

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**SERVICIO ECOSISTÉMICO DE
ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN
EL SUELO EN EL SECTOR COMUNIZ
DE LA RESERVA COMUNAL YÁNESHA**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR:

YESICA ROSENY SCHMIDT MULLER

2013



T
AMB

SCHMIDT MÜLLER, YESICA ROSENY

Servicio Ecosistémico de Almacenamiento Carbono en el Suelo en el Sector Comufiz de la Reserva Comunal Yánesha, 2013.

58 páginas; 05 cuadros; 14 fgrs.; 52 ref.; 30 cm.

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

- | | | |
|-----------------|------------------------|--------------------------|
| 1. SUELO | 2. ECOSISTEMICO | 3. ALMACENAMIENTO |
| 4. CAMPO | 5. MUESTRAS | 6. CARBONO |



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María - Perú

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 05 de diciembre de 2013 a horas 5:22 p.m., en la Sala de Conferencias del Departamento Académico de Ciencias Ambientales de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la Tesis titulada:

“SERVICIO ECOSISTÉMICO DE ALMACENAMIENTO DE CARBONO EN EL SUELO EN EL SECTOR COMUÑIZ DE LA RESERVA COMUNAL YÁNESHA”

Presentada por la Bachiller: **YESICA ROSENY SCHMIDT MÜLLER**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“MUY BUENO”**

En consecuencia, la sustentante queda Apta para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

Tingo María, 21 de enero de 2014.

Dr. MANUEL NIQUE ALVAREZ
PRESIDENTE



ING. M.Sc. JOSÉ LÉVANO CRISÓSTOMO
VOCAL

Ing. M.Sc. LADISLAO RUIZ RENGIFO
VOCAL

Blgo. M.Sc. EDILBERTO CHUQUILÍN BUSTAMANTE
ASESOR

Ing. M.Sc. RONALD H. PUERTA TUESTA
ASESOR

DEDICATORIA

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

A mis padres Elías Schmidt y Lucila Müller, por su amor, comprensión, dedicación, entrega y su apoyo incondicional en mi formación académica y espiritual en valores, compartiendo buenos y malos momentos y enseñarme a encarar las adversidades con madurez.

A mis hermanos Marleny, Robinson y Edwin, por su cariño, confianza, por siempre estar presentes en los momentos más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme abierto sus puertas para estudiar y ser hoy en día una profesional.
- A mis padres que me han brindado todo lo que soy como persona, valores, principios, perseverancia, empeño y educación.
- A Elías Schmidt, mi padre, por su apoyo, paciencia, dedicación, esfuerzo en cada una de las salidas de evaluaciones en campo de la presente tesis.
- A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables y demás facultades que han aportado en mi formación académica y personal, inculcándome valores, buenos hábitos y por brindarme su experiencia en conocimientos para mi formación profesional.
- A mis jurados de tesis: Blgo. Manuel Ñique Álvarez, Ing. Ladislao Ruiz Rengifo, Ing. José Lévano Crisóstomo, por sus oportunas sugerencias.
- A mis asesores de tesis, Blgo. Edilberto Chuquilin Bustamante e Ing. Ronald Hugo Puerta Tuesta, por el apoyo técnico incondicional, dedicación constante, confianza y esfuerzo, por sus sugerencias en la culminación y revisión del informe final.
- Al Ing. Rafael Robles Rodríguez, por su asesoría en la redacción y culminación de mi tesis profesional.
- Al SERNANP, especialmente al Ing. Hermes Liviac Espinoza e Ing. Luis A. Muñoz Chanca, por permitirme realizar la tesis, por el apoyo y asesoramiento durante la ejecución.
- A los guardaparques del SERNANP, por su compañía y esfuerzo, en cada una de las fases de evaluación en campo.

- Al Centro de Salud Fátima Patel, al Obstetra César Arias, por autorizarme y permitirme realizar los análisis en los laboratorios de su institución.
- Al Ing. Luis García Carrión y Manuela Rodríguez Sánchez, por haberme hecho participe de su familia, por su apoyo moral e incondicional.
- A todas las personas que me brindaron su colaboración, conocimientos, ayuda y sobre todo su amistad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Reserva Comunal Yánesha	4
2.1.1. Antecedentes.....	4
2.1.2. Establecimiento de la Reserva Comunal Yánesha.....	5
2.2. Inserción de la investigación científica para la gestión de la biodiversidad.....	8
2.3. Antecedes de carbono almacenado en Áreas Naturales Protegidas.....	9
2.4. Servicios ecosistémicos.....	9
2.4.1. Origen de los servicios ecosistémicos.....	9
2.4.2. Definición de los servicios ecosistémicos.....	10
2.4.3. Enfoque ecosistémico	11
2.4.4. Clasificación de los servicios ecosistémicos	11
2.5. Secuestro de carbono en el suelo.....	12
2.6. Fijación de carbono en el suelo	13
2.7. El suelo	14
2.7.1. El rol del suelo en el ciclo global del carbono.....	14

2.7.2. Materia orgánica del suelo	15
2.7.3. Formas de carbono en el suelo	15
2.8. El ciclo del carbono.....	16
2.9. Dióxido de carbono como principal gas de efecto invernadero.....	18
2.10. Influencia de la Amazonía en el cambio climático	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Descripción de la zona de trabajo.....	21
3.1.1. Lugar de ejecución	21
3.1.2. Ubicación geográfica	21
3.1.3. Zonas de vida.....	21
3.1.4. Ecosistemas	22
3.1.4.1. Selva baja.....	22
3.1.4.2. Selva alta o yungas	22
3.1.5. Flora	23
3.1.6. Condiciones climáticas	24
3.2. Materiales, herramientas y equipos	24
3.3. Metodología	25
3.3.1. Fase inicial de gabinete.....	25
3.3.1.1. Estratificación del área	25
3.3.1.2. Diseño de muestreo	26

3.3.2. Fase de campo.....	27
3.3.2.1. Obtención de muestras de suelo.....	28
3.3.2.2. Obtención de muestras de hojarasca.....	29
3.3.2.3. Obtención de la muestra de raíces finas	30
3.3.3. Fase de laboratorio.....	31
3.3.3.1. Obtención de datos de carbono almacenado en el suelo...	31
3.3.3.2. Obtención de datos de carbono en hojarasca.....	32
3.3.3.3. Obtención de datos de carbono en raíces.....	32
3.3.4. Fase final de gabinete	32
3.3.4.1. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en el suelo	33
3.3.4.2. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en hojarasca.....	34
3.3.4.3. Cálculo para la obtención de carbono almacenado en raíces	35
3.3.4.4. Comparación del carbono total almacenado en el suelo, hojarasca y raíces con las zonas de vida.....	35
IV. RESULTADOS.....	37
4.1. Contenido de carbono orgánico en el suelo en cada uno de los cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha	37

4.2. Contenido de carbono en hojarascas en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha	39
4.3. Contenido de carbono almacenado en raíces en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha	41
4.4. Carbono total acumulado en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha	43
4.5. Comparación de carbono total almacenado en el suelo, hojarascas y raíces con las zonas de vida, en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha	46
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	57
VII. RECOMENDACIONES	59
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
ANEXO	68

INDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Rango altitudinales de muestreo en la Reserva Comunal Yánesha. ...	26
2. Contenido promedio de carbono orgánico en el suelo en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.	37
3. Carbono almacenado promedio en hojarascas en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.	40
4. Carbono promedio en raíces en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.	42
5. Total de carbono almacenado en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.	44
6. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 1, de la Reserva Comunal Yánesha.	72
7. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 2, de la Reserva Comunal Yánesha.	72
8. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 3, de la Reserva Comunal Yánesha.	73
9. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 4, de la Reserva Comunal Yánesha.	73
10. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 5, de la Reserva Comunal Yánesha.	74

11. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 1, de la Reserva Comunal Yánesha.	74
12. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 2, de la Reserva Comunal Yánesha	75
13. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 3, de la Reserva Comunal Yánesha.	75
14. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 4, de la Reserva Comunal Yánesha.	76
15. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 5, de la Reserva Comunal Yánesha.	76
16. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 1, de la Reserva Comunal Yánesha.....	77
17. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 2, de la Reserva Comunal Yánesha.....	77
18. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 3, de la Reserva Comunal Yánesha.....	78
19. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 4, de la Reserva Comunal Yánesha.....	78
20. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 5, de la Reserva Comunal Yánesha.....	79
21. Datos de la Estación Meteorológica de DESCO (programa Selva Central)	79

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Diagrama simplificado del ciclo del carbono (ORDÓÑEZ, 1999).	17
2. Esquema general de muestreo de campo.	27
3. Diagrama de muestreo de suelo para el análisis de carbono orgánico, densidad aparente y raíces (ICRAF, 2009).	29
4. Esquema de muestreo de hojarasca (MacDICKEN, 1997).	30
5. Carbono/hectárea en el suelo en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.	38
6. Contenido de carbono orgánico almacenado en el suelo con un ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.	39
7. Carbono/hectárea en hojarasca en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.	40
8. Contenido de carbono almacenado en hojarasca con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.	41
9. Carbono/hectárea en raíces en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.	42
10. Contenido de carbono almacenado en raíces con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.	43
11. Carbono/hectárea en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.	44

12. Contenido de carbono almacenado en los tres componentes con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.....	45
13. Mapa de zonificación de la Reserva Comunal Yánesha.....	47
14. Mapa ecológico del Perú.....	48
15. Delimitación de la parcela para el muestreo de suelo, hojarasca y raíces.....	80
16. Medición y establecimiento de los rangos para la obtención de muestras.....	80
17. Introducción de cilindro para la medición de la densidad aparente.....	81
18. Recolección de hojarasca en un área de 0.25 m ²	81
19. Muestras embolsadas y etiquetadas listas para su análisis.....	82
20. Pesado de raíces.....	82
21. Tamizado de raíces de plantas herbáceas.....	83
22. Secado de muestras de suelo para ser enviadas al laboratorio.....	83

RESUMEN

La presente investigación fue realizada durante el año 2013, en la Reserva Comunal Yánesha, en los laboratorios del Centro de Salud Fátima Patel de Iscozacín y Análisis de Suelos de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), teniendo como objetivo principal, determinar la cantidad de carbono almacenado a diferentes altitudes, del suelo, hojarascas y raíces finas. La investigación se inició en la fase de gabinete, con la estratificación del área, teniendo cinco gradientes altitudinales con diferencias de altitudes de 260 m cada uno, donde la altitud máxima fue de 1600 msnm y la mínima de 300 msnm. En cada gradiente altitudinal se estableció una parcela de 50 x 20 m, la misma que fue dividida en dos (02) sub parcelas de 50 x 10 m, una para el muestreo de carbono orgánico, raíces finas y densidad aparente, y la otra para el muestreo de hojarascas. Una de las sub parcela de 50 x 10 m fue dividida en dos áreas de 25 x 10 m, se estableció un área de 1 m² en cada una de ellas para cavar cuatro (04) calicatas de 0.30 x 0.30 x 0.30 m de profundidad, con tres rangos de muestreo: 0.00 – 0.10 m; 0.10 – 0.20 m; 0.2 – 0.3 m. En tres de las calicatas, con la ayuda de una pala recta se tomó una muestra de suelo de 0.5 kg por cada rango, las muestras obtenidas de las mismas profundidades se mezclaron y se obtuvo una muestra uniforme y representativa del lugar; en la cuarta calicata se obtuvo muestras de raíces finas y también densidad aparente, para la que usó un cilindro 92.25 cm³ de volumen. La otra sub parcela de 50 x 10 m, se dividió en 10 partes iguales, de la que se obtuvo diez muestras de hojarascas. Para la determinación del carbono orgánico del suelo se usó el método de Walkley y Black; así mismo las

muestras de raíces finas, hojarasca y densidad aparente se pesaron en una balanza digital y se secó en una estufa a 75 °C. El carbono almacenado en los tres componentes: suelo, hojarasca y raíces finas, en cada uno de los gradientes altitudinales: 300 – 560; 560 – 820; 820 – 1080; 1080 – 1340; 1340 – 1600 msnm fue de 137.2500; 146.5725; 113.1510; 113.0205 y 90.4670 t/ha respectivamente.

ABSTRACT

The research was conducted during 2013, at Communal Reserve Yanasha, in laboratories of the Health Center Fatima Patel of Iscozacin and Soil Analysis of Agricultural Department, of National University of The Agricultural Amazon (Universidad Nacional Agraria de la Selva, UNAS), with the principal aim, determine the amount carbon stored in different altitudes, in soil, leaf litter, and fine roofs. The study of investigation was began in the phase of cabinet, with the stratification of the area, getting five (05) altitudinal gradients with differences in altitude of 260 meters each one, where the maximum altitude was 1600 meters above sea level and minimum altitude of 300 meters above sea level. In each altitudinal gradients was established a plot of 50 x 20 meters, this plot was divided in two (02) sub plots of 50 x 10 meters, the plot one is for organic carbon sampling, fine roofs and apparent density, and leaf litter sampling. The plot two of 50 x 10 meters was divided in two areas of 25 x 10 meters, established an area of 1 m² in each one of them for digging four (04) soil pits of 0.30 x 0.30 x 0.30 meters of deep, with three ranges of samplings: 0.00 – 0.10 m; 0.10 – 0.20 m; 0.20 – 0.30 m. In three soil pits was got a soil sampling of 0.5 kg. for each range, the samplings got of the same deeps was mixed for a uniform sampling and representative of the place; at fourth soil pit was got samplings of fine roofs and apparent density too, it was used a cylinder 92.25 cm³ of volume. The other sub pot of 50 x 10 m was divided in ten equal parts, from this parts was got leaf litter samplings. For determining of organic carbon from soil, it was used the Walkley and Black method; Thus, the fine roof

samplings, leaf litter and apparent density was weighed in a digital balance and dried in an oven at 75 C°. The storage Carbon in components: soil, leaf litter and fine roofs, in each altitudinal gradients: 300 – 560; 560 – 820; 820 – 1080; 1080 – 1340; 1340 – 1600 meters above sea level was 137.2500; 146.5725; 113.1510; 113.0205 and 90.4670 t/ha respectively.

I. INTRODUCCIÓN

Las Áreas Naturales Protegidas representan una fuente primordial de ocupación para decenas de miles de familias que dependen del turismo, además de que prestan servicios ambientales esenciales para las poblaciones vinculadas a ellas; también son de gran importancia para la construcción de la ciudadanía y para salvaguardar nuestro patrimonio natural y cultural; a la vez que posibilitan la generación de conocimientos y oportunidades que ofrecen para la investigación científica y la educación ambiental (LEÓN, 2007). La creación de Áreas Naturales Protegidas constituye hasta hoy una de las mejores estrategias para conservar la biodiversidad existente, a cuya gestión se suman las instituciones públicas de nivel nacional, regional y local; así como todos los actores privados vinculados a ellas. Estas áreas por el mismo hecho de conservar los recursos naturales, también aseguran la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, proporcionándonos además una serie de servicios ambientales, así como distintos tipos de comunidades naturales, paisajes y formas fisiográficas (SERNANP, 2012a).

En la actualidad, existen programas y esquemas encaminados a valorar los servicios ambientales; el objetivo de estos esfuerzos es educar a los diferentes actores de la sociedad para canalizar los recursos necesarios e incentivar la conservación y restauración de los ecosistemas; los servicios

ecosistémicos que son valorados de esta forma, son la captura y almacenamiento de carbono en el suelo; los bosques y la vegetación en general que se ubican en las áreas naturales y particularmente en las Áreas Naturales Protegidas ofrecen servicios de almacenamiento de carbono, a través de la fotosíntesis, remueven de la atmósfera el dióxido de carbono (CO_2) para fijarlo en sus tejidos, que posteriormente son almacenados en el suelo a través de la materia orgánica.

La Reserva Comunal Yánesha, es un área poco conocida y promocionada para realizar estudios de bienes y servicios ambientales dentro de su área, por lo que no existe suficiente información como base o para proporcionar a la comunidad científica local y nacional. En dicha reserva no se tiene conocimiento sobre la dinámica del carbono, la relación de carbono con los tipos de ecosistemas paisajísticos, tipos de bosques, ni la cantidad de carbono almacenado a diferentes altitudes. Ante la problemática planteada surgió la siguiente interrogante: ¿Existirá diferencias en el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en el suelo, del sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha?

Se aseveró la hipótesis, de que los suelos ubicados a menor altitud sobre el nivel del mar, presentan un mayor servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en comparación a los suelos ubicados a mayor altitud.

La presente investigación buscó generar información técnico científica, permitiendo conocer la cantidad de carbono que se almacena en el suelo del sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha, para tal fin se establecieron cinco (05) parcelas de 1000 m² en diferentes gradientes altitudinales. Al mismo tiempo permitió desarrollar opciones para mejorar la gestión Áreas Naturales Protegidas; encontrar adaptaciones frente a eventuales cambios climáticos perniciosos y servir de sustento para posteriores investigaciones científicas.

Objetivo general

- Evaluar el servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en el suelo en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha.

Objetivos específicos

- Estimar el carbono almacenado en el suelo a diferentes gradientes altitudinales en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha.
- Evaluar el carbono almacenado en hojarasca a diferentes gradientes altitudinales en el sector Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha.
- Estimar el carbono almacenado en raíces a diferentes gradientes altitudinales en el sector Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha.
- Comparar el carbono total almacenado en el suelo, hojarasca y raíces con las zonas de vida localizadas en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Reserva Comunal Yánesha

2.1.1. Antecedentes

En el diagnóstico del Proceso de Elaboración del Plan Maestro 2011 - 2016 de la Reserva Comunal Yánesha (SERNANP, 2012a) se menciona que en el año de 1974, se iniciaron las primeras propuestas para establecer Áreas Naturales Protegidas en territorio Yánesha (Amuesha), es así que Stefano Varesse, Antonio Brack y Richard Smith, propusieron el establecimiento de la Reserva Comunal Yánesha – Chemillén, que forma parte de la cuenca alta del río Palcazú.

De ellos quien, propuso específicamente la creación de una reserva a favor de la nación Yánesha fue el antropólogo Richard Smith, para lo cual presentó su propuesta a la dirección de Conservación del Ministerio de Agricultura: en esta propuesta incluyó una faja del territorio Amuesha, colindante con la cordillera Yanachaga (hoy Parque Nacional Yanachaga Chemillén) a lo largo de su flanco oriental. El mismo autor reafirmó su propuesta publicando su informe “El Proyecto Amuesha-Yanachaga, Perú” en 1975, considerando una Reserva Comunal dentro de su propuesta de titulación y usos de tierras, tomando en cuenta a la nación Yánesha.

El Departamento de Manejo Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en su propuesta de Plan de Manejo y Desarrollo Industrial Forestal de los Valles Pichis y Palcazú”, identificó principalmente áreas de protección y Áreas Naturales Protegidas, denominadas en ese entonces “Unidades de Conservación” en estas zonas; dicha identificación incluyó gran parte de la Reserva Comunal propuesta, ubicada dentro del área actual del Parque Nacional Yanachaga – Chemillén.

En octubre de 1981 en un apéndice hecho por Smith para el Proyecto “Manejo de Recursos Naturales en Selva Central”, de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) aprobado por el gobierno peruano y desarrollado a través del Proyecto Especial Pichis Palcazú (PEPP), planteó una consolidación territorial de las comunidades Yánesha, sobre la base de su situación e identidad social y cultural, además de protegerlos contra los efectos negativos de la carretera de penetración y de la colonización espontánea.

2.1.2. Establecimiento de la Reserva Comunal Yánesha

El SERNANP (2012b) menciona que la Reserva Comunal Yánesha fue declarada como tal, el 28 de abril de 1988, a través de la Resolución Suprema N° 0193-88AG/DGFF, teniendo en consideración que el área boscosa existente en la parte alta del río Palcazú y aledaña al Parque Nacional Yanachaga, sirve para la conservación de la fauna silvestre en beneficio de las comunidades nativas Yánesha aledañas y sus productos son fuente tradicional

de alimentación, asimismo; el Área Natural Protegida permitiría el mantenimiento y desarrollo de los valores culturales de las mencionadas comunidades en ambas márgenes del río Palcazú.

Adicionalmente, la importancia de la creación de la Reserva Comunal radicaba en el hecho de que se constituía en el complemento necesario al régimen de protección de tierras de la cuenca alta de los valles Oxapampa, Pozuzo y Palcazú, planteado por el Proyecto Especial Pichis Palcazú (PEPP), ya protegidos por el Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCH) y el Bosque de Protección San Matías - San Carlos (BPSMSC).

Así, el Proyecto Especial Pichis Palcazú logró el establecimiento del PNYCH, el BPSMSC y la Reserva Comunal Yánesha (RCY), la primera vez en que diferentes categorías de Áreas Naturales Protegidas, se combinaban en un proyecto de desarrollo con el fin de lograr diferentes objetivos de manejo, como muestra de las estrategias para lograr el uso apropiado de las tierras involucradas.

El establecimiento de la RCY como complementario socio – ambiental, al régimen de protección de tierras altas del valle de Palcazú, fue posible dentro del contexto del Decreto Supremo N° 157-81-AG, el 06 de noviembre de 1981, el cual determina que las tierras agropecuarias, los recursos forestales comprendidos en el ámbito del Proyecto Especial Pichis Palcazú, cuyo ámbito incluía las provincias de Oxapampa, Chanchamayo,

Satipo, Pachitea y Puerto Inca, quedaban reservados a favor de éste, para la ejecución de sus planes de asentamiento y desarrollo rural.

Cabe mencionar que dentro de la propuesta de la Agencia de los Estados Unidos para la Conservación Internacional (USAID), para la protección de la cuenca alta del Palcazú, sólo se había previsto inicialmente el Parque Nacional y el Bosque de Protección, más no la Reserva Comunal; éstas Áreas Naturales Protegidas comparten un territorio continuo, lo cual hace que al conjunto de las tres áreas Naturales Protegidas se les denomine actualmente "Complejo Yanachaga".

El expediente técnico para el establecimiento de la "Reserva Comunal Yánesha" fue elaborado por el Proyecto Especial Pichis Palcazú, en coordinación con la Unidad Agraria Departamental XV – Páscó, que determina la conveniencia de establecer la Reserva Comunal de una extensión superficial de 34 744,70 hectáreas, sobre la base de un plano y memoria descriptiva elaborados.

La Reserva según la Resolución Suprema de reconocimiento, se establece para la conservación de flora y fauna silvestre en beneficio de 10 comunidades nativas aledañas que son las siguientes: San Pedro de Pichanaz, Santa Rosa de Pichanaz, Loma Linda Laguna, Shiringamazú, Alto Iscozacín, Siete de Junio, Nueva Esperanza, Alto Lagarto, Santa Rosa de Chuchurras y Buenos Aires; en la respectiva resolución se expresa además que dentro de la

Reserva Comunal no pueden establecerse centro poblados, ni realizarse actividades agropecuarias o de extracción forestal.

2.2. Inserción de la investigación científica para la gestión de la biodiversidad

El desarrollo de investigaciones científicas al interior de la Reserva Comunal Yánesha va a generar información relevante para el ANP; muchas de estas investigaciones científicas estarán orientadas a mejorar el conocimiento de los sistemas naturales y especies en la Reserva Comunal Yánesha, su zona de amortiguamiento y a conocer más sobre el componente humano (SERNANP, 2012a).

Dentro de las actividades establecidas y autorizadas a realizar dentro de dicha Área Natural Protegida, se menciona lo siguiente (SERNANP, 2012a):

- Identificar temas de interés en investigaciones requeridas y necesarias para la Reserva Comunal Yánesha.
- Establecer convenios con universidades e institutos técnicos, con el fin de que sus estudiantes realicen estudios e investigaciones de la biodiversidad, objetos de conservación, servicios ambientales y los conocimientos y prácticas ancestrales Yánesha.
- Elaborar el plan de investigaciones de la RCY priorizando los temas de interés del ANP, para el adecuado aprovechamiento y recuperación de técnicas tradicionales.

2.3. Antecedes de carbono almacenado en Áreas Naturales Protegidas

En la Reserva Comunal Yánesha no se han realizado anteriormente estudios de cuantificación de carbono almacenado, ni en el suelo ni en la parte aérea; en el Perú son pocas las Áreas Naturales Protegidas en las que se ha realizado estos estudios, entre ellas tenemos: Parque nacional Tingo María, donde se cuantificó la cantidad de carbono almacenado en el suelo, hojarascas y raíces, obteniéndose un total que varía entre 127,419 y 504.541 t/ha. En la Reserva Nacional Tambo pata y el Parque Nacional Bahuaja Sonene, se realizó la cuantificación del contenido de carbono almacenado en la biomasa de estos bosques; el promedio de carbono del área fue de 127,68 t/ha, con un error de muestreo de 8.39% para toda el área de estudio. El Bosque de Protección Alto Mayo ha adquirido US\$3,5 millones en bonos de carbono, de un hábitat de 23 especies de flora y fauna en peligro de extinción.

2.4. Servicios ecosistémicos

2.4.1. Origen de los servicios ecosistémicos

El concepto de servicios ecosistémicos surge del movimiento ambientalista de Estados Unidos en la década de 1970, pero también de la conceptualización creciente de la naturaleza como conjuntos de sistemas integrados (BALVANERA *et al.*, 2010).

En una de las primeras aproximaciones a su estudio se los definió como condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que forman parte de ellos, sostienen y satisfacen la vida humana (FERRARO, 2010).

Los servicios ecosistémicos y servicios ambientales son equivalentes sólo de forma parcial; el primero se utiliza en contextos académicos y algunos programas internacionales para enfatizar que los servicios son producto de la interacción entre los distintos componentes de los ecosistemas. El segundo hace referencia a "ambiente" o "medio ambiente" para armonizar con el léxico de secretarías o ministerios en el ramo (BALVANERA, *et al.*, 2010).

2.4.2. Definición de los servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos son beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas a través de sus productos y procesos; son aquellos que sostienen la vida sobre la tierra, se renuevan, contribuyen a conservar los ecosistemas, permiten su autorregulación y el reciclaje de sus propios desechos, proveen bienes y servicios a la humanidad y son insustituibles (TARTÉ, 2008).

Los ecosistemas constituyen un capital natural que es necesario conservar para disponer de servicios como la regulación del clima, fijación de carbono, fertilidad del suelo, polinización, filtración de contaminantes, provisión

de agua limpia, control de las inundaciones, recreación, valores estéticos y espirituales (Daily, 1997, citado por UNESCO, 2010).

2.4.3. Enfoque ecosistémico

El enfoque ecosistémico, es una estrategia para la ordenación integrada de la tierra, el agua y los recursos vivos, que promueve la conservación y el uso sostenible de manera equitativa. Se basa en la aplicación de métodos científicos adecuados centrados en los niveles de organización biológica, que abarca los procesos, las funciones y las interacciones esenciales entre los organismos y su ambiente, y que reconoce a los humanos, con su diversidad cultural, como un componente integrante de los ecosistemas (FAO, 2013).

2.4.4. Clasificación de los servicios ecosistémicos

CAMACHO (2011) menciona una aproximación para clasificar los servicios ecosistémicos, que es la derivada de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2003), y es probablemente la más difundida y aceptada y que define los servicios ecosistémicos como “los beneficios que la población obtiene de los ecosistemas”.

Las clases de servicios ecosistémicos según CAMACHO (2011) son las siguientes:

- a. **Servicios de soporte:** Son los servicios necesarios para la producción de todos los demás servicios ecosistémicos (formación de suelos, reciclaje de nutrientes, producción primaria).
- b. **Servicios de aprovisionamiento:** Los servicios de aprovisionamiento son productos obtenidos del ecosistema (alimentos, agua dulce, leña, fibras, bioquímicos, recursos genéticos).
- c. **Servicios de regulación:** Son los beneficios obtenidos de la regulación de los procesos del ecosistema (regulación del clima, regulación de enfermedades, regulación y saneamiento del agua, polinización).
- d. **Servicios culturales:** Los servicios culturales son los beneficios no materiales que las personas obtienen de los ecosistemas (espiritual, religioso, recreativo, turístico, estético, inspirativo, educativo, identidad del sitio, herencia cultural).

Las reservas de biósfera prestan importantes servicios ecosistémicos, tales como: de provisión (agrodiversidad, agua), de regulación (clima, calidad del agua, control de erosión), culturales (turismo y recreación) y de soporte (suelos, producción primaria) (UNESCO, 2010).

2.5. Secuestro de carbono en el suelo

El secuestro de carbono se efectúa en los ecosistemas forestales mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través de la fotosíntesis y la respiración, llevando al almacenamiento en la biomasa y en el suelo (DE PETRE *et al.*, 2011).

Las entradas de carbono al suelo provienen de diferentes fuentes como: la hojarasca de las herbáceas, la hojarasca de los árboles y la muerte de las raíces de las diferentes plantas que componen el sistema. Las salidas están determinadas principalmente por la oxidación de la materia orgánica del suelo en forma de CO_2 ; el incremento de CO_2 en nuestra atmósfera influye directamente sobre la productividad de los cultivos, el mejoramiento del suelo, del agua y de la calidad del aire (ESPINOZA, 2005).

Aunque la estimación del carbono almacenado en el suelo no es fácil de cuantificar, ésta es necesaria para entender mejor la distribución y la importancia relativa de los almacenes aéreos y subterráneos de carbono en los ecosistemas terrestres (ACOSTA *et al.*, 2001).

2.6. Fijación de carbono en el suelo

Las existencias de carbono orgánico presente en los suelos naturales representan un balance dinámico entre la absorción de material vegetal muerto y la pérdida por descomposición (mineralización); en condiciones aeróbicas del suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y sola una pequeña fracción (1%) del que ingresa (55 Pg/año) se acumula en la fracción húmica estable (0.4 Pg/año) (JACKSON, 1964).

La materia orgánica del suelo tiene una composición muy compleja y heterogénea, está por lo general mezclada o asociada con los constituyentes minerales del suelo; las partículas de materia orgánica son muy sensibles a los cambios en el uso de la tierra (JACKSON, 1964).

Los diferentes grupos de materia orgánica en los suelos son influenciados por distintos factores; las partículas de materia orgánica libre y la biomasa microbiana de los suelos son controladas por el aporte de residuos, manejo de residuos de cultivos o cobertura del suelo y el clima. La agregación del suelo, la textura y la mineralogía controlan la materia orgánica en macro agregados (COYNE, 2000).

2.7. El suelo

Esta capa, cuyo espesor varía entre unos pocos centímetros y dos o tres metros, puede parecer insignificante comparada con la masa de nuestro planeta; sin embargo, en esos pocos centímetros, los reinos vegetal y animal se encuentran con el mundo mineral y establecen con él una relación dinámica. Los residuos vegetales y animales retornan al suelo, donde son descompuestos por la numerosa población microbiana que allí vive. (THOMPSON y THOEH, 1982).

2.7.1. El rol del suelo en el ciclo global del carbono

El suelo desempeña un importante papel en el ciclo del carbono y puede representar una fuente importante de CO₂ y de otros gases de efecto invernadero a la atmósfera. La cantidad total de carbono que contiene el suelo es dos a tres veces superior al del CO₂ atmosférico. En el suelo, este gas se produce, fundamentalmente, a través del metabolismo de la microflora y de las raíces de la planta, siendo la descomposición microbiana de compuestos orgánicos el proceso más importante que lo genera. Durante la descomposición

una parte del carbono es devuelto a la atmósfera en forma de CO_2 mientras que otra se transforma en otros compuestos más sencillos o se almacena en las propias estructuras microbianas (PÉREZ *et al.*, 1998).

2.7.2. Materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo es un indicador clave de la calidad del suelo, tanto en sus funciones agrícolas (producción y economía) como en sus funciones ambientales, entre ellas captura de carbono y calidad del aire. La materia orgánica del suelo es el principal determinante de su actividad biológica. La cantidad, la diversidad y la actividad de la fauna del suelo y de los microorganismos están directamente relacionadas con la materia orgánica. La materia orgánica y la actividad biológica que esta genera tienen gran influencia sobre las propiedades químicas y físicas de los suelos (FAO, 2002).

2.7.3. Formas de carbono en el suelo

Según JACKSON (1964) el carbono se encuentra en los suelos formando parte de cuatro tipos de materiales orgánicos y minerales.

- a) Carbonatos minerales, principalmente CaCO_3 y MgCO_3 , pero se presenta también pequeñas cantidades muy activas e importantes de CO_2 y también de HCO_3^- y $\text{CO}_3^{=}$, iones derivados de los carbonatos más solubles.
- b) Formas muy condensadas de composición próximas al carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón de hulla).

- c) Residuos de plantas, animales y microorganismos, alterados y bastantes resistentes, denominados a veces "humus" y "humatos", que no constituyen un compuesto único, al contrario de lo que parece sugerir estas denominaciones.
- d) Residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y de microorganismos vivos y muertos, que sufren descomposición bastante rápida en los suelos.

Evidentemente el carbono total de los suelos incluye estas cuatro formas. El carbono orgánico total incluye las tres últimas, siendo eliminadas las formas minerales por lavado de un ácido reductor diluido antes de la determinación del carbono orgánico. La materia orgánica químicamente activa que se encuentra relacionada con la génesis del suelo y su fertilidad incluye las formas c y d (JACKSON, 1964).

2.8. El ciclo del carbono

ORDOÑEZ (1999) menciona que, la dinámica de los ecosistemas terrestres depende de las interacciones entre diversos ciclos biogeoquímicos, particularmente el ciclo del carbono, los ciclos de nutrientes y el ciclo hidrológico, todos los cuales pueden resultar modificados por las actividades de las personas.

Los sistemas ecológicos de la Tierra, por medio de los cuales el carbono queda retenido en la biomasa viva, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo del

carbono mundial. El carbono es intercambiado de manera natural entre estos sistemas y la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión. Este ciclo gira especialmente alrededor del dióxido de carbono, debido a que constituye la especie química predominante en la atmósfera (ORDÓÑEZ, 1999).

El ciclo funciona básicamente a través de la fotosíntesis, la respiración, las emisiones por quema de combustibles fósiles y fenómenos naturales como las erupciones volcánicas; del mismo modo, se afirma que, el ciclo del carbono es el responsable de la cantidad de CO_2 contenido en la atmósfera (ORDÓÑEZ, 1999).

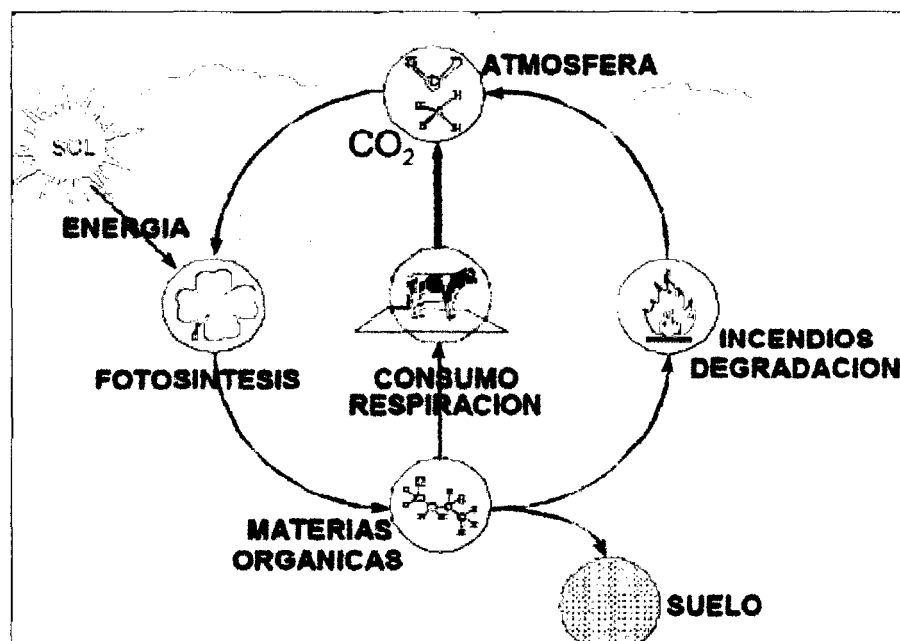


Figura 1. Diagrama simplificado del ciclo del carbono (ORDÓÑEZ, 1999).

La incorporación del carbono al ciclo biológico, se da por medio de la fotosíntesis que produce energía bioquímica para los procesos fisiológicos y de formación de materia biológica (biomasa) a partir del CO_2 , energía radiante y nutriente. No todo el CO_2 asimilado es transformado a biomasa, sino que una parte es regresada a la atmósfera por medio de la respiración que se lleva a cabo durante los procesos fisiológicos (OLIVA y GARCÍA, 1998).

El carbono fijado por las plantas se transforma en moléculas móviles, que se asignan a las diferentes estructuras de la planta para satisfacer sus demandas fisiológicas y estructurales. Esta asignación determina las rutas por las cuales se dará posteriormente el flujo de carbono al suelo. Cada especie de planta asignará carbono para producir biomasa en la parte aérea o en la parte subterránea (OLIVA y GARCÍA, 1998).

2.9. Dióxido de carbono como principal gas de efecto invernadero

Diferentes autores afirman que el dióxido de carbono (CO_2) es uno de los gases de efecto invernadero (GEI) más importante involucrado en un complejo ciclo global, en la actualidad su concentración ha llegado a 380 ppmv (partes por millón volumen), producto de la acción antropogénica: quema de combustibles fósiles y materia orgánica en general. Su emisión a la atmósfera por el cambio en el uso del suelo ocupa el segundo lugar a nivel mundial con una fuerte contribución de las zonas tropicales. La deforestación mundial anual se calcula en 17 millones de hectáreas, lo que significa una liberación anual de

cerca de 1.8 Gt C; lo que representa el 20% de las emisiones antropogénicas totales (MONTROYA *et al.*, 1995).

2.10. Influencia de la Amazonía en el cambio climático

El estudio del clima desde una perspectiva histórica indica que este ha sido y sigue cambiante, por su propia naturaleza a lo largo del tiempo. Pero en la actualidad asistimos a un intenso debate sobre un previsible cambio climático de origen antropogénico, es decir; de origen humano, supuestamente causado por un aumento de las emisiones de los gases de efecto invernadero en la atmósfera, en especial, el dióxido de carbono (CO₂), por lo que los gobiernos mundiales vienen intentando acordar políticas internacionales de reducción de dichos gases (LUCENA, 2002).

Recientes cálculos efectuados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) indican que se emiten anualmente alrededor de 7.900 millones de toneladas de carbono en la atmósfera, de las cuales 6.300 millones derivan de la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural) y 1.600 millones surgen como consecuencia de las talas. Del total del carbono emitido, aproximadamente 2.300 millones de toneladas son absorbidas por los océanos, 3.300 millones de toneladas se mantienen en la atmósfera, especialmente bajo la forma de CO₂, mientras que los 2.300 millones de toneladas restantes tienen como probables destinos los bosques templados boreales y tropicales, como la selva amazónica, que tienen la capacidad de

convertir el dióxido de carbono en biomasa, a través de la fotosíntesis (LUCENA, 2002).

La selva amazónica con sus 7,584.421 Km² de extensión abriga cerca del 50% de la biodiversidad mundial y ocupa áreas de seis países (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, y Venezuela) representando la vigésima parte de la superficie terrestre, cuatro decimos de América del Sur y tres quintos de Brasil (equivalente a un 70% de dicho ecosistema suramericano) (LUCENA, 2002).

Cálculos recientes del ciclo del carbono en la selva amazónica indican un saldo en los intercambios totales de CO₂ (emisión por respiración y secuestro por fotosíntesis) que varía de una a nueve toneladas de carbón al año, por hectárea preservada, que permanece en la biomasa de la selva (LUCENA, 2002).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción de la zona de trabajo

3.1.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se realizó en el área de la Reserva Comunal Yánesha (RCY), políticamente se encuentra ubicado en el departamento de Pasco, provincia de Oxapampa, distrito de Palcazú (ANEXO 9); dicha Área Natural Protegida tiene un superficie total de 34,744.70 ha (SERNANP, 2012b).

3.1.2. Ubicación geográfica

La Reserva Comunal Yánesha geográficamente se encuentra ubicada entre las coordenadas 10°11'00" y 10°29'00" de Latitud Sur y 75°04'00" y 75°27'00" de Longitud Oeste (SERNANP, 2012b).

3.1.3. Zonas de vida

INRENA (1995) indica que de acuerdo a la clasificación ecológica de las zonas de vida de HOLDRIDGE (1987), la Reserva Comunal Yánesha se encuentra ubicada en la formación vegetal de bosque húmedo Tropical (bh-T) y bosque pluvial Premontano Tropical (bp-PT), con una zona transicional bosque

muy húmedo Premontano Tropical. Según SERNANP (2012b) De acuerdo a las ecorregiones naturales del Perú, se encuentra entre los Bosques Húmedos del Ucayali y las Yungas Peruanas.

3.1.4. Ecosistemas

Los ecosistemas presentes en el ámbito de la Reserva Comunal Yánesha, desde la perspectiva de tipos de vegetación son los siguientes:

3.1.4.1. Selva baja

Es un bosque húmedo tropical siempre verde, de dosel cerrado, que se presenta y prospera en los valles amplios y planos de la provincia de Oxapampa, como son la cuenca baja de los ríos Pozuzo, Palcazú, Pichis y Pachitea. Estos bosques dan refugio a más de 10,000 especies de plantas. Las familias de plantas dominantes son Fabaceae, Moraceae y Rubiaceae, también con muchas especies representantes de las familias Annonaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, y Melastomataceae. Asimismo, la selva baja provee de un hábitat importante a un número grande de insectos, aves y mamíferos (SERNANP, 2012b).

3.1.4.2. Selva alta o yungas

Es un bosque tropical, de dosel cerrado que se presenta en el piedemonte de la cordillera de Yanachaga en el distrito de Palcazú, con un rango de elevación aproximado que oscila entre los 500 a 2,400 m de altitud.

Estos bosques húmedos montanos exhiben una composición y diversidad florística similar a la de los bosques húmedos de tierras bajas. Las familias dominantes son: Fabaceae, Moraceae, Annonaceae, Arecaceae, Burseraceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Nyctaginaceae, Melastomaceae, Meliaceae y Rubiaceae. Muchas orquídeas terrestres y epífitas florecen en las Yungas (SERNANP, 2012b).

3.1.5. Flora

La diversidad y variedad de la flora y vegetación en el territorio de la Reserva Comunal Yánesha, se debe a la complejidad del modelo fisiográfico, resultado de las influencias de los factores geográficos (geología, hidrografía, suelos y clima), los cuales proveen el sustrato para el desarrollo de adaptaciones por parte de las especies vegetales y sus comodidades, así como la fauna asociada (SERNANP, 2012b).

La diversidad vegetal incluye especies sin flores (como: algas, hongos, musgos y helechos) y con flores; que prosperan en forma de hierbas, enredaderas, lianas, arbustos, árboles, epífitas y parásitas, ocupando los más diversos nichos ecológicos en colinas, montañas, quebradas, encañadas, grietas rocosas y acumulaciones de suelos entre las pendientes, definiendo hábitats complejos (SERNANP, 2012b).

3.1.6. Condiciones climáticas

La estación meteorológica de DESCÓ, Programa Selva Central (Centro de estudios y promoción del desarrollo) está ubicada en el distrito de Palcazú, en la localidad de Iscozacín, la cual fue instalada en el mes de noviembre del 2012; se registra una temperatura máxima de 36.77 °C, y una temperatura mínima de 16.51 °C, siendo la temperatura media de 25.11 °C. La humedad relativa oscila entre 52.4% y 100%, con una media de 92.48%, la precipitación acumulada desde el 12 de noviembre del 2012, hasta el 17 de octubre del 2013 es de 4270.65 mm.

3.2. Materiales, herramientas y equipos

Para el desarrollo de las diferentes labores de campo y laboratorio, se ha requerido de lo siguiente: Dimensionador de madera de 0.25 m², hilo rafia, bolsas de plástico, costales de 50 Kg, cinta de embalaje, papel periódico, plumón indeleble, libreta de campo, etiquetas, estacas de madera, cilindro de muestreo, recipientes de plástico, tamiz de 2 mm. También se usó las siguientes herramientas de campo y equipos: machete, martillo, pala recta, wincha de 60 m, cinta métrica, GPS marca Garmin, modelo Montana 650, Computadora portátil, estufa, balanza digital y cámara digital.

3.3. Metodología

La ejecución de la presente investigación se realizó en cuatro (04) fases fundamentales: trabajo inicial de gabinete, de campo, de laboratorio y finalmente de gabinete.

3.3.1. Fase inicial de gabinete

3.3.1.1. Estratificación del área

Se reconoció el área de estudio de acuerdo al mapa de ubicación de la Reserva Comunal Yánesha, con la finalidad de estratificar el área en unidades homogéneas.

Para lo cual se tuvo en cuenta las unidades fisiográficas existentes en el área. El mapa altitudinal se elaboró teniendo como insumo principal, las curvas de nivel del IGN, del empalme 21 m de la carta nacional, que tiene un distanciamiento altitudinal de 40 m; se elaboró el modelo digital de elevación, a fin de poder determinar las geoformas, teniendo en cuenta los siguientes valores:

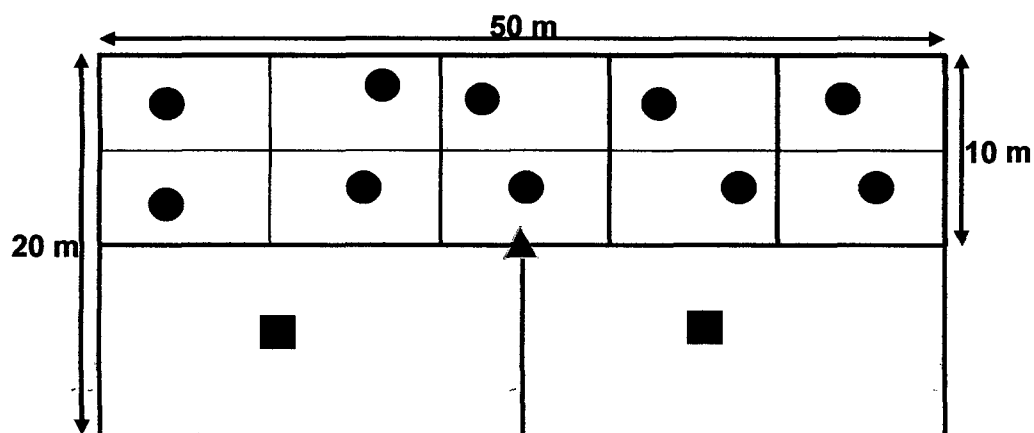
Cuadro 1. Rango altitudinales de muestreo en la Reserva Comunal Yánesha.

Rangos altitudinales de muestreo	Rango de altitudes (msnm)
Gradiente Altitudinal 1	300 – 560
Gradiente Altitudinal 2	560 – 820
Gradiente Altitudinal 3	820 - 1080
Gradiente Altitudinal 4	1080 - 1340
Gradiente Altitudinal 5	1340 - 1600

3.3.1.2. Diseño de muestreo

Se delimitó los espacios muestrales mediante un diseño de muestreo al azar estratificado (SCHLEGEL *et al.*, 2001), para ello se trabajó con cinco (05) parcelas temporales de 1000 m² (50m x 20m) (HIGUCHI, 1982) ubicadas al azar dentro de los gradientes altitudinales establecidos. Cada una de las parcelas se dividió en dos (02) sub parcelas de 50 x 10 m (MacDICKEN, 1997); una de las sub parcelas se utilizó para el muestreo de hojarascas, la cual fue dividida en 10 partes iguales; en la segunda sub parcela de 50 x 10 m se estableció dos (02) parcelas de 25 x 10 m para el muestreo de suelo (CÔS) y raíces; en cada una de las parcelas se ubicó un área de 1 m² (ICRAF, 2009). La obtención de las muestras para el análisis de pH y textura se obtuvo de la mezcla de suelo de cada una de las profundidades establecidas para el muestreo de suelo (CÔS). El ICRAF (2009), CATIE (2008), recomiendan para

el muestreo de carbono orgánico en el suelo, muestrear hasta una profundidad de 30 cm, en rangos de 0 – 10 cm; 10 – 20 cm y 20 – 30 cm.



- Puntos de muestreo de hojarascas
- Puntos de muestreo de suelo, raíces y densidad aparente.
- ▲ Georreferenciación.

Figura 2. Esquema general de muestreo de campo.

3.3.2. Fase de campo

Además de la extracción y recopilación de muestras de suelo (carbono orgánico), hojarascas y raíces, se llevó a cabo una descripción general del área, teniendo en cuenta las especies forestales presentes, las condiciones del clima, tipo de bosque, pendientes, presencia de piedras, accesibilidad.

3.3.2.1. Obtención de muestras de suelo

Se ubicó los puntos de muestreo en cada uno de los gradientes altitudinales seleccionados en la Reserva Comunal Yánesha en el sector de Comuñiz, con la finalidad de extraer las muestras de suelo. Después de haber delimitado la parcela experimental de 50 x 20 m (HIGUCHI, 1982), que a su vez se dividió en dos sub parcelas de 50 x 10 m, de las cuales una sub parcela se dividió en dos (02) áreas de 25 x 10 m, y en cada una de ellas se ubicó un área de 1 m² (ICRAF, 2009), para cavar cuatro (04) calicatas de 0.30 m x 0.30 x 0.30 m de profundidad, como se muestra en la Figura 3, posterior a ello se definió las profundidades de muestreo en los siguientes rangos en cada una de las calicatas: 0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m, 0,2 – 0,3 m (ICRAF, 2009; CATIE, 2008); por cada rango de muestreo con la ayuda de una pala recta se tomó una muestra de suelo de aproximadamente 0.5 Kg (ICRAF, 2009). Las muestras fueron identificadas y enviadas al laboratorio para la cuantificación de carbono orgánico en el suelo (C_{OS}). Dicho trabajo se realizó en cada uno de los cinco gradientes altitudinales definidos en el sector de Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha.

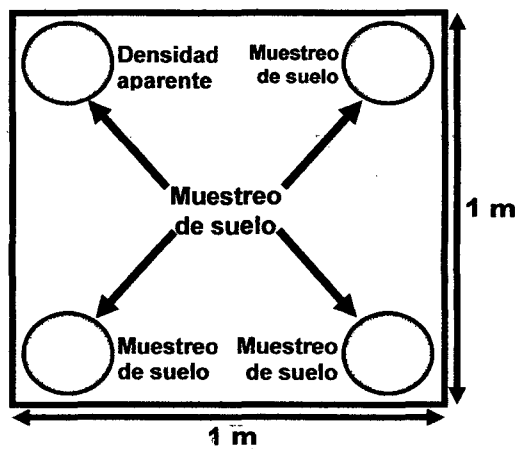


Figura 3. Diagrama de muestreo de suelo para el análisis de carbono orgánico, densidad aparente y raíces (ICRAF, 2009).

– Obtención de muestras para el cálculo de densidad aparente

El muestreo de densidad aparente se llevó a cabo según se indica en la Figura 3, en los siguientes rangos de profundidades: 0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m, 0,2 – 0,3 m. Para la obtención de dichas muestras se procedió con la ayuda de un martillo a introducir en el suelo un cilindro de 92.25 cm³ de volumen, luego se sacó el cilindro lleno de suelo (tierra, piedras, raíces), cuidando no dañar la muestra que se encontró dentro de ella. Se extrajo el suelo contenido en el cilindro y se depositó en bolsas plásticas para llevar al laboratorio para su análisis (MacDICKEN, 1997).

3.3.2.2. Obtención de muestras de hojarasca

Se utilizó un dimensionador de madera de 0.25 m² que fue ubicado dentro de cada una de las 10 divisiones de la sub parcela de 50 x 10 m. (MacDICKEN, 1997), se colectó toda la hojarasca, ramitas, semillas, flores, etc.

que se encontró dentro del cuadrante y se depositó en una bolsa plástica codificada para cada muestra. Este trabajo se realizó en cada uno de los cinco gradientes altitudinales definidos en el sector Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha.

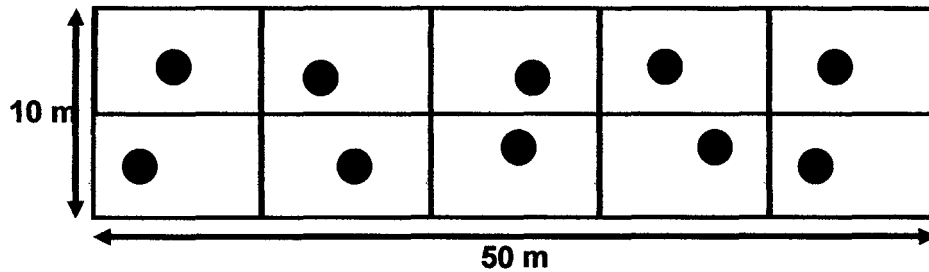


Figura 4. Esquema de muestreo de hojarascas (MacDICKEN, 1997).

3.3.2.3. Obtención de la muestra de raíces finas

La obtención de las muestras de raíces finas se realizó en la misma calicata establecida para el muestreo de densidad aparente y se trabajó a tres profundidades: 0.00 - 0.10 m; 0.10 - 0.20 m y 0.20 - 0.30 m, para lo cual se usó una pala recta y con la ayuda de un machete se extrajo dichas muestras de un área de 0.10 x 0.10 m, siendo luego depositadas en bolsas plásticas codificadas para su análisis en laboratorio (ICRAF, 2009). Dicho trabajo también se efectuó en cada uno de los cinco gradientes altitudinales en el sector Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha.

3.3.3. Fase de laboratorio

Para el análisis de carbono orgánico en el suelo se realizó en el laboratorio de análisis de suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), como también el análisis de textura y pH. El análisis de las muestras de hojarasca, raíces y densidad aparente se realizó en el laboratorio del Centro de Salud Fátima Patel de Iscozacín, distrito de Palcazú, la cual permitió obtener resultados para el procesamiento de datos del almacenamiento de carbono del suelo, raíces y hojarasca.

3.3.3.1. Obtención de datos de carbono almacenado en el suelo

Para la determinación de carbono en las muestras de suelo se usó el método de Walkley y Black, datos que fueron proporcionados por el laboratorio como porcentaje de materia orgánica (%MO) para ser convertidos a carbono orgánico al ser multiplicados por un factor según la fórmula mostrada. Antes de ser enviados al laboratorio las muestras fueron secadas bajo sombra, evitando la radiación solar directa sobre las muestras.

Las muestras para el análisis de densidad aparente fueron secadas en una estufa a 75 °C, hasta obtener peso constante, posteriormente se pesó y se procedió al cálculo respectivo (ICRAF, 2009).

3.3.3.2. Obtención de datos de carbono en hojarasca

La hojarasca húmeda obtenida de un área de 0.25 m² se pesó en una balanza digital, luego se envolvió con papel periódico para ser secado en una estufa a 75 °C hasta obtener un peso constante, el tiempo fue relativo, dependió del tipo de hojarasca y restos de especies forestales que se encontraron en el lugar de estudio. Habiendo alcanzado el peso constante se procedió a pesarlo en el mismo instante de sacar las muestras de la estufa, para no retener humedad en las muestras (ICRAF, 2009).

3.3.3.3. Obtención de datos de carbono en raíces

Una vez seleccionado las raíces del volumen de suelo (tierra + piedra + raíces) por medio de lavado y tamizado, se procedió a pesarlos en una balanza digital, luego fueron envueltos con papel periódico que a su vez se secaron en una estufa a 75 °C hasta obtener peso constante; una vez transcurrido el tiempo de secado se procedió a obtener el peso seco de las raíces.

3.3.4. Fase final de gabinete

Se realizó el cálculo de la cantidad de carbono almacenado en cada uno de los gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha en el sector Comuñiz, con las fórmulas propuestas para cada uno de los componentes, además de ello se realizó el análisis de correlación de Pearson, habiéndose interpretado de acuerdo a los siguientes criterios:

$r = 1$	Correlación perfecta.
$0.8 < r < 1$	Correlación muy alta.
$0.6 < r < 0.8$	Correlación alta.
$0.4 < r < 0.6$	Correlación moderada.
$0.2 < r < 0.4$	Correlación baja.
$0.0 < r < 0.2$	Correlación muy baja.
$r = 0$	Correlación nula.

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

Para la determinación de carbono almacenado en el suelo, se usó la fórmula propuesta por Walkley y Black (1938):

$$\bar{C}\bar{O}\bar{S} = \% \bar{C}\bar{O} \times \bar{D}a \times \bar{P}s$$

Donde:

$\bar{C}\bar{O}\bar{S}$:	Carbono orgánico en el suelo (t/ha)
$\% \bar{C}\bar{O}$:	$0.58 \times \% \text{MO}$ (Walkley y Black, 1938)
$\bar{D}a$:	Densidad aparente (g/cm^3)
$\bar{P}s$:	Profundidad del suelo (cm)

El contenido de carbono fue reportado en kg/ha y transformado a ton/ha

– Para determinar el volumen del cilindro y la densidad aparente se usó las fórmulas propuestas por MacDICKEN (1997) e ICRAF (2009):

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

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

Donde:

- V** : Volumen de suelo.
- π** : 3.1416, valor constante.
- r** : radio del cilindro de muestreo.
- h** : altura del cilindro de muestreo.
- Da** : densidad aparente.
- MS** : masa seca.

3.3.4.2. Cálculos para la obtención de carbono almacenado en hojarascas

Para determinar carbono almacenado en hojarascas se usó la fórmula propuesta por el ICRAF (2009):

$$Biomasa = Materia\ seca$$

$$CH = biomasa \left(\frac{t}{ha} \right) x 0.50$$

Donde:

- Materia seca** : Después del secado en la estufa.
CH : Carbono en hojarascas
0.50 : Valor propuesto por IPCC.

3.3.4.3. Cálculo para la obtención de carbono almacenado en raíces

Para determinar el carbono almacenado en las raíces se usó la fórmula propuesta por el ICRAF, (2009).

$$Biomasa = Materia\ seca$$

$$Carbono\ radicular = biomasa \left(\frac{t}{ha} \right) \times 0.50$$

Donde:

- Materia seca** : Después del secado en la estufa.
0.50 : Valor propuesto por el IPCC.

3.3.4.4. Comparación del carbono total almacenado en el suelo, hojarascas y raíces con las zonas de vida

Se tomó el mapa ecológico del Perú digitalizado (INRENA, 1995) en la que se procedió a identificar las zonas de vida presentes en la Reserva Comunal Yánesha; posterior a ello se introdujo los datos de las coordenadas

de los puntos de muestreo en campo, con el fin de comparar el total de carbono almacenado en el suelo, en cada uno de los gradientes altitudinales, con las zonas de vida identificadas en el sector Comuñiz según el mapa del INRENA.

IV. RESULTADOS

4.1. Contenido de carbono orgánico en el suelo en cada uno de los cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha

En el Cuadro 2 y Figura 4, se muestra el carbono total almacenado en el suelo en cada uno de los cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha. Se observa que el gradiente altitudinal que presenta mayor cantidad de carbono almacenado en el suelo, es el gradiente altitudinal 1 (300 a 560 msnm), seguido del gradiente altitudinal 2 (560 a 820 msnm); mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 a 1600 msnm) es el que presenta menor cantidad de carbono almacenado.

Cuadro 2. Contenido promedio de carbono orgánico en el suelo en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Estratos	Altitudes (msnm)	Altitud media (msnm)	Carbono en el suelo (t/ha)	% t/ha C
Gradiente altitudinal 1	300-560	430	120.2853	23.96
Gradiente altitudinal 2	560-820	690	117.7429	23.45
Gradiente altitudinal 3	820-1080	950	89.2847	17.79
Gradiente altitudinal 4	1080-1340	1210	94.6772	18.86
Gradiente altitudinal 5	1340-1600	1470	80.0102	15.94

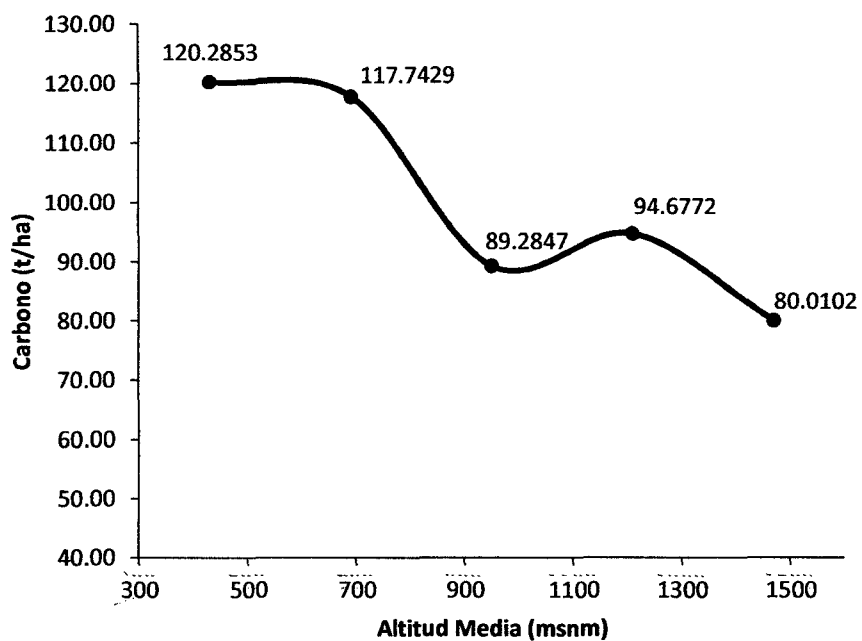


Figura 5. Carbono/hectárea en el suelo en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.

En la Figura 5 se muestran los datos de carbono almacenado en el suelo en los diferentes gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha donde el coeficiente de Pearson calculado es de -0.92 , existiendo una correlación inversa muy alta.

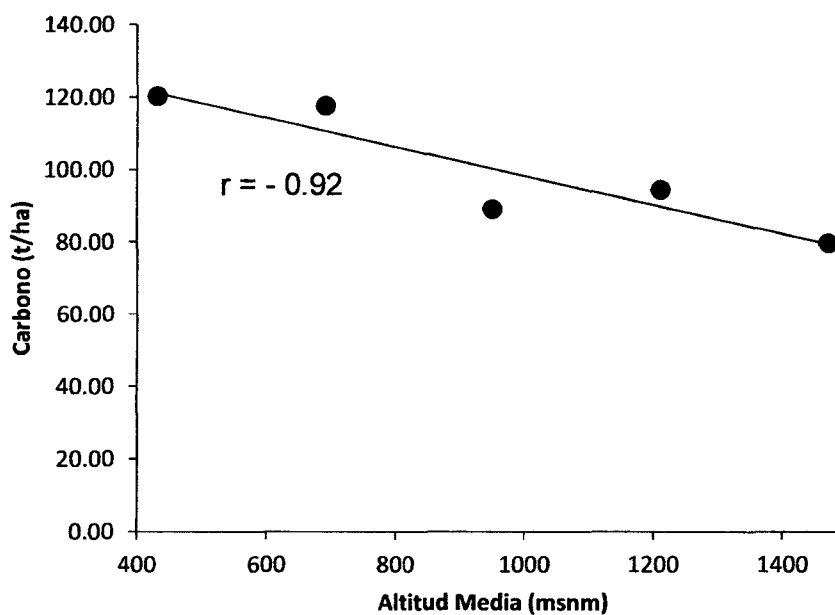


Figura 6. Contenido de carbono orgánico almacenado en el suelo con un ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.

4.2. Contenido de carbono en hojarasca en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha

En el Cuadro 3 y Figura 6 se observa la cantidad de carbono almacenado en hojarasca en cada uno de los cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha. Se observa que el gradiente altitudinal 2 (560 – 820 msnm) es el que presenta mayor cantidad de carbono almacenado, seguido por el gradiente altitudinal 3 (820 – 1080 msnm), mientras tanto, el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) es el que presenta la menor cantidad de carbono almacenado.

Cuadro 3. Carbono almacenado promedio en hojarascas en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Estratos	Altitudes (msnm)	Altitud media (msnm)	Carbono hojarascas (t/ha)	% t/ha C
Gradiente altitudinal 1	300-560	430	1.3400	14.70
Gradiente altitudinal 2	560-820	690	2.8920	31.72
Gradiente altitudinal 3	820-1080	950	2.6160	28.70
Gradiente altitudinal 4	1080-1340	1210	1.1560	12.68
Gradiente altitudinal 5	1340-1600	1470	1.1120	12.20

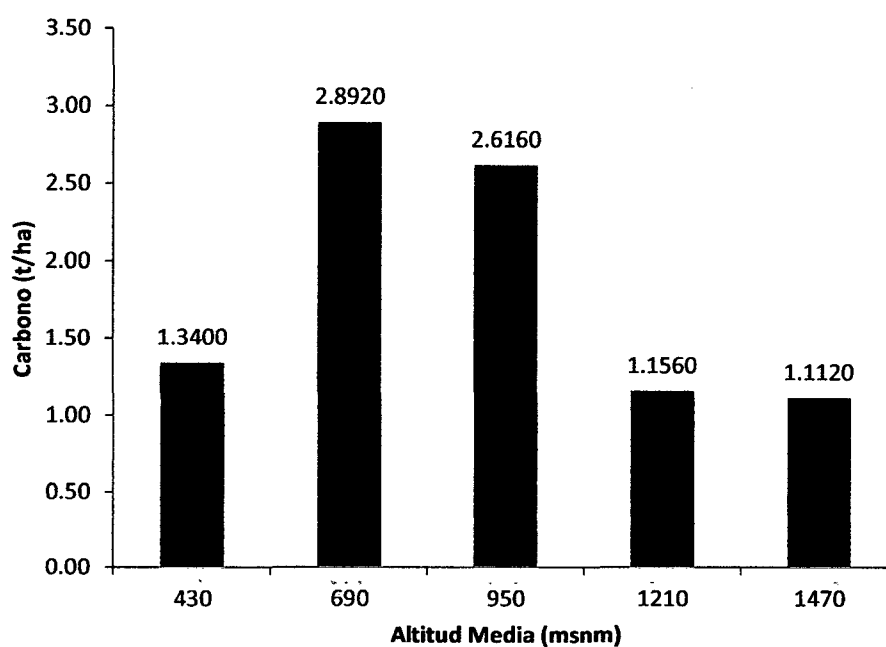


Figura 7. Carbono/hectárea en hojarascas en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.

En la Figura 7, se muestran los datos de carbono almacenado en hojarascas en los diferentes gradientes altitudinales en la Reserva Comunal

Yánesha; donde el coeficiente de Pearson calculado es de -0.40, existiendo una correlación inversa baja.

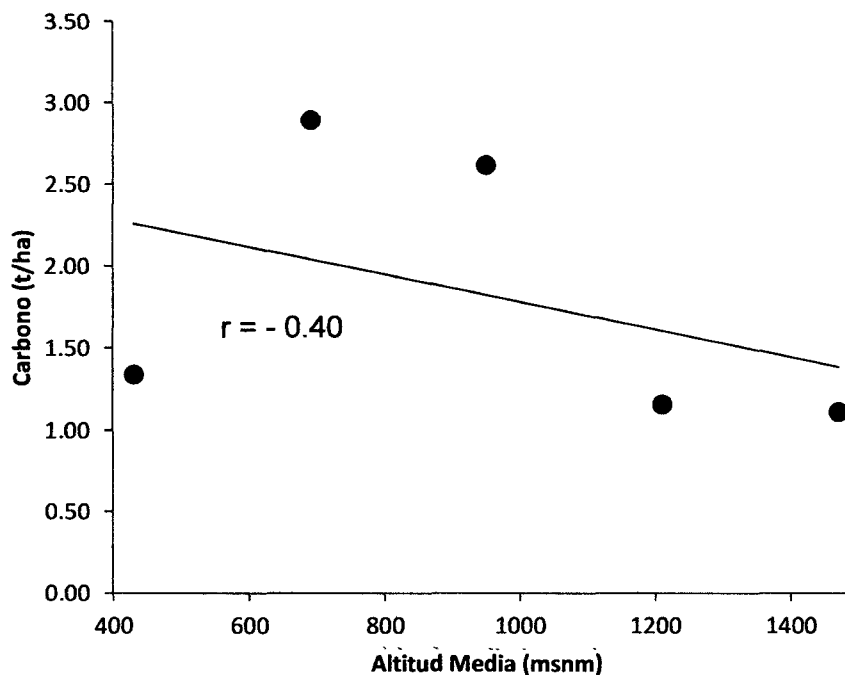


Figura 8. Contenido de carbono almacenado en hojarascas con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.

4.3. Contenido de carbono almacenado en raíces en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha

En el Cuadro 4 y Figura 8, se observa la cantidad de carbono almacenado en raíces, lo que demuestra que el gradiente altitudinal 2 (560 – 820 msnm) es el que presenta mayor cantidad de carbono almacenado, seguido por el gradiente altitudinal 3 (820 – 1080 msnm). En el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) se observa la menor cantidad de carbono almacenado en raíces.

Cuadro 4. Carbono promedio en raíces en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Estratos	Altitudes (msnm)	Altitud media (msnm)	Carbono total de raíces (t/ha)	% t/ha C
Gradiente altitudinal 1	300-560	430	15.6250	17.48
Gradiente altitudinal 2	560-820	690	25.9375	29.02
Gradiente altitudinal 3	820-1080	950	21.2500	23.78
Gradiente altitudinal 4	1080-1340	1210	17.1875	19.23
Gradiente altitudinal 5	1340-1600	1470	9.3750	10.49

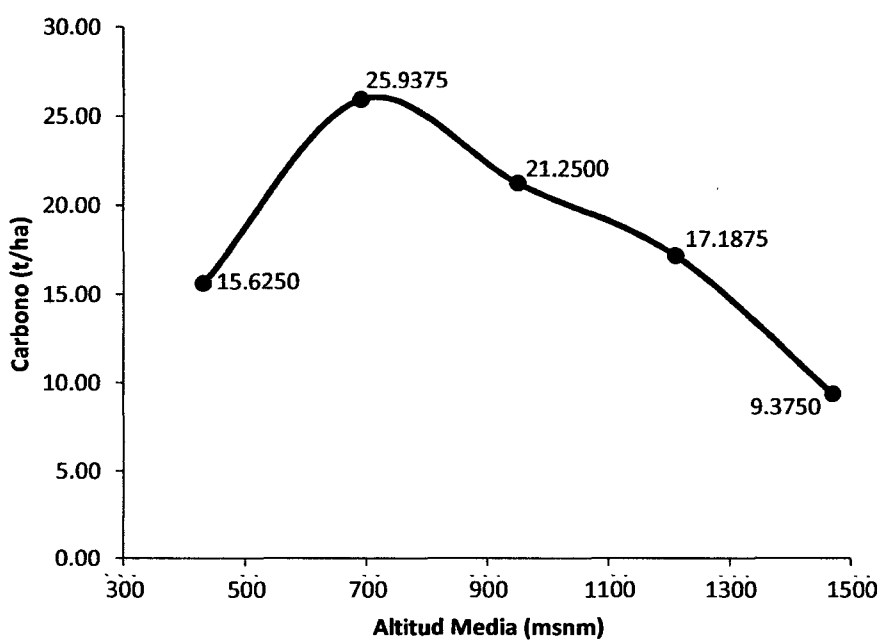


Figura 9. Carbono/hectárea en raíces en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.

En la Figura 9, se muestran los datos de carbono almacenado en raíces en los diferentes gradientes altitudinales de la Reserva Comunal

Yánesha. El coeficiente de Pearson calculado es de -0.54, existiendo una correlación inversa moderada.

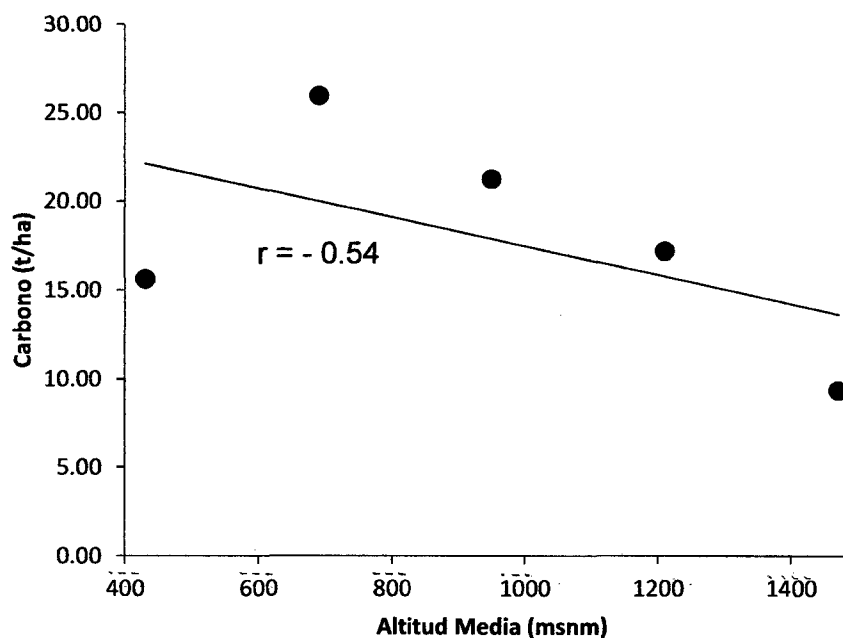


Figura 10. Contenido de carbono almacenado en raíces con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.

4.4. Carbono total acumulado en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha

En el Cuadro 5 y Figura 10 se observa la cantidad total de carbono almacenado provenientes del suelo, hojarascas y raíces finas, en la Reserva Comunal Yánesha, observándose que el gradiente altitudinal 2 (560 - 820 msnm) presenta la mayor cantidad de carbono almacenado, seguido por el gradiente altitudinal 1 (300 - 560). Mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 a 1600 msnm) presenta la menor cantidad de carbono almacenado.

Cuadro 5. Total de carbono almacenado en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Gradiente altitudinal	Altitudes	Altitud media	Carbono en el suelo	Carbono en hojarascas	Carbono en raíces	Total acumulado	%C
	msnm	msnm	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha
Grad. alt 1	300-560	430	120.2850	1.3400	15.6250	137.2500	22.86
Grad. alt 2	560-820	690	117.7430	2.8920	25.9375	146.5725	24.41
Grad. alt 3	820-1080	950	89.2850	2.6160	21.2500	113.1510	18.84
Grad. alt 4	1080-1340	1210	94.6770	1.1560	17.1875	113.0205	18.82
Grad. alt 5	1340-1600	1470	80.0100	1.1120	9.3750	90.4970	15.07

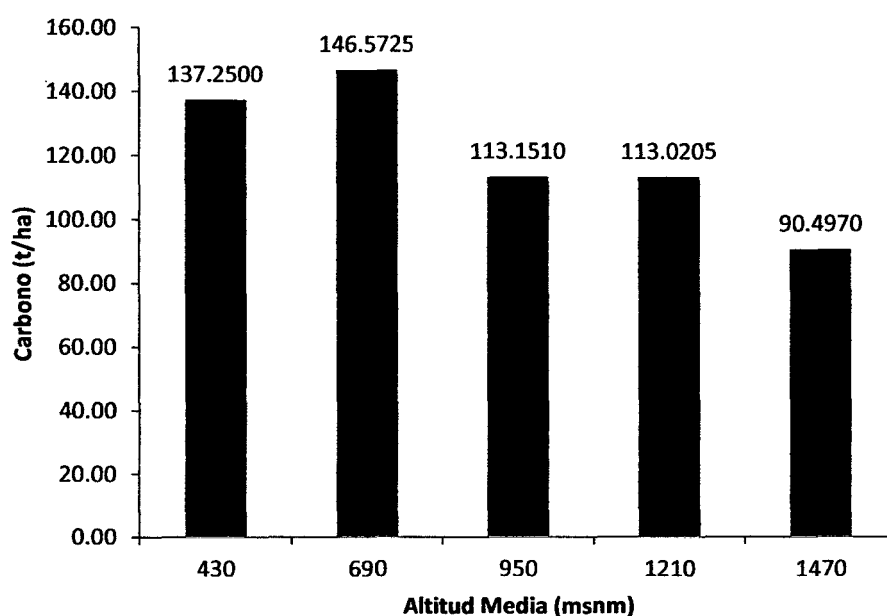


Figura 11. Carbono/hectárea en cinco gradientes altitudinales en la Reserva Comunal Yánesha.

En la Figura 12, se muestran los datos de carbono almacenado en los tres componentes (Suelo, hojarascas, y raíces) en los diferentes gradientes

altitudinales estudiados en la Reserva Comunal Yánesha. El coeficiente de Pearson calculado es de -0.91, existiendo una correlación inversa muy alta, demostrando que el contenido de carbono almacenado en los tres componentes (suelo, hojarasca y raíces) disminuye mientras la altitud aumenta, dicha tendencia esta influenciada por las variaciones de los microclimas del bosque, la disminución de la temperatura, la variación de especies forestales, tamaño de las especies, menor descomposición de la materia orgánica, la respuesta a los cambios ambientales, tipo de suelo y pendientes del terreno.

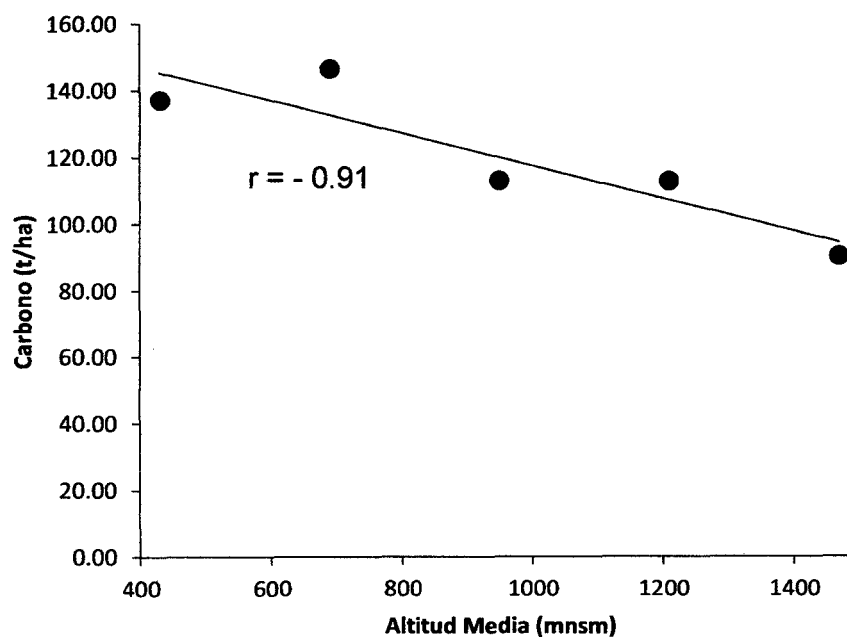
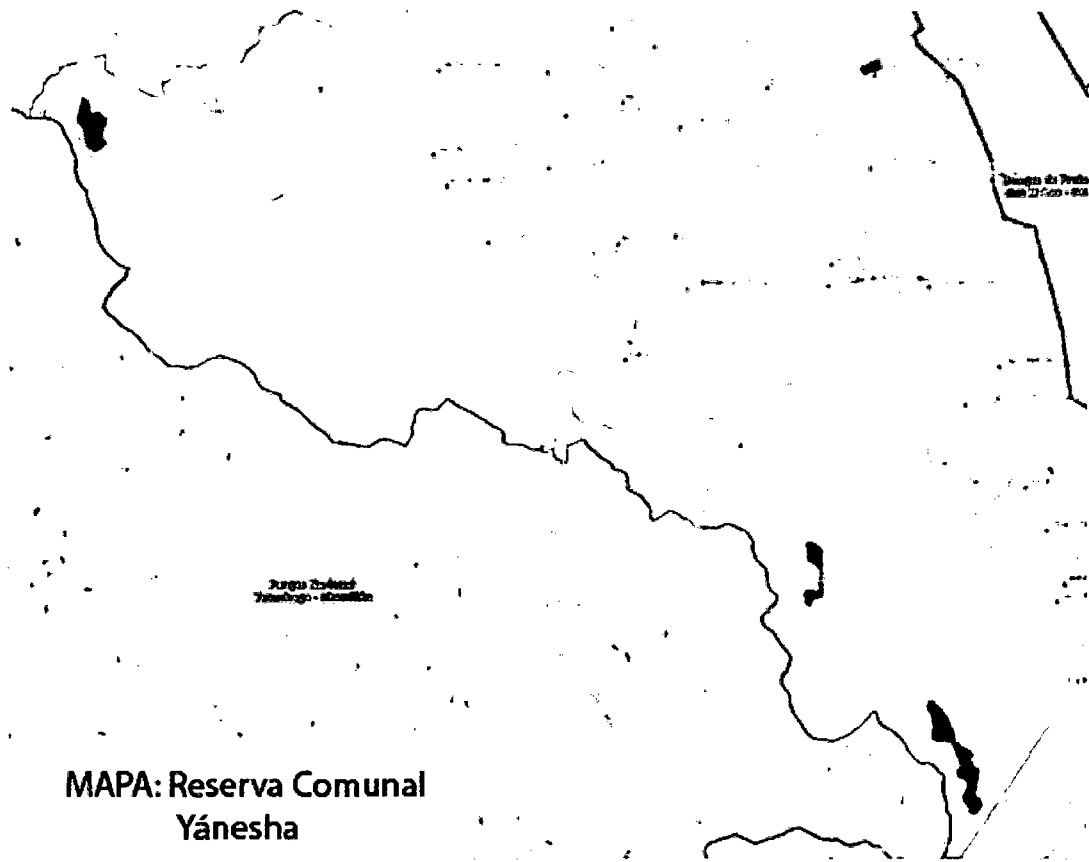


Figura 12. Contenido de carbono almacenado en los tres componentes con ajuste al coeficiente de correlación de Pearson.

4.5. Comparación de carbono total almacenado en el suelo, hojarasca y raíces con las zonas de vida, en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha

En el Mapa ecológico del Perú (INRENA, 1995) se muestran los puntos de muestreo en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha, los mismos que corresponden en su totalidad a la zona transicional, bosque muy húmedo Premontano Tropical, teniendo un total de carbono almacenado en los tres componentes (suelo, hojarasca y raíces) en cada uno de los cinco gradientes altitudinales de: 137.2500, 146.5725, 113.1510, 113.0205, 90.4970 t/ha; en la Figura 13 se muestra el mapa de zonificación de la Reserva Comunal Yánesha, donde la parcela temporal del gradiente altitudinal 1 se estableció en la zona de aprovechamiento directo; mientras que las parcelas temporales de los gradientes altitudinales 2, 3, 4 y 5 se establecieron en la zona silvestre.



**MAPA: Reserva Comunal
Yanesha**

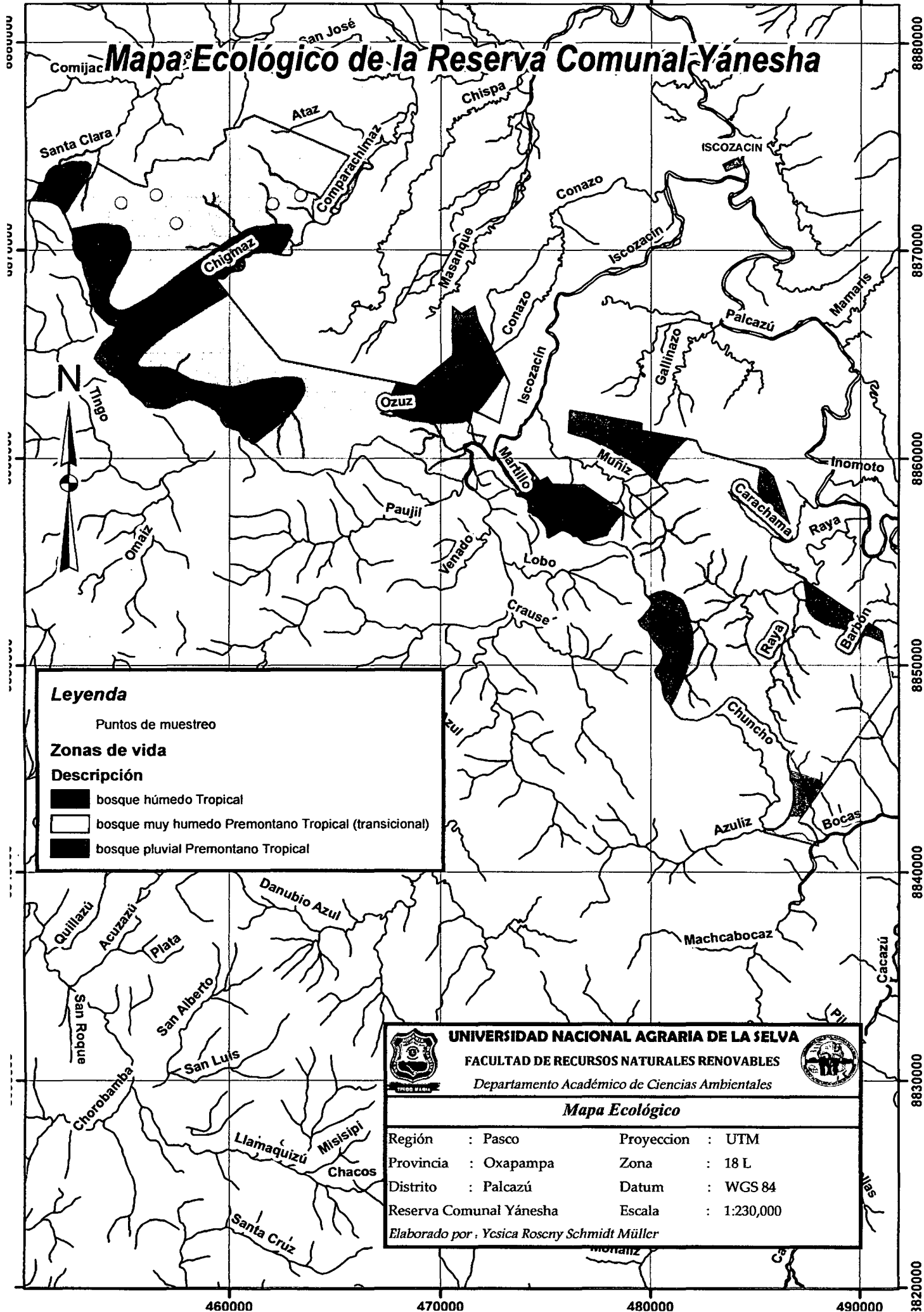
Figura 13. Mapa de zonificación de la Reserva Comunal Yanesha.

Figura 14. Mapa Ecológico del Perú

470000

480000

490000



Mapa Ecológico de la Reserva Comunal Yánesha

Leyenda

Puntos de muestreo

Zonas de vida

Descripción

- bosque húmedo Tropical
- bosque muy húmedo Premontano Tropical (transicional)
- bosque pluvial Premontano Tropical



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

Departamento Académico de Ciencias Ambientales



Mapa Ecológico

Región : Pasco	Proyeccion : UTM
Provincia : Oxapampa	Zona : 18 L
Distrito : Palcazú	Datum : WGS 84
Reserva Comunal Yánesha	Escala : 1:230,000

Elaborado por : Ysica Roscny Schmidt Müller

460000

470000

480000

490000

8820000

8830000

8840000

8850000

8860000

8870000

8880000

V. DISCUSIÓN

5.1. Del carbono almacenado en el suelo

En la Reserva Comunal Yánesha se realizó el análisis de la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo hasta una profundidad de 30 cm; los resultados se muestran en el Cuadro 2 y Figura 4, observándose que el gradiente altitudinal 1 (300 a 560 msnm), muestra la mayor cantidad de carbono orgánico almacenado, seguido por el gradiente altitudinal 2 (560 a 820 msnm). Mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 a 1600 msnm) presenta una menor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo. En la Figura 5, se observa el ajuste al coeficiente de Pearson, observándose una correlación inversa muy alta ($r = -0.92$), mientras la altitud aumenta, la cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo disminuye, debido a la disminución de la temperatura, demora en la descomposición de la materia orgánica, el tipo de suelo, tipo de bosque, diversidad de especies forestales, presencia de mayor o menor número de microorganismos descomponedores como también se debe a las variaciones en las pendientes del terreno, se observa que los gradientes altitudinales 1, 2 y 4 presentan una pendiente de 25%, el gradiente 3 tiene una pendiente de 15% y el gradiente 5 una pendiente de 8%. (ANEXO 7)

Al respecto Ochoa *et al.*, 1999, citado por CÓRDOVA *et al.* (2005) menciona que la mayor o menor proporción de materia orgánica está íntimamente relacionada con las condiciones climáticas y ambientales de cada zona, los mismos que explican el 73% de la variación, siendo la altitud la que mayor correlación tiene con la variación del carbono orgánico en el suelo, YEPES *et al.* (2011), ZAMORA (2011) mencionan que el contenido de carbono orgánico almacenado en el suelo en bosques naturales presenta una relación inversa con la altitud. Las variaciones en el contenido de carbono orgánico en el suelo no solo puede estar influenciada por el incremento de las altitudes, sino que también por el tipo de suelo, cobertura, microclimas, usos de los suelos, tipo de bosques, presencia de especies forestales y pendiente del terreno; CASTILLO *et al.* (2009) menciona que la variación del carbono orgánico en el suelo es debido a las diferencias en las densidades aparentes, mientras que MARTÍNEZ *et al.* (2008), HONTORIA, *et al.* (2004), mencionan que la cantidad de carbono orgánico, no solo depende de las condiciones ambientales, sino que está fuertemente afectada por el manejo del suelo, teniendo en cuenta que existe mayor porcentaje del mismo en suelos cuya cobertura vegetal no ha sido intervenida (CUNALATA *et al.*, 2011). ALBALADEJO *et al.* (2010) dicen que la cantidad de carbono orgánico en los 30 cm superficiales del suelo difiere en función de los usos del suelo, tipo de suelo, altitud y textura, también que la respuesta a actuaciones específicas de cada región, tales como uso histórico, variaciones climáticas, características propias de los suelos y sus efectos sobre la dinámica del carbono orgánico no se pueden suponer a partir de estudios globales.

En la presente investigación se planteó como hipótesis: que los suelos ubicados a menor altitud sobre el nivel del mar presentan un mayor servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono, en comparación a los suelos ubicados a una altitud mayor. Los resultados obtenidos de carbono almacenado en el suelo contrastan esta hipótesis, observándose en la Figura 4 y Figura 5 una correlación inversa ($r = - 0.92$), mientras la altitud aumenta, el contenido de carbono almacenado en el suelo disminuye.

5.2. Del carbono almacenado en hojarasca

El Cuadro 3 y Figura 6 se presenta la cantidad de carbono almacenado en hojarasca, observándose que el gradiente altitudinal 2 (560 – 820 msnm) es el que presenta mayor cantidad de carbono almacenado, seguido por el gradiente altitudinal 3 (820 – 1080), mientras tanto, el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600) es el que presenta la menor cantidad de carbono almacenado. En la Figura 7, se observa el ajuste al coeficiente de Pearson, donde se muestra una correlación inversa baja ($r = - 0.40$), con datos distantes y muy variables, conforme la altitud aumenta el contenido de carbono almacenado en la hojarasca disminuye, debiéndose a las variaciones en los tamaños de las hojas, el aporte no uniforme de hojarasca en cada lugar, a las condiciones climáticas, diversidad de edades y de especies de cada punto de muestreo.

Baur, 1964, citado por RODRÍGUEZ *et al.* (2008) anuncia que el tamaño de la hoja decrece en las zonas frías montañosas; por ende, la

cantidad de carbono en hojarascas varía enormemente de un lugar a otro (RODRÍGUEZ *et al.*, 2008). La gran variabilidad en la distribución del componente hojas del mantillo puede deberse a varios factores; posiblemente existió un aporte no uniforme de la hojarasca, siendo mayor debajo de las copas de los árboles (SCHLATTER *et al.*, 2006), como también, los troncos de los árboles y la vegetación del sotobosque pueden haber actuado como barreras, frenando el arrastre superficial causado por la escorrentía y el viento (Fahnestock *et al.*, 2000, citado por DOLL *et al.*, 2008). El contenido de carbono en la hojarasca depende, en parte, de las condiciones climáticas del lugar (Heath y Smith, 2000, citado por FIGUEROA, 2001; HUBER *et al.*, 1986) y las posibles variaciones podría deberse a las altas temperaturas (CÉSPEDES *et al.*, 2011), además de la tasa de descomposición, el grado de descomposición de sus elementos, la composición química y física de los mismos (FIGUEROA, 2001). CONCHA *et al.* (2007) menciona que la mayor o menor acumulación de carbono en las hojarascas se deben a las diferentes edades y la diversidad de especies heterogéneas. La concentración de carbono en un tipo de vegetación obedece a la composición florística, estructura, influencia del clima, la fauna y la presencia del hombre en cuestiones de manejo, explotación y cambio de uso del suelo; como también a la composición química de las plantas, su estructura física, las interrelaciones con otros organismos, edad, fisiología, sanidad, capacidad de absorción de nutrientes, entre otros (FIGUEROA, 2001).

En el presente estudio se cuantificó el carbono almacenado en hojarascas, observándose en las Figuras 6 y 7 una tendencia de disminución

de contenido de carbono conforme la altitud se incrementa, por lo que los resultados corroboran la hipótesis que indica que, los suelos ubicados a menor altitud sobre el nivel del mar, presentan un mayor servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en comparación a los suelos ubicados a una altitud mayor.

5.3. Del carbono almacenado en raíces

En el Cuadro 4 y Figura 8 se muestra la cantidad de carbono almacenado en raíces de plantas herbáceas, mostrándose que el gradiente altitudinal 2 (560 – 820 msnm) presenta mayor cantidad de carbono almacenado en raíces, seguido por el gradiente altitudinal 3 (820 – 1080 msnm). En el gradiente altitudinal 5 (1340 a 1600 msnm) se observa la menor cantidad de carbono almacenado en raíces en la Reserva Comunal Yánesha. En la Figura 9, se muestran el ajuste del coeficiente de Pearson, donde se puede observar una correlación inversa moderada ($r = -0.54$), siendo que los datos no se encuentran muy distantes pero sí, existe una tendencia de disminución de carbono almacenado en las raíces con respecto a la altitud que aumenta, influenciado, por las dimensiones de las plantas, microclimas, los estadios sucesionales, la respuesta a los cambios ambientales, la diversidad de especies presentes y la exactitud de los métodos de muestreo utilizados.

Las estimaciones de biomasa radical basada en muestreos, arrojan diferentes resultados dependiendo de la metodología utilizada, tanto referido al tamaño de la muestra, a la profundidad de muestreo, como a la época del año

en que se extrae la muestra, sumándose a estas variaciones el error de procesamiento de la muestra (DOLL *et al.*, 2008). Según ICRAF (2009); Kimmins, 2004, citado por VACCARO *et al.* (2003) la concentración de raíces de vegetación no arbórea (plantas herbáceas) es mayor en la capa superior del suelo, disminuyendo exponencialmente a la medida que aumenta la profundidad. Debido a la amplia variabilidad en la distribución de las raíces en el suelo, es importante realizar una estratificación del suelo según la profundidad (MacDICKEN, 1997). Las variaciones en la cantidad de carbono en raíces podrían ser el resultado de varios factores, dentro de los cuales destacan las dimensiones de las plantas, los estadios sucesionales y la respuesta a los cambios ambientales (RODRÍGUEZ *et al.* (2008); ANDRADE *et al.* (2003)), Evidentemente, la porción de fitomasa arbórea total, perteneciente al sistema radicular en bosques primarios, varía con las condiciones locales (Bazilevich y Rodin, 1966, citado por RODRÍGUEZ *et al.* 2008).

En el presente estudio se planteó como hipótesis que los suelos ubicados a menor altitud sobre el nivel del mar, presentan un mayor servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono en comparación a los suelos ubicados a una altitud mayor, lo que podemos corroborar en las Figuras 8 y 9, donde se observa claramente que la cantidad de carbono radicular acumulado disminuye conforma la altitud se incrementa.

5.4. De la comparación de las de zonas de vida con el carbono almacenado

En la Reserva Comunal Yánesha se tiene dos zonas de vida y una transicional, por lo que los cinco puntos de muestreo establecidos en el sector Comuñiz pertenecen a la zona transicional de bosque muy húmedo Premontano Tropical. Se observa gran variabilidad en los datos, sobre todo una tendencia de disminución en el carbono almacenado conforme la altitud aumenta, teniendo para el gradiente altitudinal 1, 2, 3, 4 y 5; 137.2500, 146.5725, 113.1510, 113.0205, 90.4970 t/ha respectivamente, dichas variaciones en los datos se deben, a la heterogeneidad de las especies, tipos de suelos, presencia de microclimas, topografía, variación en la pendiente (ANEXO 7) de cada zona además de las intervenciones del hombre.

Las variaciones de carbono almacenado en las zonas de vida, no solo dependen de las zonas de vida, sino que también están influenciados por las características propias de cada zona de muestreo, siendo la presencia de microclimas, variedad de especies, topografía del lugar además de la cercanía a cuerpos de agua. Según la FAO (2002); Batjes, 1999, citado por VACCARO *et al.* (2003) las zonas ecológicas pueden mostrar grandes diferencias en el almacenamiento de carbono orgánico, sobre todo en relación a la temperatura y precipitación. En los bosques se crean microclimas (FAO, 2002) además dentro de cualquier división natural del clima existe una variación local en la fisionomía de la vegetación, vinculada a las condiciones específicas de topografía, suelo, exposición y actividad animal e inclusive del hombre

(INRENA, 1995), la presencia de quebradas y fallardones cumplen un rol importante para albergar plantas especialistas en suelos y climas (VÁSQUEZ *et al.*, 2005).

VI. CONCLUSIONES

1. El gradiente altitudinal 1 (300 – 560 msnm) presenta la mayor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo, con 120.2853 t/ha; y el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) presenta la menor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo con 80.0102 t/ha, teniendo que a menor altitud, se tiene mayor cantidad de carbono orgánico almacenado en el suelo.
2. El mayor contenido de carbono almacenado en hojarascas se encontró en el gradiente altitudinal 2 (560 - 820 msnm) en el sector Comuñiz en la Reserva Comunal Yánesha, con 2.8920 t/ha, determinándose que a menores altitudes la cantidad de carbono almacenado en hojarasca son mayores.
3. El gradiente altitudinal 2 (560 - 820 msnm) presenta la mayor cantidad de carbono almacenado en raíces con 25.9375 t/ha, mientras que el gradiente altitudinal 5 (1340 – 1600 msnm) presenta la menor cantidad con 9.3750 t/ha.
4. Los cinco puntos de muestreo de carbono almacenado en el suelo en el sector Comuñiz de la Reserva Comunal Yánesha se encuentran en la zona transicional, bosque muy húmedo Premontano tropical, teniéndose una

variación de carbono almacenado en los cinco puntos de muestreo desde los 90.4970 hasta las 146.5725 t/ha.

VII. RECOMENDACIONES

- Proponer estudios de captura y almacenamiento de carbono en la parte aérea como en el suelo en los demás sectores de la Reserva Comunal Yánesha.
- Realizar estudios de las variaciones de carbono almacenado en el suelo, con respecto a la pendiente del terreno, tipo de bosques, usos del suelo.
- Continuar con los estudios de carbono almacenado en las otras dos zonas de vida de la Reserva Comunal Yánesha.
- Proponer un protocolo para la determinación de carbono almacenado en las Áreas Naturales Protegidas.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA M., ETCHEVERS D., MONREAL C., QUEDNOW E., HIDALGO C. 2001. Un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México. Colegio de Posgraduados, México. 15 p.
- ACOSTA, M. QUEDNOW, K. ETCHEVERS, J. MONREAL, C. 2001. Un método par la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México. Colegio de Posgraduados, Valdivia, Chile. 62 p.
- ALBALADEJO, J., MARTINEZ, M., ALMAGRO, M., RUIZ, A., ORTIZ, R. 2010. Factores de control en la dinámica del carbono orgánico de los suelos de la región de Murcia. Murcia, España. 155-158 p.
- ANDRADE, J., IBRAHIM, M. 2003. Como monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. Agroforestería en las Américas. 10 (39-40):109 -116.
- BALVANERA, P., CASTILLO, A., LAZOS, E., CABALLERO, K., QUIJAS, S., FLORES, A., GALICIA, C., MARTÍNEZ, L., SALDAÑA, A., SÁNCHEZ, M., MAASS, M., ÁVILA, P., MARTÍNEZ, Y., GALINDO L., SARUKHÁN, J. 2010. Marcos conceptuales interdisciplinarios para el estudio de los

- servicios ecosistémicos en América Latina. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 16 p.
- CAMACHO, V., RUIZ, L. 2011. Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *Bio Ciencias*. Sinaloa, México. 1(4): 1-15 p.
- CASTILLO, M., LINARES, G., VALERA, M., GARCÍA, N., ACEVEDO, O. 2009. Modelación de la materia orgánica en suelos volcánicos de la región de Teziutlan, Puebla, México. *Latinoamericana de Recursos Naturales*. México. 5(2):148-154.
- CATIE. 2001. Almacenamiento de carbono en bosques secundarios en el municipio de San Carlos, Nicaragua. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 115 p.
- CATIE. 2008. Diseño de actividades REDD para la mitigación del cambio climático. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- CESPEDES, F., FERNÁNDEZ, J., GOBBI, J., PÉREZ, L., LERTORA, R., BERNARDIS, A. 2011. Contenido de carbono en hojarascas y raíces de un pastizal en el Chaco; Reunión de comunicaciones técnicas y de extensión. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nor Este. 2 p.
- CONCHA, J., ALEGRE, J., POCOMUCHA, V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *teobroma cacao* en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología aplicada*. Lima, Perú. 6(1,2). 8 p.

- CÓRDOVA, P., MELENDEZ, I. NAVARRO, J., ALMENDRO, B., MATAIX, J. 2005. Dinámica de materia orgánica en el Parque Natural, El Hondo de Elche – Crevillente. Universidad Miguel Hernández de Elche, España. 163-170 p.
- COYNE, M. 2000. Microbiología del suelo, Un enfoque exploratorio. Madrid, España, Paraninfo. 416 p.
- CUNALATA, C., INGA, C., ÁLVAREZ, G., RECALDE, C., ECHEVARRIA, M. 2011. Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los páramos de las comunidades: Chimborazo y Shobol Llin Llin – Chimborazo – Ecuador. Rio Bamba, Ecuador. 9 p.
- DE PETRE, A., KARLIN, U., ALI, S., REYNERO, N. 2011. Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del Espinal; Área Captura de Carbono. PIARFON. Argentina. 15 p.
- DOLL, U., VALLEJOS, O., BILBAO, N., JARA, C. 2008. Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoval de *Nothofagus Glauca* de la pre cordillera andina de la Región del Maule, Chile. *Bosque*. Talca, Chile. 29(1):91-96.
- ESPINOZA, Y. 2005. Secuestro de carbono en el suelo. CENIAP HOY. Venezuela. 07, 254-260.
- ESTRADA, P. 2001. Cambio Climático Global: Causas y Consecuencias. 16 ed. México. 11 p.

- FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 73 p.
- FAO. 2013. Biodiversidad para un mundo sin hambre; enfoque ecosistémico. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/biodiversity/asuntos-intersectoriales/enfoque-ecosistemico/es/documentos>, 29 nov, 2013)
- FERRARO, D. 2010. Eficiencia energética y servicios ecosistémicos. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 8 p.
- FIGUEROA, C. 2001. Comparación de la concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación en la sierra norte de Oaxaca. Tesis Ing. en restauración forestal. Texcoco, México. Universidad Autónoma de Chapingo. 95 p.
- HIGUCHI, N. 1982. Tamaño de parcelas muestral para inventarios forestales. Brasil. 103 p.
- HOLDRIDGE. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica. Servicio Editorial IICA. 216 p.
- HONTORIA, C., RODRÍGUEZ, J. 2004. Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular. Edafología. Madrid, España. 11(2):149-157.
- HUBER, A., SCHLATTER, J., OYARZUN, C. 1986. Aporte en elementos nutritivos por la hojarasca de un bosque adulto. Bosque. Valdivia, Chile. 7(2):59 – 64.

- ICRAFF. 2009. Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal. Lima, Perú. 79 p.
- INRENA. 1995. Mapa ecológico del Perú; Guía explicativa. Instituto Nacional de Recursos Naturales. Lima, Perú. 223 p.
- JACKSON, M. 1964. Análisis químico de suelos. Barcelona, España, Omega S.A. 53 p.
- LATERRA, P., JOBBAGY E., PARUELO, J. 2010. Valoración de servicios ecosistémicos; Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Buenos Aires, Argentina. 20 p.
- LEÓN. 2007. El aporte de las Áreas Naturales Protegidas a la economía nacional. 1 ed. Lima, Perú. Stampa Gráfica SAC. 147 p.
- LUCENA A. 2002. Un proyecto internacional estudia la influencia de la Amazonia en el Cambio Climático; Proyecto LBA: Experimento de Gran Escala de la Biosfera - Atmósfera en la Amazonía, Máster CTS - Universidad de Salamanca. 17 p.
- MacDICKEN, K. 1997. A guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Development. 43 p.
- MARTÍNEZ, E., FUENTES, J., ACEVEDO, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. Ciencia del suelo y nutrición vegetal. Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile. 8(1):68-96.

- MINAM. 2009. Segunda Comunicación Nacional del Perú ala CMNUCC. Identificación de Metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. Ministerio del Ambiente. 99 p.
- MONTOYA, L., SOTO, K., NELSON, P., FARIAS, J., TAYLOR, R., TIPPER. 1995. Desarrollo forestal sustentable: Captura de carbono en las zonas Tzeltal y Tojolabal del Estado de Chiapas. Instituto Nacional de Ecología, Cuadernos de Trabajo 4. México. 63 p.
- OLIVA, M., GARCÍA, F. 1998. Un nuevo campo de acción en la química biológica: Parte I. Generalidades sobre el cambio global. UNAM, México. 102 p.
- ORDÓÑEZ, A. 1999. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP. México. Santiago S.A. 76 p.
- PÉREZ, P., OURO, G., MERINO, A., MACÍAS, F. 1998. Descomposición de materia orgánica, biomasa microbiana y emisión de CO₂ en un suelo forestal bajo diferentes manejos selvícolas. Edafología, Universidad de Santiago de Compostela, Lugo. 5(1):83-93.
- RODRÍGUEZ, R., JIMÉNEZ, J., MEZA, J., AGUIRRE, O., RAZO, R. 2008. Carbono contenido en un bosque tropical sub caducifolio en la Reserva de la biosfera el cielo, Tamaulipas, México. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales. México. 4(2):215-222.

- SCHLATTER, J., GERDING, V., CALDERÓN, S. 2006. Aporte de la hojarasca al ciclo biogeoquímico en plantaciones de *Eucalyptus nitens*. Bosque. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. 27(2):115-125.
- SCHLEGEL, B, GAYOSO, J. GUERRA, J. 2001. Manuel de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 17 p.
- SCHLEGEL, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 13 p.
- SERNANP. 2012a. Plan maestro 2011-2016, Reserva Comunal Yánesha. Palcazú, Perú. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Editorial Súper Gráfica EIRL. 63 p.
- SERNANP. 2012b. Diagnóstico del proceso de elaboración del plan maestro 2011-2016, Reserva Comunal Yánesha. Palcazú, Perú. Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Editorial Súper Gráfica EIRL. 97 p.
- TARTÉ, R. 2008. Reflexiones de los servicios ecosistémicos y su desarrollo. 6 p.
- THOMPSON, M., THOEH F. 1982. Suelos y su fertilidad. 4 ed. Reverte S.A. 630p.
- UNESCO. 2010. Servicios de los ecosistemas y bienestar humano; la contribución de la evaluación de los ecosistemas del milenio.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. España. 77 p.

VACCARO, S., ARTURI, M., GOYA, J., FRANGI, J., PICCOLO G. 2003.

Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia*. Caracas, Argentina. 28(9).

VÁSQUEZ, R., ROJAS, R., MONTEAGUDO, A., MEZA, K., VAN, H., ORTIZ,

R., CATCHPOLE, D. 2005. Flora Vasculare de la selva central del Perú; Una aproximación de la composición florística de tres Áreas Naturales Protegidas. *Arnaldoa*. Jardín Botánico de Missouri. Oxapampa, Pasco. 12(1-2):112-125.

YEPES, A., DUQUE, A., NAVARRETE, D., PHILLIPS, J., CABRERA, E.,

CORRALES, A., ALVAREZ, E., GALINDO, G., GARCÍA, M., IDARRAGA, A., VARGAS, D. 2011. Estimación de las reservas y pérdidas de carbono por deforestación en los bosques del departamento de Antioquia, Colombia. *Actualidades Biológicas*. Medellín. 33(95):193-208.

ZAMORA, J. 2011. Implicaciones del cambio climático para el

almacenamiento de carbono y la riqueza de especies en bosques naturales en Costa Rica. Tesis Msc. Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 70 p.

ANEXO

Anexo 1. Datos tomados en campo en cada uno de los cinco gradientes altitudinales.

– Gradiente altitudinal 1

Coordenadas UTM : 0463352; 8872602

Altitud : 461 msnm

Características climáticas y del punto de muestreo: día completamente despejado y con presencia de sol, sin lluvia días anteriores, bosque primario y limpio, arboles con copas medianas y delgados, pendiente fuertes cercanas a la parcela, sin presencia de piedras, a 100 metros de un camino de herradura.

Especies identificadas: Cetico (*Cecropia sp*), huacrapona (*Iriartea deltoidea*), palo chonta (*Bactris gasipaes*), palo paca (*Inga sp*), shiringa (*Hevea sp*), uvilla (*Pourouma sp*).

– Gradiente altitudinal 2

Coordenadas UTM : 0462021; 8872193

Altitud : 588 msnm

Características climáticas y del punto de muestreo: día completamente despejado y con presencia de sol, ligera llovizna por horas, bosque primario, arboles con copas medianas, delgados y dispersos, pendiente fuertes cercanas a la parcela, sin presencia de piedras, a 300 m de una quebrada.

Especies identificadas: Huacrapona (*Iriartea deltoidea*), caimito (*Pouteria sp.*), palo leche (*Couma sp.*), palo chonta (*Bactris gasipaes*), moena (*Aniba sp.*).

– **Gradiente altitudinal 3**

Coordenadas UTM : 0457470; 8871269

Altitud : 989 msnm

Características climáticas y del punto de muestreo: día completamente despejado y con presencia de sol, días anteriores con fuertes lluvias, bosque primario, arboles con copas medianas, delgados, pendiente ligera, sin presencia de piedras, pastizal a 300 m de la parcela.

Especies identificadas: Palo paca (*Inga sp.*), shiringa (*Hevea sp.*), uvilla (*Pourouma sp.*), mata palo (*Ficus sp.*), pino blanco (*Schizolobium parahyba*).

– **Gradiente altitudinal 4**

Coordenadas UTM : 0456515; 8872635

Altitud : 1121 msnm

Características climáticas y del punto de muestreo: día completamente despejado y con presencia de sol, días anteriores con de sol, bosque primario parcialmente limpio, arboles con copas medianas, delgados, pendiente ligera, sin presencia de piedras, a 50 metros de un camino de herradura.

Especies identificadas: Huacrapona (*Iriartea deltoidea*), palo café (*Amaioua corymbosa*), shiringa (*Hevea sp.*), palmichi (*Geonoma sp.*), chontilla (*Aiphanes sp.*).

– **Gradiente altitudinal 5**

Coordenadas UTM : 0454838; 8872258

Altitud : 1356 msnm

Características climáticas y del punto de muestreo: día despejado y con presencia de sol, bosque primario y tupido, arboles con copas medianas y dispersos, delgados, zona ligeramente plana, sin presencia de piedras, arboles con musgos, a 20 metros de un camino de herradura y 10 metros de una vertiente de agua.

Especies identificadas: Palo pajarito (*Miconia calvescens*), wicungo (*Astrocaryum murumuru*), pacaé (*Inga sp.*), huacrapona (*Iriartea deltoidea*).

Anexo 2. Cálculo de carbono almacenado en el suelo en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Cuadro 6. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 1, de la Reserva Comunal Yánesha.

Profundidad de muestreo (cm)	Densidad aparente			Materia orgánica			COS (t/ha)
	Peso húmedo (gr)	Peso seco a la estufa (gr)	Densidad aparente (gr/Cm ³)	Peso sub muestra (gr)	Materia Orgánica (%MO)	Carbono Orgánico (%CO)	
CUADRANTE 1							
10	75.000	53.000	0.575	0.5	4.820	2.796	16.0623
20	96.000	69.000	0.748	0.5	4.480	2.598	38.8724
30	114.000	82.000	0.889	0.5	4.440	2.575	68.6756
SUMA							123.6102
CUADRANTE 2							
10	109.000	74.000	0.802	0.5	4.130	2.395	19.2161
20	118.000	88.000	0.954	0.5	3.790	2.198	41.9407
30	127.000	86.000	0.932	0.5	3.440	1.995	55.8036
SUMA							116.9605
PROMEDIO							120.2853

Cuadro 7. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 2, de la Reserva Comunal Yánesha.

Profundidad de muestreo (cm)	Densidad aparente			Materia orgánica			COS (t/ha)
	Peso húmedo (gr)	Peso seco a la estufa (gr)	Densidad aparente (gr/Cm ³)	Peso sub muestra (gr)	Materia Orgánica (%MO)	Carbono Orgánico (%CO)	
CUADRANTE 1							
10	109.000	92.000	0.997	0.5	2.760	1.601	15.9654
20	127.000	104.000	1.127	0.5	2.690	1.560	35.1803
30	117.000	103.000	1.117	0.5	2.620	1.520	50.9031
SUMA							102.0488
CUADRANTE 2							
10	87.000	69.000	0.748	0.5	4.820	2.796	20.9113
20	125.000	102.000	1.106	0.5	4.130	2.395	52.9742
30	145.000	131.000	1.420	0.5	2.410	1.398	59.5516
SUMA							133.4371
PROMEDIO							117.7429

Cuadro 8. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 3, de la Reserva Comunal Yánesha.

Profundidad de muestreo (cm)	Densidad aparente			Materia orgánica			COS (t/ha)
	Peso húmedo (gr)	Peso seco a la estufa (gr)	Densidad aparente (gr/Cm ³)	Peso sub muestra (gr)	Materia Orgánica (%MO)	Carbono Orgánico (%CO)	
CUADRANTE 1							
10	120.000	101.000	1.095	0.5	1.890	1.096	12.0024
20	134.000	122.000	1.323	0.5	1.860	1.079	28.5356
30	145.000	130.000	1.409	0.5	1.720	0.998	42.1771
SUMA							82.7151
CUADRANTE 2							
10	123.000	108.000	1.171	0.5	3.100	1.798	21.0508
20	139.000	130.000	1.409	0.5	1.720	0.998	28.1181
30	161.000	150.000	1.626	0.5	1.650	0.957	46.6853
SUMA							95.8543
PROMEDIO							89.2847

Cuadro 9. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 4, de la Reserva Comunal Yánesha.

Profundidad de muestreo (cm)	Densidad aparente			Materia orgánica			COS (t/ha)
	Peso húmedo (gr)	Peso seco a la estufa (gr)	Densidad aparente (gr/Cm ³)	Peso sub muestra (gr)	Materia Orgánica (%MO)	Carbono Orgánico (%CO)	
CUADRANTE 1							
10	109.000	67.000	0.726	0.5	3.440	1.995	14.4916
20	135.000	87.000	0.943	0.5	3.380	1.960	36.9786
30	130.000	78.000	0.846	0.5	2.550	1.479	37.5180
SUMA							88.9882
CUADRANTE 2							
10	97.000	53.000	0.575	0.5	4.480	2.598	14.9292
20	113.000	57.000	0.618	0.5	4.130	2.395	29.6032
30	130.000	74.000	0.802	0.5	4.000	2.320	55.8338
SUMA							100.3663
PROMEDIO							94.6772

Cuadro 10. Cálculo del carbono almacenado en el suelo en el gradiente altitudinal 5, de la Reserva Comunal Yánesha.

Profundidad de muestreo (cm)	Densidad aparente			Materia orgánica			COS (t/ha)
	Peso húmedo (gr)	Peso seco a la estufa (gr)	Densidad aparente (gr/Cm ³)	Peso sub muestra (gr)	Materia Orgánica (%MO)	Carbono Orgánico (%CO)	
CUADRANTE 1							
10	106.000	58.000	0.629	0.5	2.580	1.496	9.4087
20	176.000	100.000	1.084	0.5	2.620	1.520	32.9470
30	175.000	129.000	1.398	0.5	2.410	1.398	58.6424
SUMA							100.9982
CUADRANTE 2							
10	93.000	53.000	0.575	0.5	4.820	2.796	16.0623
20	143.000	130.000	1.409	0.5	1.380	0.800	22.5599
30	151.000	105.000	1.138	0.5	1.030	0.597	20.4001
SUMA							59.0222
PROMEDIO							80.0102

Anexo 3. Cálculo de carbono almacenado en hojarascas en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Cuadro 11. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 1, de la Reserva Comunal Yánesha.

Campo		Gabinete				
Sub parcela	Peso Fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
Ho1	0.142	0.142	0.091	0.364	3.640	1.8200
Ho2	0.119	0.119	0.067	0.268	2.680	1.3400
Ho3	0.091	0.091	0.061	0.244	2.440	1.2200
Ho4	0.135	0.135	0.086	0.344	3.440	1.7200
Ho5	0.094	0.094	0.066	0.264	2.640	1.3200
Ho6	0.056	0.056	0.036	0.144	1.440	0.7200
Ho7	0.085	0.085	0.064	0.256	2.560	1.2800
Ho8	0.070	0.070	0.053	0.212	2.120	1.0600
Ho9	0.100	0.100	0.063	0.252	2.520	1.2600
Ho10	0.127	0.127	0.083	0.332	3.320	1.6600
PROMEDIO						1.3400

Cuadro 12. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 2, de la Reserva Comunal Yánesha

Campo		Gabinete				
Sub parcela	Peso Fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
Ho1	0.152	0.152	0.120	0.480	4.800	2.4000
Ho2	0.171	0.171	0.127	0.508	5.080	2.5400
Ho3	0.152	0.152	0.096	0.384	3.840	1.9200
Ho4	0.309	0.309	0.236	0.944	9.440	4.7200
Ho5	0.184	0.184	0.145	0.580	5.800	2.9000
Ho6	0.281	0.281	0.236	0.944	9.440	4.7200
Ho7	0.195	0.195	0.132	0.528	5.280	2.6400
Ho8	0.199	0.199	0.141	0.564	5.640	2.8200
Ho9	0.129	0.129	0.094	0.376	3.760	1.8800
Ho10	0.161	0.161	0.119	0.476	4.760	2.3800
PROMEDIO						2.8920

Cuadro 13. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 3, de la Reserva Comunal Yánesha.

Campo		Gabinete				
Sub parcela	Peso Fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	(t/ha)
Ho1	0.165	0.165	0.092	0.368	3.680	1.8400
Ho2	0.182	0.182	0.140	0.560	5.600	2.8000
Ho3	0.362	0.362	0.229	0.916	9.160	4.5800
Ho4	0.254	0.254	0.170	0.680	6.800	3.4000
Ho5	0.199	0.199	0.165	0.660	6.600	3.3000
Ho6	0.148	0.148	0.083	0.332	3.320	1.6600
Ho7	0.095	0.095	0.070	0.280	2.800	1.4000
Ho8	0.154	0.154	0.128	0.512	5.120	2.5600
Ho9	0.196	0.196	0.144	0.576	5.760	2.8800
Ho10	0.183	0.183	0.087	0.348	3.480	1.7400
PROMEDIO						2.6160

Cuadro 14. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 4, de la Reserva Comunal Yánesha.

Campo		Gabinete				
Sub parcela	Peso fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
Ho1	0.139	0.139	0.056	0.224	2.240	1.1200
Ho2	0.042	0.042	0.020	0.080	0.800	0.4000
Ho3	0.135	0.135	0.054	0.216	2.160	1.0800
Ho4	0.110	0.110	0.046	0.184	1.840	0.9200
Ho5	0.125	0.125	0.061	0.244	2.440	1.2200
Ho6	0.219	0.219	0.070	0.280	2.800	1.4000
Ho7	0.175	0.175	0.090	0.360	3.600	1.8000
Ho8	0.134	0.134	0.059	0.236	2.360	1.1800
Ho9	0.117	0.117	0.060	0.240	2.400	1.2000
Ho10	0.137	0.137	0.062	0.248	2.480	1.2400
PROMEDIO						1.1560

Cuadro 15. Cálculo del carbono almacenado en hojarascas en el gradiente altitudinal 5, de la Reserva Comunal Yánesha.

Campo		Gabinete				
Sub parcela	Peso fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
Ho1	0.207	0.207	0.060	0.240	2.400	1.2000
Ho2	0.201	0.201	0.057	0.228	2.280	1.1400
Ho3	0.125	0.125	0.036	0.144	1.440	0.7200
Ho4	0.145	0.145	0.043	0.172	1.720	0.8600
Ho5	0.183	0.183	0.066	0.264	2.640	1.3200
Ho6	0.195	0.195	0.053	0.212	2.120	1.0600
Ho7	0.219	0.219	0.077	0.308	3.080	1.5400
Ho8	0.144	0.144	0.059	0.236	2.360	1.1800
Ho9	0.147	0.147	0.049	0.196	1.960	0.9800
Ho10	0.190	0.190	0.056	0.224	2.240	1.1200
PROMEDIO						1.1120

Anexo 4. Cálculo de carbono almacenado en raíces en cinco gradientes altitudinales de la Reserva Comunal Yánesha.

Cuadro 16. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 1, de la Reserva Comunal Yánesha.

campo		Gabinete				CR
Profundidad de muestreo (cm)	Peso fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
CUADRANTE 1						
10	0.083	0.083	0.024	2.400	24.000	12.0000
20	0.007	0.007	0.003	0.300	3.000	1.5000
30	0.009	0.009	0.004	0.400	4.000	2.0000
SUMA						15.5000
CUADRANTE 2						
10	0.054	0.054	0.014	1.400	14.000	7.0000
20	0.012	0.012	0.004	0.400	4.000	2.0000
30	0.003	0.003	0.001	0.100	1.000	0.5000
SUMA						9.5000
PROMEDIO						12.5000

Cuadro 17. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 2, de la Reserva Comunal Yánesha.

Campo		Gabinete				
Profundidad de muestreo (cm)	Peso Fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	(t/ha)
CUADRANTE 1						
10	0.065	0.065	0.044	4.400	44.000	22.0000
20	0.015	0.015	0.007	0.700	7.000	3.5000
30	0.012	0.012	0.005	0.500	5.000	2.5000
SUMA						28.0000
CUADRANTE 2						
10	0.038	0.038	0.018	1.800	18.000	9.0000
20	0.008	0.008	0.005	0.500	5.000	2.5000
30	0.007	0.007	0.004	0.400	4.000	2.0000
SUMA						13.5000
PROMEDIO						20.7500

Cuadro 18. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 3, de la Reserva Comunal Yánesha.

campo		Gabinete				
Profundidad de muestreo (cm)	Peso Fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
CUADRANTE 1						
10	0.068	0.068	0.034	3.400	34.000	17.0000
20	0.006	0.006	0.004	0.400	4.000	2.0000
30	0.002	0.002	0.001	0.100	1.000	0.5000
SUMA						19.5000
CUADRANTE 2						
10	0.098	0.098	0.026	2.600	26.000	13.0000
20	0.003	0.003	0.002	0.200	2.000	1.0000
30	0.002	0.002	0.001	0.100	1.000	0.5000
SUMA						14.5000
PROMEDIO						17.0000

Cuadro 19. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 4, de la Reserva Comunal Yánesha.

campo		Gabinete				
Profundidad de muestreo (cm)	Peso Fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
CUADRANTE 1						
10	0.030	0.030	0.034	3.400	34.000	17.0000
20	0.006	0.006	0.004	0.400	4.000	2.0000
30	0.004	0.004	0.002	0.200	2.000	1.0000
SUMA						20.0000
CUADRANTE 2						
10	0.027	0.027	0.009	0.900	9.000	4.5000
20	0.006	0.006	0.004	0.400	4.000	2.0000
30	0.004	0.004	0.002	0.200	2.000	1.0000
SUMA						7.5000
PROMEDIO						13.7500

Cuadro 20. Cálculo del carbono almacenado en raíces en el gradiente altitudinal 5, de la Reserva Comunal Yánesha.

Campo		Gabinete				
Profundidad de muestreo (cm)	Peso fresco MV (Kg)	Peso sub muestra MV (Kg)	Peso seco sub muestra MS (kg)	Peso seco m ² (kg)	Peso seco MS (t/ha)	t/ha
CUADRANTE 1						
10	0.071	0.071	0.009	0.900	9.000	4.5000
20	0.005	0.005	0.003	0.300	3.000	1.5000
30	0.003	0.003	0.002	0.200	2.000	1.0000
SUMA						7.0000
CUADRANTE 2						
10	0.059	0.059	0.008	0.800	8.000	4.0000
20	0.007	0.007	0.005	0.500	5.000	2.5000
30	0.004	0.004	0.003	0.300	3.000	1.5000
SUMA						8.0000
PROMEDIO						7.5000

Anexo 5. Datos de la Estación meteorológica de DESCO (Programa Selva Central).

Cuadro 21. Datos de la Estación Meteorológica de DESCO (programa Selva Central)

MESES	Temp prom del suelo	pp acumulada	Temp prom del ambiente	HR promedio	Vel prom del viento
	°C	mm	°C	%	Km/h
Noviembre	26.92	3.81	25.51	94.96	0.88
Diciembre	26.95	702.37	24.48	95.48	0.95
Enero	28.33	499.49	25.45	93.22	0.89
Febrero	27.90	748.31	24.93	95.14	0.66
Marzo	27.73	824.96	25.03	94.81	0.65
Abril	28.02	272.76	25.58	91.64	0.51
Mayo	27.95	219.94	25.19	93.40	0.57
Junio	26.81	172.13	25.11	92.17	0.62
Julio	26.58	171.02	24.20	91.32	0.72
Agosto	27.43	224.45	24.82	90.62	0.92
Setiembre	28.68	71.61	25.91	88.42	0.95
Octubre	27.84	359.80	25.50	91.95	0.81

Anexo 6. Panel fotográfico.

Figura 15. Delimitación de la parcela para el muestreo de suelo, hojarasca y raíces.

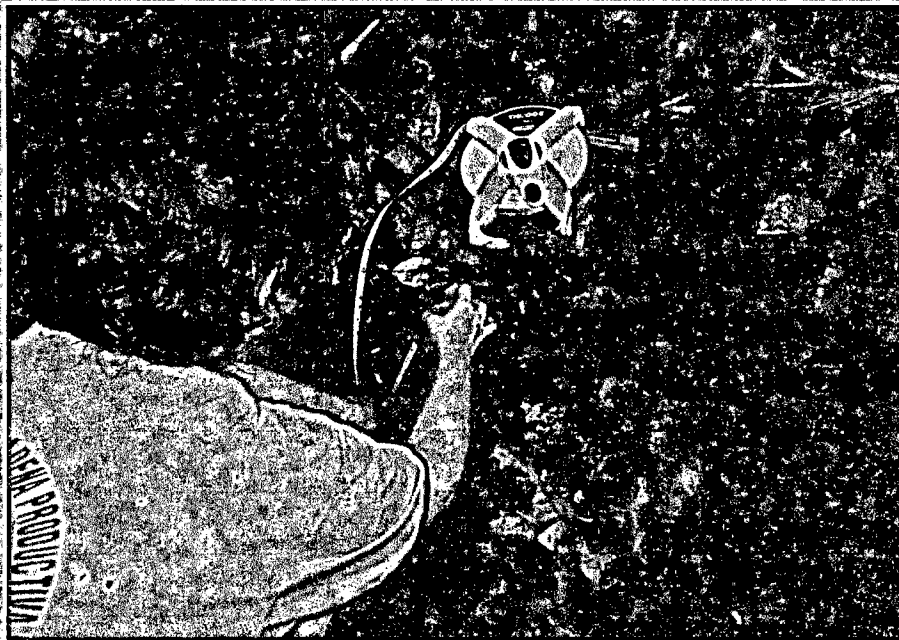


Figura 16. Medición y establecimiento de los rangos para la obtención de muestras.



Figura 17. Introducción de cilindro para la medición de la densidad aparente.

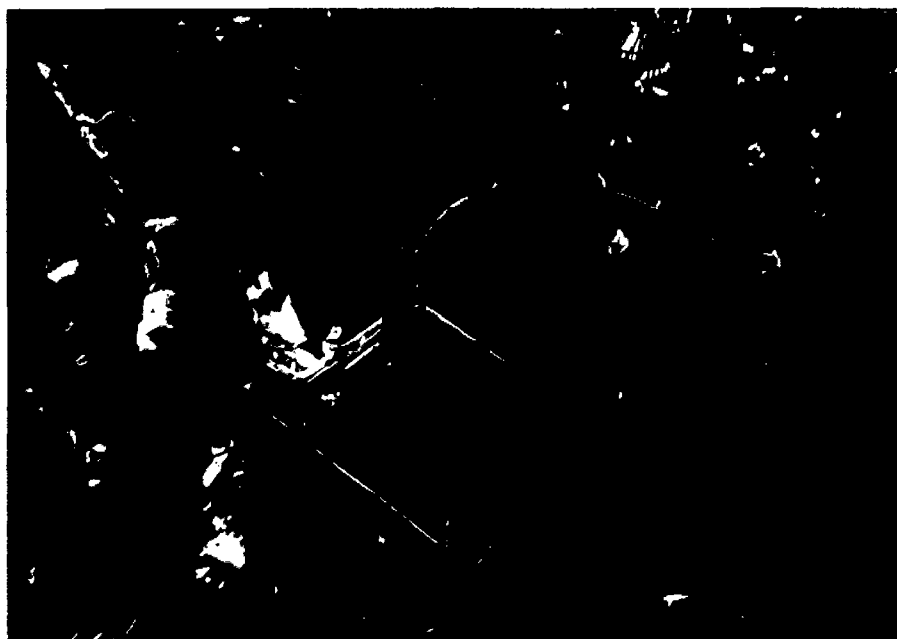


Figura 18. Recolección de hojarasca en un área de 0.25 m^2 .

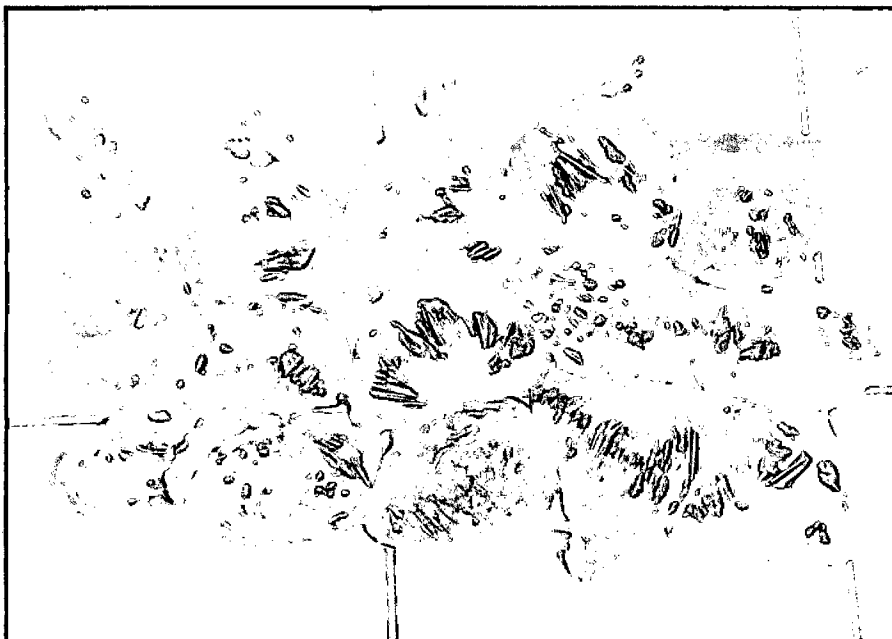


Figura 19. Muestras embolsadas y etiquetadas listas para su análisis.

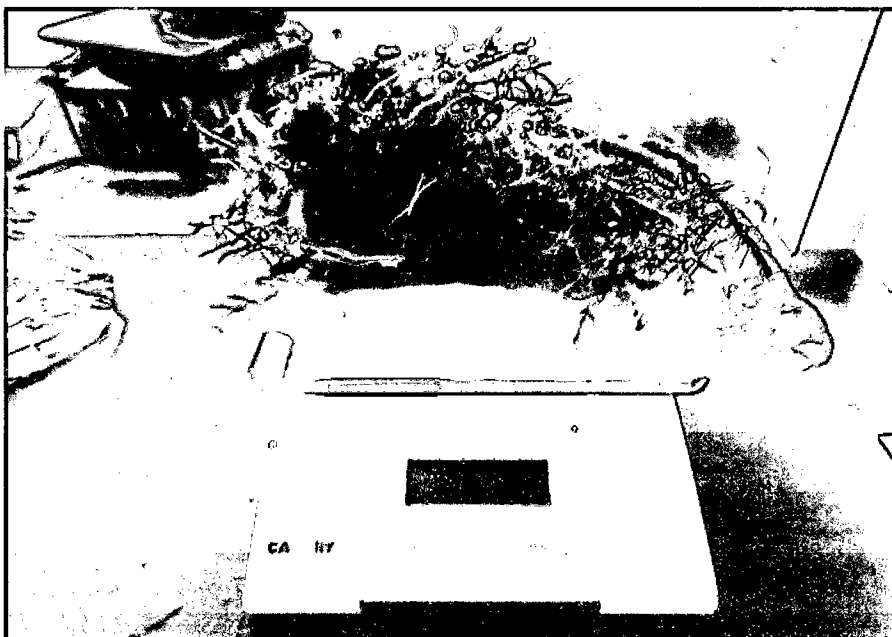


Figura 20. Pesado de raíces.



Figura 21. Tamizado de raíces de plantas herbáceas.

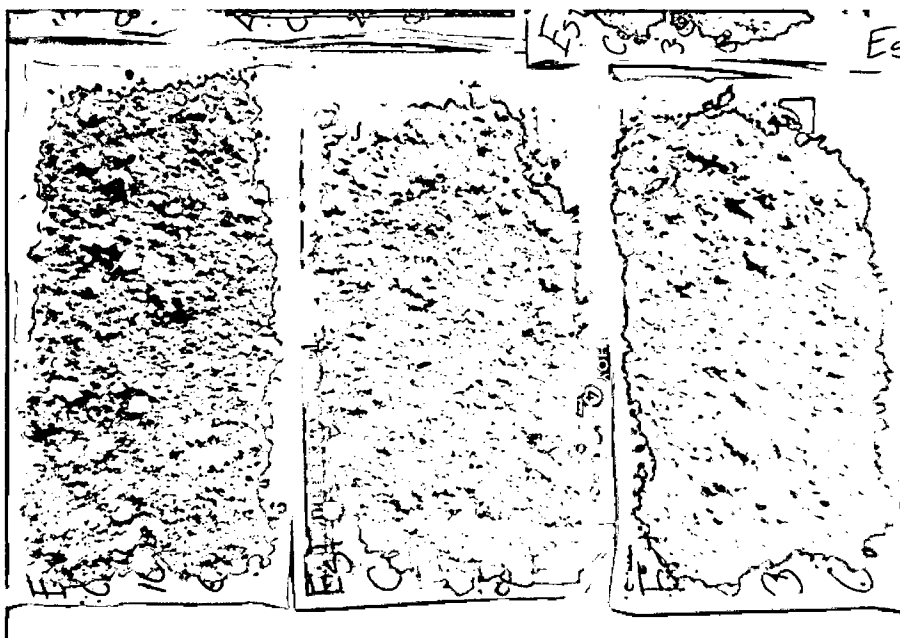
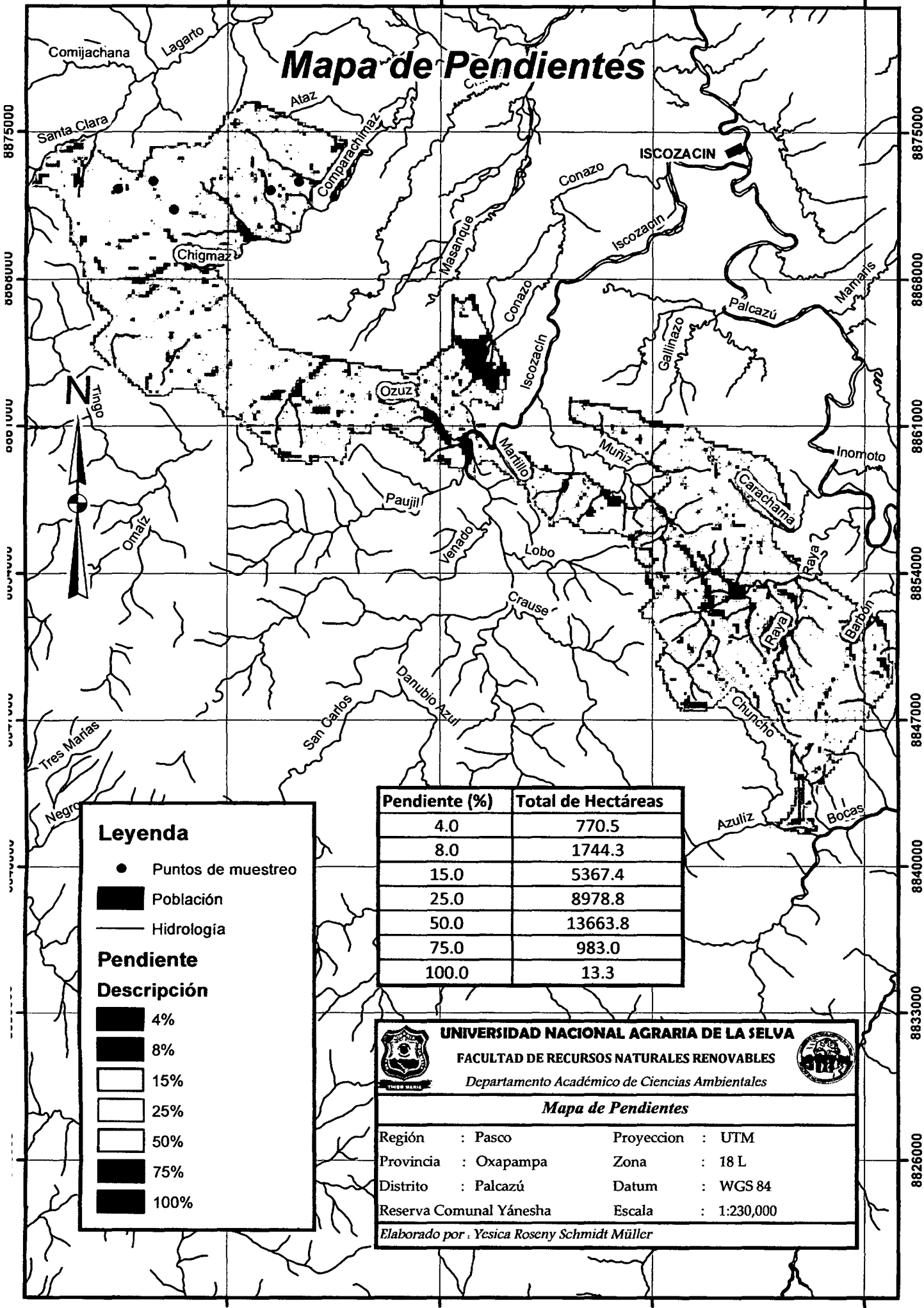


Figura 22. Secado de muestras de suelo para ser enviadas al laboratorio.

Mapa de Pendientes



Leyenda

- Puntos de muestreo
- Población
- Hidrología

Pendiente

Descripción

- 4%
- 8%
- 15%
- 25%
- 50%
- 75%
- 100%

Pendiente (%)	Total de Hectáreas
4.0	770.5
8.0	1744.3
15.0	5367.4
25.0	8978.8
50.0	13663.8
75.0	983.0
100.0	13.3

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 Departamento Académico de Ciencias Ambientales

Mapa de Pendientes

Región : Pasco Proyeccion : UTM
 Provincia : Oxapampa Zona : 18 L
 Distrito : Palcazú Datum : WGS 84
 Reserva Comunal Yánesha Escala : 1:230,000

Elaborado por : Yesica Roseny Schmidt Müller

Mapa de Gradientes Altitudinales



Leyenda

Puntos de muestreo

Población

Hidrología

Mapa altitudinal

Descripción

Rango Altitudinal 1 (300-560)

Rango altitudinal 2 (560-820)

Rango Altitudinal 3 (820-1080)

Rango Altitudinal 4 (1080-1340)

Rango Altitudinal 5 (1340-1600)



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

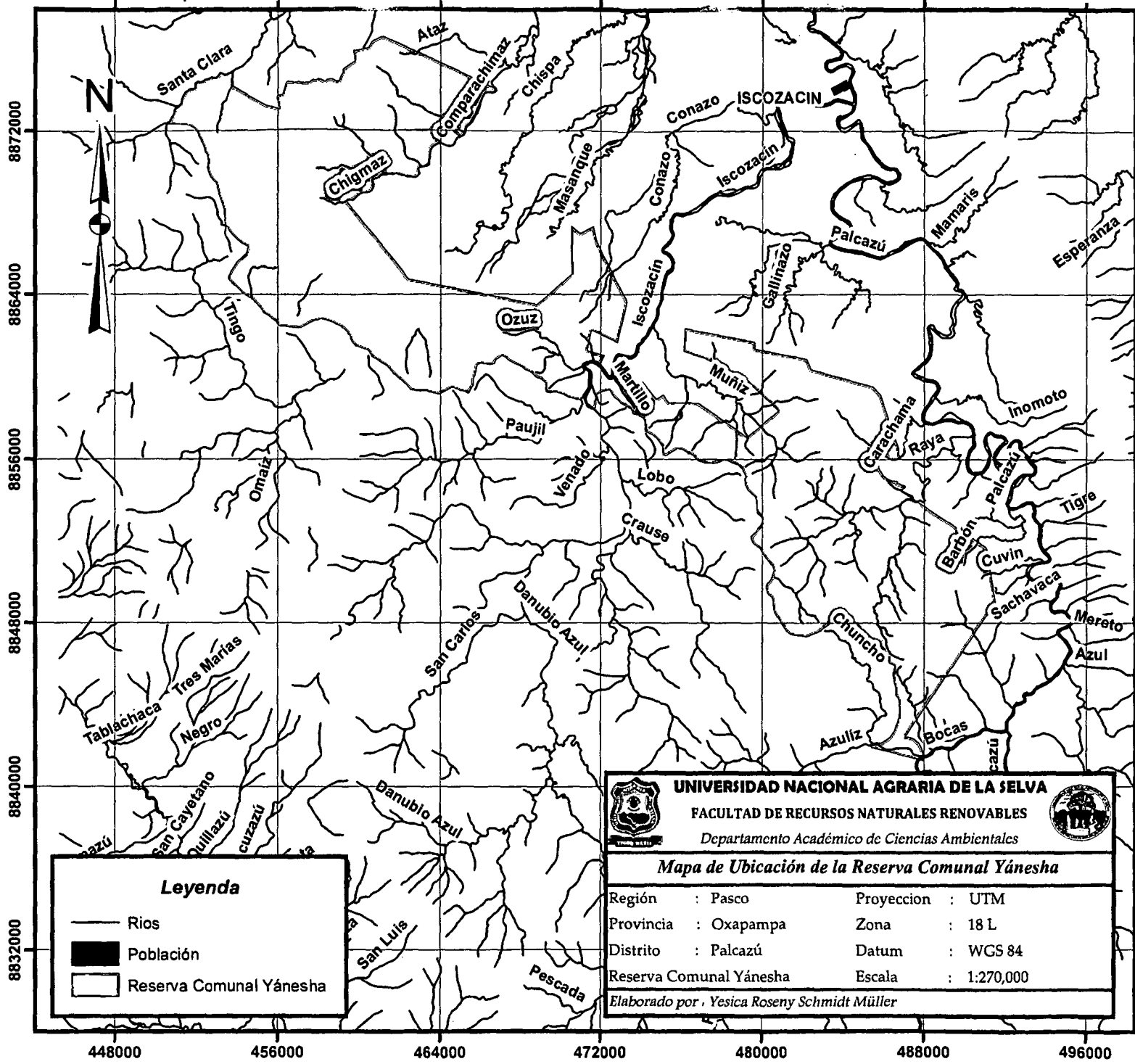
Departamento Académico de Ciencias Ambientales



Mapa de Gradientes Altitudinales

Región : Pasco	Proyeccion : UTM
Provincia : Oxapampa	Zona : 18 L
Distrito : Palcazú	Datum : WGS 84
Reserva Comunal Yánesha	Escala : 1:230,000

Elaborado por : Yesica Roseny Schmidt Müller



Leyenda

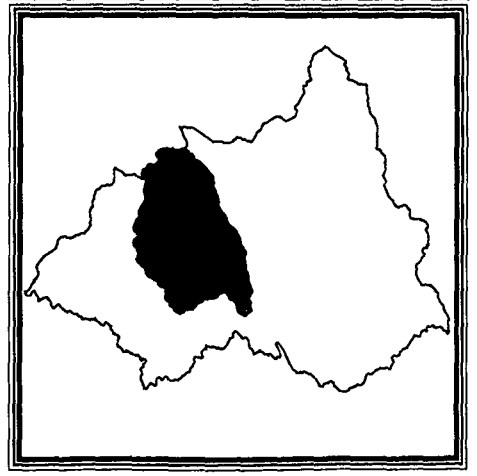
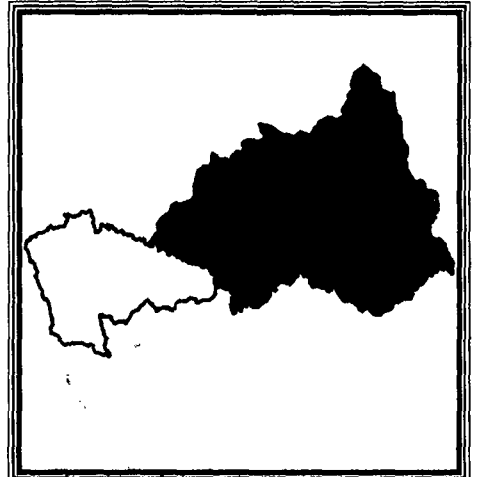
- Ríos
- Población
- Reserva Comunal Yánesha

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
 Departamento Académico de Ciencias Ambientales

Mapa de Ubicación de la Reserva Comunal Yánesha

Región : Pasco	Proyeccion : UTM
Provincia : Oxapampa	Zona : 18 L
Distrito : Palcazú	Datum : WGS 84
Reserva Comunal Yánesha	Escala : 1:270,000

Elaborado por : Yesica Roseny Schmidt Müller





UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com

ANALISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: SCHMIDT MULLER YESICA ROSENY



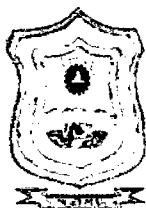
Datos del Usuario	ANALISIS MECANICO			Textura	pH
	Arena %	Arcilla %	Limo %		
E5 10	52.24	13.04	34.72	Franco Arenoso	3.63
E5 20	60.24	17.04	22.72	Franco Arenoso	3.92
E5 30	50.24	23.04	26.72	Franco Arcillo Arenoso	3.99
E4 10	62.24	13.04	24.72	Franco Arenoso	3.52
E4 20	58.24	15.04	26.72	Franco Arenoso	3.77
E4 30	54.24	15.04	30.72	Franco Arenoso	3.90
E3 10	32.24	17.04	50.72	Franco Limoso	4.15
E3 20	26.24	25.04	48.72	Franco	4.36
E3 30	20.24	31.04	48.72	Franco Arcillo Limoso	4.46
E2 10	50.24	13.04	30.72	Franco	4.08
E2 20	48.24	25.04	26.72	Franco Arcillo Arenoso	4.26
E2 30	50.24	21.04	28.72	Franco	4.33
E1 10	60.24	17.04	22.72	Franco Arenoso	3.59
E1 20	34.24	29.04	36.72	Franco Arcilloso	3.97
E1 30	38.24	29.04	32.72	Franco Arcilloso	4.12

Fecha: Martes, 13 de Agosto de 2013

Recibo Nº: 345175

Muestreado por: El solicitante





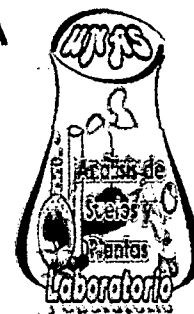
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TINGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelosunas@hotmail.com

ANALISIS DE SUELOS



SOLICITANTE: SCHMIDT MULLER YESICA ROSENY

Cod. Lab	Datos del Usuario	pH	M.O.	N
		1:1	%	%
M814	E5 Cu 1 Pr 10 C	0.00	2.58	0.12
M815	E5 Cu 1 Pr 20 C	0.00	2.62	0.12
M816	E5 Cu 1 Pr 30 C	0.00	2.41	0.11
M817	E5 Cu 2 Pr 10 C	0.00	4.82	0.22
M818	E5 Cu 2 Pr 20 C	0.00	1.38	0.06
M819	E5 Cu 2 Pr 30 C	0.00	1.03	0.05
M820	E4 Cu 1 Pr 10 C	0.00	3.44	0.16
M821	E4 Cu 1 Pr 20 C	0.00	3.38	0.15
M822	E4 Cu 1 Pr 30 C	0.00	2.55	0.11
M823	E4 Cu 2 Pr 10 C	0.00	4.48	0.20
M824	E4 Cu 2 Pr 20 C	0.00	4.13	0.19
M825	E4 Cu 2 Pr 30 C	0.00	4.00	0.18
M826	E3 Cu 1 Pr 10 C	0.00	1.89	0.09
M827	E3 Cu 1 Pr 20 C	0.00	1.86	0.08
M828	E3 Cu 1 Pr 30 C	0.00	1.72	0.08
M829	E3 Cu 2 Pr 10 C	0.00	3.10	0.14
M830	E3 Cu 2 Pr 20 C	0.00	1.72	0.08
M831	E3 Cu 2 Pr 30 C	0.00	1.65	0.07
M832	E3 Cu 1 Pr 10 C	0.00	2.76	0.12
M833	E2 Cu 1 Pr 20 C	0.00	2.69	0.12
M834	E2 Cu 1 Pr 30 C	0.00	2.62	0.12
M835	E2 Cu 2 Pr 10 C	0.00	4.82	0.22
M836	E2 Cu 2 Pr 20 C	0.00	4.13	0.19
M837	E2 Cu 2 Pr 30 C	0.00	2.41	0.11
M838	E1 Cu 1 Pr 10 C	0.00	4.82	0.22
M839	E1 Cu 1 Pr 20 C	0.00	4.48	0.20
M840	E1 Cu 1 Pr 30 C	0.00	4.44	0.20
M841	E1 Cu 2 Pr 10 C	0.00	4.13	0.19
M842	E1 Cu 2 Pr 20 C	0.00	3.79	0.17
M843	E1 Cu 2 Pr 30 C	0.00	3.44	0.16

Fecha: Viernes, 16 de Agosto de 2013

Recibo Nº: 345207

Muestreado por: El solicitante

