidamente codificadas para ser llevadas al laboratorio.



C.- Medición de la biomasa en el Depósito Raíces:

B.1 Raíces Finas

En la pared central de la calicata, zona que estaba protegida como intangible, se procede a hacer pequeñas calicatas de 20 x 10cm. hasta llegar a 1m de profundidad, En total se colectarán 10 muestras se colocan en bolsas debidamente codificadas, para ser llevadas a una zona en donde se va a separar las raíces finas del suelo (mediante un lavado del suelo), para ello se utilizan tamices de diferentes tamaños. Recuerda que el producto es tener las raíces finas para ser llevadas luego al laboratorio.



B.2 Raíces Gruesas

Se procede a recoger las raíces encontradas durante la fase de construcción de la calicata central, y se procede con las mediciones y pesaje para luego ser llevadas al laboratorio.



Preparación de materiales y equipos en el campo.



Preparación de la parcela y sub parcelas.



Medición de Diámetro a la Altura del Pecho DAP.



Medición de biomasa de látexales bajos, utilizando el vernier.



Medición de la altura total de los árboles.



Medición del peso de la hojarasca.



Reconocimiento de especies en nombre local.

Medición de la biomasa aérea total Fase de campo



Toma de muestras de madera muerta.



Toma de muestras de detritos y hojarasca.



Toma de muestras destructivas de herbáceas vivas.



Ubicación de parcelas por muestreo aleatorio al azar.



Medición de biomasa de árboles muertos, utilizando la forcípula.



Preparación de las parcelas.



Medición de Diámetro a la Altura del Pecho DAP.



Medición de la altura.



Medición de la biomasa en hojas vivas.



Medición de biomasa de epífitos.



Medición de la biomasa en hojas vivas.

Medición de la biomasa en palma aceitera Fase de campo



Medición de la biomasa muerta.



Biomasa de hojas muertas.



Toma de muestras de herbáceas vivas y hojarasca.



Pesado de hojas de palma aceitera.



Ubicación de la sub parcela y calicata central.



Materiales y equipos.



Preparación de la calicata central.



Calicata central culminada 2 x 1 m de profundidad.



Toma de muestras para medir la densidad básica



Muestra de suelo debidamente codificadas.



Toma de muestras de raíces en calicatas auxiliares.

Medición de la biomasa en el suelo Fase de campo



Limpieza y selección de muestra de suelos.



Toma de muestra de suelo en calicatas auxiliares II.



Toma de muestra de suelo en calicatas auxiliares I.



Toma a profundidades de 0 a 10., 10 a 30 y 30 a 50 cm.



Limpieza y selección de muestra de raíces finas.

Procesamiento de Muestras en la Fase de Laboratorio

Biomasa aérea



Codificado de muestras en el laboratorio.



Pesado de las muestras en el laboratorio.



Secado de las muestras en la estufa a 75°C.



Molido de las muestras secas.



Calcinación de las muestras en la mufla.

Biomasa en raíces



Lavado de raíces finas fase I.



Lavado de raíces finas fase II.



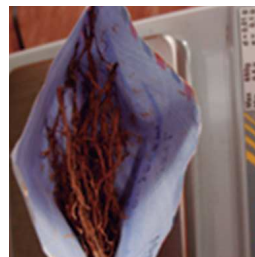
Tamización de raíces finas.



Seleccionado de raíces finas.



Secado de muestras a 40° C.



Pesado de raíces secas.



PROYECTO
**“Reducción de las emisiones de la deforestación y degradación
mediante alternativas de uso de las tierras en los bosques
tropicales”**
REDD ALERT

Contexto

Un estimado de 13 millones de hectáreas de los bosques tropicales son destruidos cada año, resultando en la emisión de 5.8 Gt (gigatoneladas) de CO₂ anualmente, cerca del 20% del total de emisiones de gases de efecto invernadero que son causadas por actividades generadas por el ser humano (actividades antrópicas). Los responsables de esta destrucción generalmente incluyen una combinación de la extracción comercial de madera, cultivos permanentes, desarrollo de la ganadería, y la ampliación de la infraestructura del transporte terrestre.

Actualmente, hay conversaciones a nivel mundial sobre cómo puede ser incluido este 20% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero en los acuerdos internacionales sobre cambio climático para seguir con los acuerdos del Protocolo de Kioto después del 2012. Las conversaciones ponen énfasis en apoyar un mecanismo global para la reducción de las emisiones por la deforestación en países en desarrollo (REDD-plus) de acuerdo con la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (UNFCCC) se recompensará a los países que reduzcan su tasa de deforestación e incrementen sus reservas de Carbono en las áreas forestales.

En ese sentido, el conocimiento generado en este proyecto facilitará la identificación y la evaluación de opciones políticas viables dirigidas a los causantes de la deforestación y su consistencia con los enfoques políticos del REDD que están siendo actualmente discutidos en el UNFCCC. Mediante el desarrollo de una mejor cuantificación espacial del cambio de uso de la tierra y los flujos asociados a los gases de efecto invernadero, nosotros apoyaremos a mejorar la contabilidad nacional de emisiones de gases de efecto invernadero resultante del cambio de uso de la tierra en los márgenes de los bosques tropicales y en las turberas. Estos datos ayudarán a construir escenarios para comprender los impactos potenciales de las políticas internacionales de cambio climático respecto a la reducción de emisiones, el uso de la tierra, y los medios de subsistencia en nuestras áreas de estudio de caso. El resultado de éste análisis será usado para desarrollar nuevas herramientas para apoyar a los interesados locales, nacionales e internacionales en la construcción y gestión de los nuevos acuerdos sobre el clima a nivel mundial.

Financiado por:

