

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN RECURSOS  
NATURALES RENOVABLES**



**CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO EN PLANTACIONES DE  
BOLAINA (*Guazuma crinita*) ESTABLECIDAS A DIFERENTES ALTITUDES  
EN LA PROVINCIA LEONCIO PRADO, PERÚ**

**TESIS**

**Para optar el título:**

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES,  
MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**

**LÓPEZ ANGULO RÍCHARD SERGIO**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**2020**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
Tingo María – Perú



**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

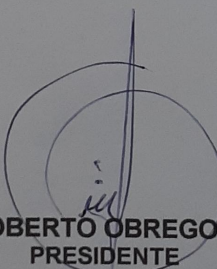
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 21 de Septiembre del 2017, a horas 7.25 a.m. en la Sala de Sesiones del Departamento Académico de Ciencias en Medio Ambiente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la Tesis titulada:

### **“CARBONO ALMACENADO EN EL SUELO EN PLANTACIONES DE BOLAINA (*guazuma crinita*) ESTABLECIDAS A DIFERENTES ALTITUDES EN LA PROVINCIA LEONCIO PRADO - PERÚ”**

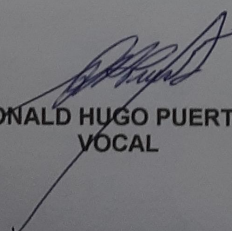
Presentado por el Bachiller: **RICHARD SERGIO, LOPEZ ANGULO** después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **“BUENO”**

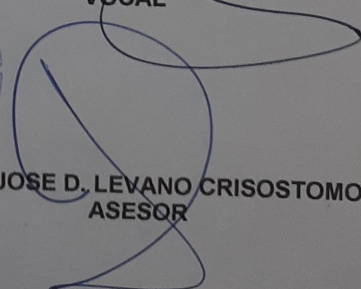
En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES** Mención; **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del Título correspondiente.

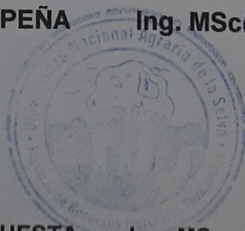
Tingo María, 04 de Enero del 2019

  
Ing. MSc. **ROBERTO OBREGON PEÑA**  
PRESIDENTE

  
Ing. MSc. **ERLE BUSTAMANTE SCAGLIONI**  
VOCAL

  
Ing. MS. **RONALD HUGO PUERTA TUESTA**  
VOCAL

  
Ing. MSc. **JOSE D. LEVANO CRISOSTOMO**  
ASESOR



## DEDICATORIA

A DIOS, por el éxito y la satisfacción de esta investigación, quien me regala los dones de la sabiduría para enfrentar los retos, las alegrías y los obstáculos que se me presentan constantemente. Al esfuerzo de mis queridos padres César y Sara, quienes ahora ven realizado el sueño que ello construyeron; mi sincero agradecimiento por haberme depositado su confianza e impartido sus sabios consejos.

A mis docentes por su gran apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida, a mis amigos y hermanos en Cristo: Isaías, Oswaldo, Jhony, Yarom, Sandro, Enzo, Junior, Franco, Jesús, Roger, Wilmer, por su gran calidad humana apoyo, amor, alegría y ánimo contagioso, que no me dejaron desfallecer para así poder llevar a cabo la culminación de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por haberme abierto sus puertas para estudiar y ser hoy un profesional.

A mis padres por haberme dado su apoyo incondicional, valores, principios, perseverancia, empeño y educación.

A mi amada esposa por haberme motivado, por su apoyo y esfuerzo, paciencia y dedicación en los momentos mas difíciles.

Al Ing. Msc. José Dolores Lévano Crisóstomo, asesor principal del presente trabajo de tesis, por brindarme la oportunidad, por sus valiosos aportes, dedicación constante, confianza depositada en mi persona y porque con este trabajo descubrí que no solo hay conocimiento, sino también hay lazos de amistad y personas de gran calidad humana; gracias por brindarme todos estos valiosos detalles que me llevaron a la culminación de este gran trabajo.

Al Ing. Ricardo Chávez Ascencio, por sus recomendaciones oportunas en el desarrollo de este proyecto, sus ideas contribuyeron enormemente en la orientación de esta investigación.

Al Ing. Ms. Ronald Hugo Puerta Tuesta, por la amistad, apoyo desinteresado y sus aportes valiosos ayudaron a mejorar mi visión en la investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	11
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	14
2.1.	Provincia Leoncio Prado .....	14
2.1.1.	Antecedentes .....	14
2.2.	Plantacion forestal.....	15
2.2.1.	Manejo de plantacion forestal .....	15
2.2.2.	Especies forestales en el Perú .....	15
2.2.2.1.	Bolaina blanca .....	17
2.2.3	El carbono en los ecosistemas forestales.....	18
2.2.4	Caracteristicas ecologicas .....	20
2.3.	Almacenamiento de carbono.....	21
2.3.1.	El papel de los suelos en el ciclo del carbono .....	21
2.3.2.	Tendencia general de la captura de carbono en el suelo .....	22
2.3.3.	Dinamica del carbono en los suelo.....	22
2.3.4.	El papel fundamental de la materia organica en los suelos.....	23
2.3.5.	Estudios de biomasa y carbono en bosques secundarios .....	24
2.4.	El Suelo.....	25
2.4.	El efecto invernadero .....	26
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	27
3.1	Descripción de la zona de trabajo .....	27

3.1.1.	Lugar de ejecución .....	27
3.1.2.	Ubicación geográfica .....	27
3.1.3.	Zonas de vida .....	27
3.1.4.	Gradientes altitudinales.....	29
3.2	Materiales, herramientas y equipos.....	31
3.2.1.	Materiales cartográficos .....	31
3.2.2.	Hardware y software.....	31
3.2.3.	Equipo y material de campo .....	31
3.3.	Metodología.....	33
3.4.	Trabajo de campo .....	33
3.4.1.	Obtencion de la muestra de suelo.....	33
3.4.2.	Obtencion de la muestra para el calculo de densidad .....	34
3.4.3.	Obtencion de la muestra de hojarasca.....	34
3.4.4.	Obtencion de la muestra de raices.....	35
3.5.	Trabajo de gabinete .....	35
3.5.1.	Tamaño de la muestra y toma de muestras .....	35
3.6.	Trabajo de laboratorio .....	36
3.6.1.	Obtencion de datos de carbono almacenado en el suelo.....	36
3.6.2.	Obtencion de datos de carbono en hojarasca .....	37
3.6.3.	Obtencion de datos de carbono en raices .....	37
3.7.	Trabajo final de gabinete.....	38

3.7.1.	Cálculos del carbono almacenado en el suelo .....	38
3.7.2..	Cálculos del carbono almacenado en hojarasca .....	39
3.7.3.	Cálculos del carbono almacenado en raices .....	39
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>42</b>
4.1.	Contenido de carbono en el suelo .....	42
4.2.	Contenido de carbono en hojarasca.....	43
4.3.	Contenido de carbono en raices.....	45
4.4.	Contenido Total de carbono en la provincia Leoncio Prado.....	46
<b>V.</b>	<b>DISCUSION</b> .....	<b>47</b>
<b>VI.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>51</b>
<b>VII.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>52</b>
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>53</b>

## ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro	Pag.
1. Antecedentes de la Provincia Leoncio Prado .....	14
2. Incremento de la biomasa en bosques secundarios .....	19
3. Distribución de bolaina en la provincia Leoncio Prado.....	29
4. Contenido de carbono en el suelo en la provincia Leoncio Prado....	41
5. Contenido de carbono en hojarasca en la provincia Leoncio Prado.	42
6. Contenido de carbono en raíces en la provincia Leoncio Prado.....	43
7. Contenido Total de carbono en raíces en la provincia Leoncio P....	45
8. Calculo de carbono en el suelo Pueblo Nuevo y Castillo Grande....	58
9. Calculo de carbono en Felipe P. L. y Mariano Dámaso B. del suelo....	59
10. Calculo de carbono en Pueblo Nuevo en hojarasca.....	60
11. Calculo de carbono en Castillo Grande en hojarasca.....	61
12. Calculo de carbono en Felipe Padre Luyando en hojarasca.....	61
13. Calculo de carbono en Mariano Dámaso Beraún en hojarasca.....	62
14. Calculo de carbono en Pueblo Nuevo en raíces.....	63
15. Calculo de carbono en Castillo Grande en raíces.....	63
16. Calculo de carbono en Felipe Padre Luyando en raíces.....	64
17. Calculo de carbono en Mariano Dámaso Beraún en raíces.....	64

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Bolina variables climáticas.....	18
2. Diagrama de muestreo carbono almacenado en el suelo y raíces.....	34
3. Esquema de muestreo de hojarasca .....	35
4. Esquema general de muestreo.....	36
5. Carbono/hectárea en el suelo en la provincia Leoncio Prado .....	41
6. Carbono/hectárea en hojarasca en la provincia Leoncio Prado.....	42
7. Carbono/hectárea en raíces en la provincia Leoncio Prado .....	44
8. Carbono/hectárea Total acumulado en la provincia Leoncio Prado.	45
9. Muestras de hojarasca.....	65
10. Muestras de hojarasca .....	65
11. Muestras de suelo.....	66
12. Muestra de raíces .....	66
13. Cilindro con suelo para determinación de densidad aparente.....	67
14. Pesado de cilindros con suelo después de secado en estufa.....	67
15. Análisis de suelos.....	68

## RESUMEN

La investigación se inició con la ubicación de zonas con plantaciones de bolainas, teniendo en consideración cuatro distritos con un rango de altitudes desde los 540 msnm hasta los 740 msnm. En cada gradiente se estableció una parcela de 20 x 50 m, que fue dividida en dos subparcelas de 25 x 10 m para toma de muestra y determinar el carbono orgánico, raíces y densidad aparente, y una parcela de 50 x 10 m para el muestreo de hojarasca. En cada subparcela se estableció un área de 1 m<sup>2</sup> para instalar cuatro 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; 0.20 – 0.30 m. Se tomó una muestra de suelo por cada rango aproximadamente 0.5 kg, las muestras obtenidas de la mismas profundidades se mezclaron y se obtuvo una muestra uniforme y representativa del lugar; en la cuarta calicata se obtuvo muestra de raíces y densidad aparente, donde se introdujo un cilindro de volumen conocido. La subparcela de 50 x 10 m, se subdividió en 10 partes iguales, de la que se obtuvo diez muestras de hojarasca.

El carbono almacenado en los tres componentes estudiados siendo: carbono orgánico en el suelo, carbono en hojarasca y carbono en raíces en cada uno de los gradientes en la provincia Leoncio Prado en base a las altitudes, donde el mayor contenido de carbono almacenado se encontró en plantaciones de bolaina en el distrito Pueblo Nuevo con un gradiente altitudinal (500 – 580 msnm) con 206.157 t/ha, determinándose que a menor altitud la cantidad de carbono almacenado en plantaciones de bolaina.

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los distritos de Pueblo Nuevo, Castillo Grande, Felipe Padre Luyando y Mariano Dámaso Beraún provincia Leoncio Prado han sufrieron variaciones en su ambiente, su entorno como incremento de su población en áreas de protección lo que trajo consigo la perdida de bosques, como consecuencia, mal uso y manejo de los recursos naturales, las actividades agrícolas, debido a esto se consideró plantaciones de bolaina como recurso de reforestación y el aprovechamiento que genera muchas ventajas económicas y ecológicas para las poblaciones en la provincia.

Hoy día, hay diversas programaciones que conllevan a dar valor los ecosistemas. La finalidad de estos esfuerzos es educar a la sociedad para el uso adecuado de los recursos necesarios y motivar a la conservación y manejo sostenible de los recursos. Uno de los servicios ecológicos es valorado de esta forma, se atrapa y almacena carbono en el suelo. La vegetación siempre se halla ubicada en áreas naturales que pueden ser protegidas como no o sistemas forestales o agronómicos, cultivos de un solo sistema ofrecen servicios para poder almacenar el carbono, por medio del metabolismo vegetal o fotosíntesis.

Los bosques naturales y formaciones ecológicas agroforestales, juegan un papel importante en cada país como índice de crecimiento económico y sus protocolos de sostenibilidad, sino que son considerados los

sumideros mundiales en el ciclo del carbono debido a ello su gran protagonismo. El debate actual se intensifica alrededor a la falta de información sobre los temas relacionados a almacenamiento de carbono que proporcionan, más allá de sus funciones productivas; denominados "servicios ecosistémicos".

Los árboles, cumplen un rol en el ciclo del reciclaje del carbono, es por ellos que mientras una planta empieza a crecer, sustancialmente almacena CO<sub>2</sub>, el cual lo transforma en biomasa. Donde se almacena la biomasa de manera equilibrada, donde se atrapa y almacena una inmensa cantidad relativa de carbono en la atmósfera durante todo el tiempo.

En este sentido nos hacemos la siguiente interrogante, ¿el carbono almacenado en el suelo con plantaciones de bolaina cambia de acuerdo con la altitud?

La hipótesis propuesta indica que en suelos que se hallan a menor altura sobre el nivel del mar, establece mucho más carbono almacenado a diferencia de los suelos que se encuentran a una altura mayor sobre el nivel del mar, que contienen carbono en menor cantidad.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivos:

### **Objetivo general**

- Determinar el carbono que se almacena en el suelo en parcelas con plantaciones de bolaina blanca (*Guazuma crinita*) establecido a diferentes altitudes en la provincia Leoncio Prado.

**Objetivos específicos**

- Estimar el contenido del carbono que se almacena en el cuerpo o la biomasa de la hoja seca superficial en plantaciones de bolaina en la provincia Leoncio Prado en los distritos Pueblo Nuevo, Castillo Grande, Felipe Padre Luyando y Mariano Dámaso Beraún.
- Estimar el contenido del carbono que se almacena en el cuerpo o la biomasa radicular de plantaciones de bolaina en la provincia Leoncio Prado en los distritos Pueblo Nuevo, Castillo Grande, Felipe Padre Luyando y Mariano Dámaso Beraún.
- Estimar el contenido carbono orgánico en el suelo con plantaciones de bolaina en la provincia Leoncio Prado en los distritos Pueblo Nuevo, Castillo Grande, Felipe Padre Luyando y Mariano Dámaso Beraún.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Plantación forestal**

La dinámica de formación boscosa forestales que forman un bosque donde posee un sistema, define el tamaño y especies el cual cumplen objetivos definidos dentro del ecosistema, con un establecimiento productivo de plantaciones, que adquieren fuentes de energía, agrícolas para su protección, los cuerpos de agua, para corrección en los problemas de degradación y erosión, etc (TRUJILLO, 2006).

#### **2.1.1. Manejo de plantaciones forestales**

Se debe tener una programación en plantaciones forestales para tener en cuenta los cuidados silviculturales, y establecer los siguientes: poda en la formación de las copas, limpieza de la población herbácea o malezas, raleo, contabilizar cada cuatro o cinco años (BRAVO, 2002).

#### **2.1.2. Sistemas agroforestales**

Las definiciones para un sistema agroforestal son variadas, podríamos establecer como un conjunto de indicios vegetales como formaciones arbóreas, herbáceas, cultivos, plantación de coberturas entre otros animales como vacunos, insectos etc. Se establecen dentro de un mismo lugar, para llevar mantener la sostenibilidad ecológica y diversificar el riesgo y mejorar la calidad de vida. El sistema agroforestal debe implementarse de forma

cultural, es decir producto de las acciones de cada persona. Los elementos vegetales deben interactuar en el tiempo predeterminado. El sistema forestal agrícola viene a ser un sistema donde interviene árboles para el desarrollo del ecosistema. (BRAVO, 2002).

Las investigaciones referidas a los cambios climáticos sobre la distribución de las especies; en la relaciones de organismos con los diversos ecosistemas; pero hay poca referencia que explica sobre el cambio o variación del clima en sistemas agroforestales. (HANSEN *et al.* 2001) Hay una referencia entre el manejo de suelo en un ecosistema y el clima en función a su biodiversidad donde varían los sistemas ecológicos, son dinámicos, cambian en las condiciones climáticas, sucesiones ecológicas y otras perturbaciones o procesos donde son esenciales en donde puede mantener ciertas especies y poblaciones, la biodiversidad es muy acelerado en la última década debido a cambios en el suelo y su uso y el cambio climático generado la actividad humana.

### **2.1.3. Especies forestales en el Perú**

En el Perú, los bosques ocupan una extensa superficie de 75.7 millones de hectáreas debido a esto es un 59% del territorio nacional. A su vez el 92% de los bosques mencionados son 70 millones de hectáreas aprox., es hallado en la Selva que constituyen bosques húmedos tropicales. En la parte Sierra, se encuentran 2.8 millones de hectáreas de bosques aprox., donde se encuentran bosques de especies de la zona oriundas o nativas, matorrales perennifolios. Mientras que en la Costa, se puede estimar unos 3.2 millones de hectáreas con plantaciones xerofíticos formando bosques macizos donde

predomina pocas especies que pueden adaptar a tales condiciones como Acacia, Cordia, Loxopterigium, etc. (Plan Nacional de Acción Forestal DGFF, 1991).

La distribución de la bolaina blanca en el Neotrópico es de gran amplitud, desde el Centro de América en la Amazonía, abarcando desde la parte sur de Bolivia, Brasil, y Perú, desde los 1500 msnm. Los suelos más característicos son Ultisol en gran manera, Entisol de forma regular, Inceptisol que abarca un cierto margen en estas plantaciones y pH de abarca de extremo a ligeramente ácido. (REYNEL, 2003).

Su pluviosidad es elevada y constante, con estaciones secas bien marcadas. La bolaina blanca es una especie pionera de crecimiento rápido, una de las características vegetativas tempranas, se encuentra regularmente cerca de caminos y zonas donde el hombre ha intervenido. Se presenta en los suelos que poseen características limosas a arenosas, casi siempre de débil fertilidad, terrenos pedregosos; donde no tolera inundaciones, mucho más cuando es una planta pequeña (REYNEL, 2003).

Según CORDABA *et al.*, (2005) las especies forestales están muy relacionados con las condiciones climáticas de cada lugar geográfico o zona de vida, que explican la variabilidad de especies, desde la forma o funciones que cumple en su ecosistema hasta el carbono almacenado.

En el Perú las plantaciones de bolaina blanca se distribuyen en algunos departamentos como Loreto, Ucayali, Huánuco, San Martín, Madre de Dios, Junín y Cerro de Pasco, en altitud menor a los 1,000 msnm.

Encontrándose en su totalidad en zonas donde los bosques son secundarios y la mayoría formando rodales naturales homogéneos (INIA – OIMT, 1996).

#### **2.1.3.1. Bolaina Blanca (*Guazuma crinita*)**

La especie Bolaina posee un ancho de diámetro es de 25 a 80 cm. llegando a tener de 15 hasta 30m. en su altura, de recto fuste y de forma cilíndrico formando una copa irregular, con su corteza sutilmente lisa de forma agrietada, el color es marrón claro tendiendo a grisáceo, la parte interna es fibrosa y conforma un tejido color amarillo, donde tiende a oxidarse rápidamente.

Su distribución en el neo-trópico abarca desde Centroamérica hasta la Amazonía abarcando también parte de Brasil y Bolivia, en un rango de hasta los 550 - 1,500 msnm. La bolaina en el Perú, se encuentra en el Amazonas, desde el departamento del Amazonas hasta al sur, San Martín, y Ucayali, y en la Costa (ENCARNACIÓN, 1983).

La precipitación adecuada para el crecimiento de la bolaina debe de abarcar los 1800 a 2500 mm anuales, con temperatura entre 25° C (LINO, 2007), con la altitud desde 0 y 1,000 msnm, de relieves planos y ondulados, dependientes ligeras (INIA, 1996).

En Ucayali departamento donde gran parte los cuerpos arbóreos secundarios, en el trayecto de la carretera Federico Basadre, donde se encuentran formando relieves de vegetales casi muy organizadas en las orillas de los ríos Aguaytía, Pachitea, Ucayali y que van desde diferentes desemboques de los ríos de la zona. La bolaina es una especie de vegetación

secundaria, necesita de mucha luz, ya que presente crecimiento intenso y gran poder de regeneración. En los suelos que más representan para la bolaina son suelos en donde el material orgánico debe estar en abundancia, con buen drenaje, de zonas que tienden a ser inundables de forma temporal, tolera suelos con drenaje bajo. Su madera es utilizada de diversas maneras, en su mayoría se usa para revestir los interiores de las casas. La madera no presenta alta densidad y por ello no se usa como estructura (ÁLVARES, RIOS, M. 2007).

Variables climáticas		<i>Guazuma crinita</i>
Precipitación (mm/año)	Apto	1000 - 3000
	Optimo	1800 - 2500
Periodo seco (n° meses/año)	Apto	2 - 4
	Optimo	1 - 2
Temp. Media (°C)	Apto	18 - 16
	Optimo	22 - 26
Altitud (msnm)	Apto	50 - 1000
	Optimo	100 - 800
Variables Edáficas		
Profundidad	Profundos	
Drenaje	Drenados	
Relieve	Planos a ligeramente ondulados	
Textura (*)	Franco a franco arcilloso	
Fertilidad (*)		
pH (*)	7	

Cuadro 1. Variables climáticas (Encarnación, 1983).

#### 2.1.4. El Carbono en los ecosistemas forestales

Existe un 60% de carbono almacenado en los bosques y estos cubren un 29% de las tierras y vegetación en la parte terrestre. El 36% del carbono que se encuentra almacenado en los suelos de plantaciones forestales a un metro de profundidad. Se determinó en estudios realizados cuantificados de forma completa en las plantaciones arbóreas de Francia ÁVILA *et. al*, 2001. La investigación realizada determinó en 540 parcelas europeas de cuidado forestal. La media total del carbono almacenado fue de 137 t C/ha; de este total, en la parte del suelo representa el 51% (71 t), la superficie vegetal mostró un 6%, en la parte radicular 6%. Esta información es cercana al final del informe IPCC (IPCC 2000) relacionado con la parte arbórea de Tennessee en USA (FAO, 2002).

A su vez incrementa la información para la parte arbórea tropical de la manera que ocurre en Manaus (Brasil). El total del carbono es mayor a 447 tC/ha, asimismo al verificar el carbono en el suelo 162 t, 36% del total. En suelos conteniendo de plantaciones arbóreas absorben más carbono en la parte superficial por cada unidad de suelo a diferentes partes de tipo o de uso de tierra, siendo estos el 40% por ciento del total del carbono, estos depósitos de carbono son importantes para establecer los ecosistemas y trato adecuado de la parte arbórea (FAO, 2002).

Existe un contenido almacenado de carbono en el suelo el cual presenta una relación inversa a la altitud, debido a la diferencia de densidades aparentes, estructura interna del suelo, composición, etc. Según CASTILLO *et al.*, (2009).

YEPES *et al* (2011). El contenido bajo de carbono para los bosques naturales, sugieren que las coberturas boscosas naturales están degradadas hecho que se ve reflejado en la fisiografía vegetal, lo mismo sucede en cuanto al almacén de carbono en el suelo en bosques formados de forma natural, que conlleva a una relación indirecta con la altitud.

### **2.1.5. Características ecológicas**

#### **- Distribución geográfica.**

BRACO & ZARUCCHI (1993) nos dice que las especies de Bolaina, se distribuye en áreas o departamentos tales como: Huánuco, Junín, Pasco, Loreto, San Martín, Madre de Dios, etc. En territorios bajos y de gran inundación y no inundables (ribera, quebradas, respectivamente). Esta misma forma INIA (1996) nos muestra la misma ubicación en los diversos departamentos, añadiendo que si es una plantación de bosque en segunda etapa ecológica o secundario encontrándose frecuentemente a los márgenes de los ríos, valles y quebradas de relieves planos; formando áreas arbóreas naturales.

#### **- Descripción dendrológica de la especie.**

BALDOCEDA *et al.* (1991) explica que la especie de bolaina alcanza aproximadamente una altura de 30m, en su etapa madura llega desde los 25 hasta los 50 cm, con algunas de laterales basales, con fuste y superficie lisa, un poco agrietada en plantas de mayor edad, el tronco es de manera recta, con ramificaciones del tipo monopodial, presentando de corteza muy fibrosa, con madera en su mayor proporción suave blanqueada; presenta poda de forma natural, de hojas simples, forma alternada, con borde dentado en los

laterales, base cordada, con forma ovoide, presentando siete ramificaciones de nervaduras en la base de sus hojas; de frutos secos con forma redondeada (0.64 cm).

- **Condiciones Eco fisiográficas.**

AROSTEGUI (1974) explica que las plantaciones de bolaina se encuentran en bosques húmedo premontanos (bh - PM), bosque muy húmedos ub tropical (bmh – ST); pero, Baldoceda *et al* (1991), nos indica que está ubicada en la parte húmeda del bosque tropical montañoso, seco y sub tropical muy húmedo. Este nivel ecológico determina una actividad meteorológica anual de 1800 hasta 2500 mm y temperaturas que van desde los 25°C (ARÓSTEGUI, 1974). Nos dice que se ubica en el gradiente altitudinal de 1000msnm, en relieves densamente aplanadas y formando ondulaciones de pendientes moderadas (Encarnación, 1983). Ubicados en purmas o bosques secundarios, que forman rodales a orillas de los ríos que son áreas inundables; de preferencia en suelos arcillosos con mal drenaje de características en suelos Gleysols y Cambisols (BALDOCEDA, 1991).

## **2.2. Almacenamiento de carbono**

### **2.2.1. Ciclo del carbono y el suelo**

(ESPINOZA 2005), en la actualidad el suelo almacena gran parte de carbono en relación con la atmósfera donde se puede estimar cerca de 1500Pg C a tan solo 1 m de profundidad en el suelo. Según (ÁVILA *et al.*, 2001), el contenido de carbono inorgánico es de manera aproximada 1700 Pg,

donde es capturado en forma estable como compuestos básicos ejemplo el carbonato de calcio. La parte vegetativa abarca entre 650 Pg de carbono y la atmosférica 750 Pg cantidades básicas considerables, pero menor cantidad que el suelo. La relación entre la atmosfera y el carbono acumulado del suelo son importantes bajo la manera de captura y es negativo en la forma de emisión de CO<sub>2</sub>.

En nuestro pasado, las actividades agrícolas fueron causa de aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico, mas ahora los que contribuyen más a la emisión es la combustión de restos fósiles debido a la industria (6,5 Pg/año). La deforestación de muchas áreas tropicales marca un hecho significativo en áreas tropicales donde emite cantidades de carbono entre 1,5 Pg/año, y donde a su vez existe una abundancia en los ecosistemas del tipo terrestres que va desde 1,8 hasta 2 Pg/año. A esto se le llama el carbono que se diferencia del capturado en el ciclo: que produce un sumidero al norte del hemisferio (AREVALO *et al.*, 2003).

GÓMEZ (2000) nos dice entre los factores principales para la formación evolutiva de la materia orgánica provienen de la parte vegetativa, establecimiento de los restos y descomposición química de las plantas, el clima, la gradiente de temperatura, humedad , mineralogía, textura, grado de acidez.

### **2.2.2. Tendencia general de la captura de carbono en el suelo**

El carbono orgánico en el ciclo biogeoquímico, que abarca en el suelo representa la parte mayoritaria almacenando con la relación atmosférica ,

el cual contiene cerca de 1500Pg C a 1 m de profundidad en el suelo (1 Pg = 10<sup>15</sup> g = 10<sup>9</sup> de toneladas) y un promedio de 2456 Pg C a entre dos metros de profundidad de la capa superficial. La parte vegetativa 650 Pg y la parte atmosférica (750 Pg) estos contienen de manera considerada menor cantidad en el suelo.

### **2.2.3. Dinámicas del carbono en el suelo**

El carbono existente que se encuentra en la parte superficial del suelo contiene un balance equilibrado entre la asimilación del material orgánico vegetativo y la pérdida por factores de formación del suelo (SCHLEGEL *et al.*, 2008). Casi siempre la actividad aeróbica en el suelo, produce en gran manera el carbono que retorna al mismo lugar en una pequeña fracción 1% de lo que ingresa (55 Pg/año) acumulando en la fracción de material orgánico (0,4 Pg/año).

A su vez, (ÁVILA *et al.*, 2001), los almacenes de carbono poseen distintos medios de residencia que varían durante los años y dependen de las diferentes composiciones química o bioquímicas por ejemplo, la lignina es de forma más apacible que la celulosa, con duración de más de 1 000 años (fracción estable).

Hay conexiones con la formación, mucho más con el tipo de protección de uniones químicas. La parte de carbono que se encuentra estable necesita ser diferenciada de la protección física o el almacenamiento: la conservación física determina el almacenamiento de los restos de materiales

orgánico debido a los concentrados de arcilla o los macro y micro segregados en la capa superficial del suelo (ESTRADA, 2001).

#### **2.2.4. El rol principal de la materia orgánica en el suelo**

El material orgánico en el suelo indica la calidad del suelo, tanto en sus procesos microbianos como su función agrícola (producción y economía) así como también en el acondicionamiento ambiental entre el carbono y calidad del aire (GÓMEZ, 2000). El principal determinante de la materia orgánica es la actividad biológica. Toda la fauna microbiana está directamente relacionada con la materia orgánica. El material orgánico y los procesos metabólicos de la actividad biológica presenta una significativa intromisión en las características químicas como también físicas de los diversos suelos (GALLARDO, 2001).

La estabilidad y estado de segregación es mucho mayor con la cantidad de material orgánico, asimismo la estructura de la capa superficial de la corteza terrestre. Al mismo tiempo ayudan a aumentar al filtrado y capacidad de retener la mayor cantidad de agua disponible en la parte superficial, como también la capacidad de resistir a la erosión hídrica y eólica. El material orgánico también mejora el movimiento y capacidad de disposición de los nutrientes necesarios para las plantas (ZECH *et al.*, 1999).

#### **2.2.5. Estudios de biomasa y carbono en bosques secundarios.**

BIOFOR es un proyecto que realizo diversos trabajos sobre la captura de carbono en mucho trabajos utilizando de Brown (1996), con la única finalidad de generar información verídica y política de estudio de valoración económica. Baldoceda (2001) nos muestra la influencia del carbono que se

almacena en el trayecto de Neshuya - Curimaná, Ucayali, determinando la cantidad de carbono almacenado en la parte aérea para bosques secundarios de 2 a 10 años es de  $9.26 \text{ t/ha}^{-1} / \text{año}^{-1}$

- En la biomasa en las raíces totales (BRST) promediando en especies de Bolaina que determina de  $7.8 \text{ kg/árbol}$  y su almacenamiento de carbono  $3.5 \text{ kg/árbol}$ . Donde según la fórmula determina de situación confiable la BRST de las especies de Bolaina es  $Y = 0.201459e^{0.277154(\text{dap})}$ , ( $R^2 = 0.9886$ ).
- Las especies de bolaina muestran de manera significativa la cantidad de masa biológica, determinando que en las poblaciones de bolaina de edad 3 años logró acumular hasta  $62.73 \text{ t/ha-1}$ , en tanto las poblaciones de bolaina de 7 años logró acumular entre  $91.19 \text{ t/ha-1}$ . Siendo el aumento anual medio de la masa biológica aérea en  $16.6 \text{ t/ha-1/año-1}$  (BALDOCEDA 2001).

### **2.3. El Suelo**

La definición más certera del suelo nos dice que forma parte de la corteza terrestre siendo esta la superficie donde se forma la biocenosis. En esta parte superficial se desarrollan la parte vegetativa y brindan al hombre sus alimentos y el material primero para la próxima fabricación de estructuras esenciales y esto a su vez lograr almacenar cantidades mayores de carbono. El suelo está formado de biotopos (agua, minerales, gases, temperatura, etc) que forma un vínculo con el almacenamiento de carbono (ESPINOZA, 2005).

Desde el punto de vista de los microbiólogos el suelo es un enorme sistema en el cual toda clase de materia orgánica se integra. Las plantas, los animales y el hombre regresan al suelo. Mucha de la actividad de los organismos del suelo depende de los residuos de la energía de esta materia muerta. A través de esta actividad, las sustancias regresan a un estado inorgánico original como minerales, gases, agua y continúan en el ciclo ecológico una vez más (GALLARDO, 2001).

#### **2.4. Calentamiento global.**

El planeta en donde nos encontramos se encuentra alrededor con una delgada cubierta de gases llamada cubierta atmosférica o atmosfera, determinada por nitrógeno 78.2%, oxígeno 21.1%, argón 0.3%, bióxido de carbono 0.03% y otros gases en contenidos regulares como helio, neón y xenón. Estos gases desarrollan una función vital la cual es evitar que a la superficie del planeta penetre la radiación solar, mientras esta se atrapa para luego expulsar la radiación solar infrarroja que regresa al espacio sideral. Mientras más cantidad de gases concentrados de efecto invernadero se encuentre en el planeta, menor será la cantidad de radiación infrarroja que se reemita al espacio sideral. Al incremento de gases que producen el efecto invernadero mayor se establecerá el calor atrapado dentro de la cubierta atmósfera, y dará continuidad para que la temperatura sea mayor en la superficie del planeta (MINAN 2009).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Provincia de Leoncio Prado

##### Antecedentes

Políticamente la provincia Leoncio Prado data su existencia a partir de la Ley N° 11843 dado en la ciudad de Lima el 27 de mayo de 1952, que crea la provincia de Leoncio Prado, conformada por los distritos Mariano Dámaso Beraún, Luyando, Daniel Alomía Robles y Hermilio Valdizán, con su capital provincial Tingo María. Leoncio Prado es una provincia, que según información fuente INEI-2007, aproximadamente abarca una superficie de 4952.99 Km<sup>2</sup>; que involucra a los distritos Daniel A. Robles, Rupa Rupa, Hermilio V., Luyando, José C. y Castillo, y Mariano D. Beraún, cuyas capitales distritales se encuentra a altitudes que varían desde 649 hasta 1342 msnm.

Provincia/Distrito	Capital	Superficie (Km)	Altitud (msnm)
Leoncio Prado	Tingo María	4952.99	
Rupa Rupa	Tingo María	428.58	649
Daniel Alomía Robles	Daniel A. Robles	710.91	1000
Hermilio Valdizán	Hermilio Valdizán	117.24	1342
José Crespo y Castillo	Aucayacu	2829.67	540
Luyando	Luyando	100.32	700
Mariano Dámaso Beraún	Las Palmas	766.27	743

Cuadro 2. Leoncio Prado (INEI 2007).

## **3.2. La zona de trabajo**

### **3.1.1. Establecimiento de la zona de ejecución**

Nuestra investigación fue realizada en gradientes de altitudes, que pertenecen a la Leoncio Prado provincia de Huánuco en los distritos pertenecientes son Castillo Grande, Pueblo Nuevo, Felipe Padre Luyando y Mariano Dámaso Beraún, ubicados políticamente en el departamento de Huánuco.

### **3.1.2. Ubicación geográfica**

La provincia Leoncio Prado está ubicado al margen derecho del río Huallaga cuyas coordenadas son 75° 53'00" longitud oeste y 09°18'00" latitud sur, a 649 msnm, con temperatura media de 22 a 25°C. Su ubicación geográfica es exactamente en la zona central del Perú, los distritos pertenecientes son Pueblo Nuevo, Felipe Padre Luyando, Mariano Dámaso Beraún, Castillo Grande. La capital de la provincia Leoncio Prado es Tingo María, ubicada en un piso ecológico de bosque subtropical muy húmedo montaña baja.

### **3.1.3. Lugares de vida**

Holdrige (1993) – INRENA (1995), nos dice que el área de estudio pertenece a un lugar de vida de en proceso o transición: Bosque con gran Humedad – Pre montano del Tropic (bmh-PT) y una área Boscosa de gran humedad – Subtropical (bmh-S).

#### **- Temperatura**

Asimismo se ha determinado una gradiente de temperatura mayor o max. 30 °C, una gradiente de temperatura mínima de 20,3 °C y una gradiente de temperatura media de 25,2 °C.

#### - **Geología**

Constituida geológicamente el área donde se realizó el estudio, casi en toda su área, por minerales de rocas calizas y en grado de menor cantidad en limonitas y en lutitas proceso de formación, edáficos avanzados. Los suelos de la zona de estudio son ácidos, por lo general, el lado de las laderas empinadas, escarpadas se encuentran a un régimen de una fuerte erosión de alta pluviosidad.

#### - **Fisiografía**

El valle formado por el río Huallaga, determinamos la zona de estudio donde diferenciamos dos tipos de formas paisajísticas diferenciados según (RIOS 2008), donde tenemos el paisaje aluvial y el otro conocido como paisaje de lomadas amplias y colinas.

#### - **Vegetación**

Debido a su altitud y ubicación se encuentra conformado por bosques montanos lluviosos con vegetación muy densa y que se han establecido en la parte baja musgos, y otras epífitas que cubren los afloramientos rocosos. Bosques con árboles pertenecientes a las familias como la Meliaceae, Lauraceae, Myristicaceae, Mimosaceae, Moraceae y Caryocaraceae principalmente.

Cuadro 3. Distribución de bolaina en la provincia Leoncio Prado

n°	Distrito	Edad (años)	Área (m2)	Sistema	Altitud (m.s.n.m.)
1	Pueblo Nuevo	8	100	Pura	540
2	Castillo Grande	8	100	Pura	649
3	Felipe Padre Luyando	8	100	Pura	700
4	Mariano Dámaso Beraum	8	100	Pura	740

### 3.1.3. Gradientes altitudinales

La investigación se realizó en cuatro gradientes altitudinales, que pertenecen a la provincia Leoncio Prado, en los distritos: Pueblo Nuevo, Castillo Grande, Padre Felipe Luyando y Mariano Dámaso siendo estas:

#### - Gradiente altitudinal 1

El área de estudio establecido presenta una extensión aproximada de 2,830 km<sup>2</sup> a una altura media de 540 msnm. Debido a su localización le permite tener una fisiografía de montaña y colina y en un sector natural boscoso muy vistosos en el distrito de Pueblo Nuevo.

#### - Gradiente altitudinal 2

El área de estudio establece un área aprox. de 429 km<sup>2</sup> y a una altitud que va en media de 649 msnm. La ubicación en que se encuentra le deriva una fisiografía de montaña y colina, con una cobertura natural de bosques correspondientes al distrito de Castillo Grande

### - **Gradiente altitudinal 3**

El área de estudio establece una zona aprox. de 100 km<sup>2</sup> con gradiente de altitud que va en una media de 700 msnm. La ubicación en que se encuentra le deriva una fisiografía principalmente montañosa, con la vegetación natural correspondientes al distrito Felipe Padre Luyando.

### - **Gradiente altitudinal 4**

El área de estudio tiene un área aprox. de 766,73 km<sup>2</sup> y una gradiente altitudinal que va en media de 740 msnm. La ubicación en que se encuentra deriva una fisiografía principalmente montañosa, con la vegetación natural correspondiente al distrito Mariano Dámaso Beraún.

Asimismo, el trabajo de gabinete se realizó los procedimientos o pruebas de laboratorio análisis de las muestras de suelos en la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) Facultad de Recursos Naturales Renovables.

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. Material de cartografía**

- La carta Nacional del Perú en digital escala 1:100 000 producido por el Instituto Geográfico (IGN).

### **3.2.2. Hardware y software**

- Laptop.

- Programa ArcGis10.
- Programa Microsoft office

### **3.2.3. Equipo y material de campo**

#### **3.2.3.1. Materiales**

- Pala.
- Espada o machete
- Escuadra de madera de 0.50 m x 0.50 m.
- Cuerdas
- Bolsas de 1kg.
- Bolsa de 50 Kg.
- Masqui o cinta de pegar.
- Kraff A4 papel.
- Papel reciclado.
- Plumones.
- Etiquetas marcadas.
- Estacas de madera
- Cilindros de metal de muestra con volumen determinado.
- Envases plastificados
- Tamicero.

#### **3.2.3.2. Herramientas**

- Barreno.
- Martillo de madera.
- Cuchillo.

- Pala.
- Pico.
- Wincha.

### **3.2.3.3. Equipos**

- CP o computador.
- GPS
- Estufa.
- Balanza digital.

## **3.3. Metodología**

El método del estudio se distribuyó en dos etapas, de campo y gabinete.

### **3.3.1. Obtención de la muestra de suelo**

Se establece en una zona de 10 x 50 m que lo eliges de manera aleatoria, dos sub parcelas de 1 m<sup>2</sup> donde nos permitirá realizar calicatas de 0.30 m x 0.30 m x 0.30 m de profundidad y determinar medidas precisas. Luego definimos las profundidades del muestreo en los rangos siguientes: 0 - 0,1 m; 0,1 - 0,2 m, 0,2 - 0,3 m (ICRAF, 2009), y poder obtener cada muestras de suelo determinado el esquema de la Figura 2. En cada límite determinado se toma una muestra con el apoyo de un barreno, la muestra debe ser hasta 500gr aprox. (ICRAF, 2009).

Cada muestra fue identificada de manera concreta y llevadas al laboratorio para estimar el carbono orgánico en el suelo.

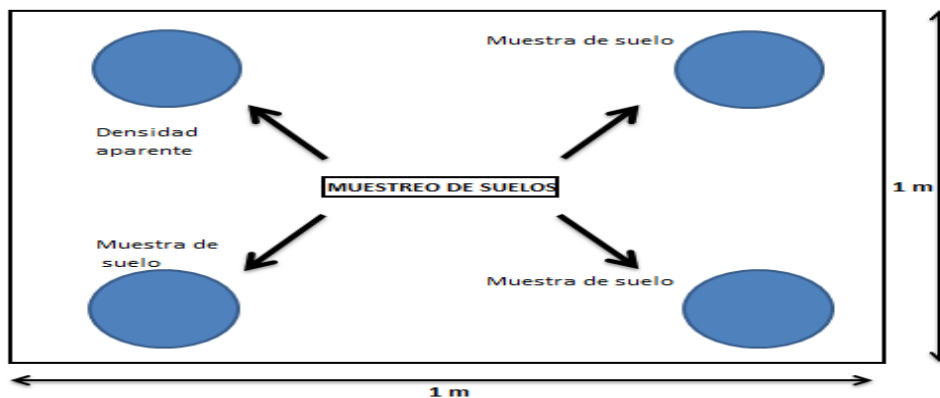


Figura 2. Diseño de muestras de suelo para el carbono encontrado en el suelo y raíces forestales (ICRAF, 2009).

### 3.3.2. Determinación de la densidad aparente

En la misma profundidad y las parcelas divididas determinadas para el muestreo de carbono en el suelo, donde se procedió a implantar el cilindro metálico de volumen conocido, luego se retiró el cilindro con suelo introducido, se debe tener cuidado de no contaminar la muestra encontrada dentro de ella. Luego se procedió a sacar la muestra de suelo del cilindro en donde lo depositamos en envoltorios plásticos para transportar al laboratorio para realizar el correspondiente análisis (MACDICKEN, 1997).

### 3.3.3. La muestra de hojarasca

Se determina las cantidades en base a la hojarasca, frutos, flores, semillas, ramitas y cuerpos leñosos menores a 2 cm de diámetro. Se recolectó toda las hojas secas de la superficie del suelo de una área de  $0.25 \text{ m}^2$  ( $0.50 \times 0.50 \text{ m}$ ), que se determinó de manera al azar dentro de la parcela dividida de

50 x 10 m (MACDICKEN, 1997) por lo que estuvo concebida en parcelas de zonas 5 x 5 m, donde por cada cuadrante se establecieron estas parcelas para obtener la muestra. Se determinó el peso en fresco total en cada 0,25 m<sup>2</sup>, donde se sacó una submuestra de 200gr; donde se estableció en bolsas plásticas con su código para identificarlas y ser llevadas al laboratorio y determinar el análisis del suelo.

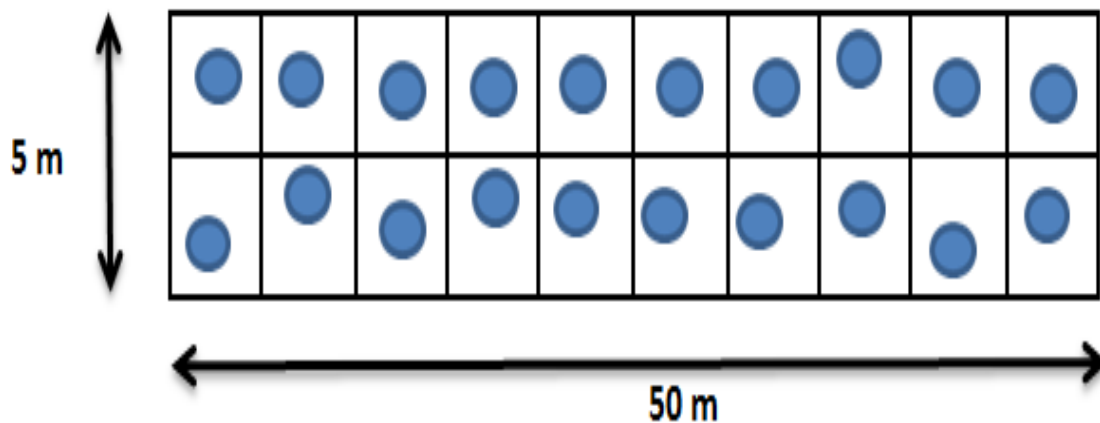


Figura 3. Diseño de muestra de hojarasca en la superficie del suelo (MACDICKEN, 1997).

#### 3.3.4. Muestra radicular

Para obtener la muestra de raíz y poder determinar el carbono que se encuentra almacenado en las raíces se usó el método propuesto por el Centro Mundial Agroforestal 2009. Que nos explica las que las calicatas de 0.30m x 0.30m x 0.30m de profundidad, se determina la muestra con un barreno, en las alturas siguientes 0-0,1m; 0,1-0, 2m y 0,2-0,3m; luego depositamos en envases plásticos y determinar el análisis.

### 3.4. Etapa de gabinete

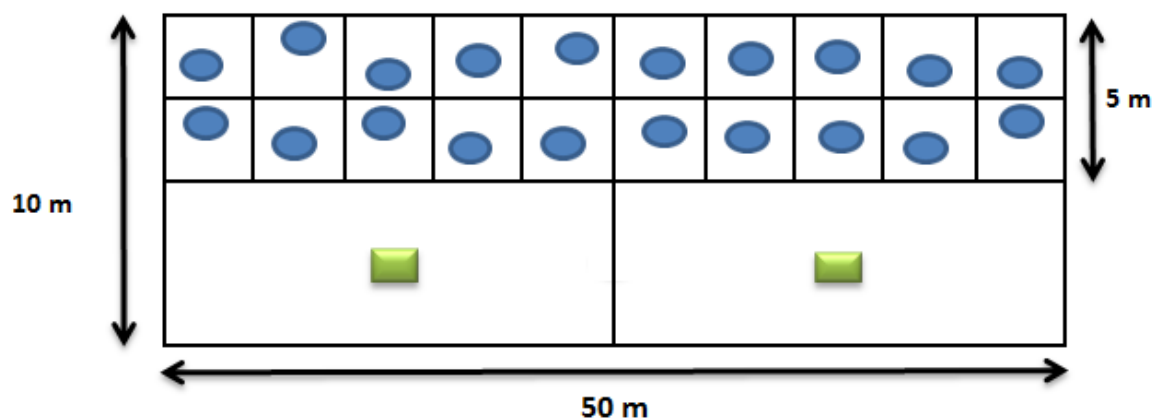
#### 3.4.1. Toma de muestra y muestreo

Determinamos los límites de las zonas por medio del marco teórico establecido y muestra al azar (SCHLEGEL *et al.*, 2001), por lo que debe trabajar con 4 parcelas de 500m<sup>2</sup>, que se ubica al azar dentro del cuerpo vegetativo establecido, para lo cual establecer una sub parcela de 50x5m (MACDICKEN, 1997) el muestreo de hoja seca en la superficie del suelo dividido en 20 partes todos por igual.

Para determinar la muestra del carbono y la parte radicular donde se determina 2 zonas de parcelas de 25x10m donde se determinó en dos 02 parcelas de 1m<sup>2</sup> ubicado al azar (ICRAF, 2009), así se determina el análisis.

(AREVALO *et al.*, 2003), nos dice tomar la muestra hasta una profundidad de 30 cm, en medidas de 0-10cm; 10-20cm y 20-30cm.

Figura 4. Diseño del muestreo



○ Punto de muestra de hojarascas al azar.



■ Puntos de muestra de suelo y raíces al azar.

### **3.5. Etapa de laboratorio**

#### **3.5.1. Obtención de datos de carbono almacenado en el suelo**

Se establece el carbono dentro del suelo, propuesta por la metodología de Walkley y Black, en donde la cantidad o el porcentaje de MO (% de material orgánico) establecido por el análisis.

Para determinar la densidad se establece la metodología derivada por el Centro Mundial Agroforestal. Donde las muestras fueron sometidas a la estufa para determinar la densidad de la muestra dentro de una temperatura alrededor del 70 °C, para establecer un peso adecuado. Luego de obtener el secado la muestra se llevó a pesar otra vez para obtener el peso seco.

#### **3.5.2. Determinación de datos de carbono en hojarasca**

Recolectamos toda la hoja seca de la superficie del suelo dentro de un rango de 0.25m<sup>2</sup>, incorporada al azar dentro de la sub parcela de 50x10m (MACDICKEN, 1997). La hoja seca recolectada y húmeda se envolvió en periódico para luego pesar en balanza gramera digital y lograr determinar el peso en humedad, luego secarla en la estufa a una temperatura 70 °C por una duración 24 a 48 horas, y lograr obtener un peso adecuado. Cuando ya esté seca la muestra se pesó otra vez para poder determinar el peso seco y establecer en diferencias de pesos en la biomasa (ICRAF, 2009).

#### **3.5.3. Carbono en raíces**

Para lograr obtener el carbono dentro de la parte radicular se usó el método propuesto por el Centro Mundial Agroforestal 2009. Donde se seleccionó las raíces, y por medio del filtrado, tamizado, quedando únicamente las raíces. Luego se procede a pesar en una balanza gramera para lograr la

obtención del peso húmedo, para así llevarlo a secar a una temperatura de 70 °C por una duración de 24 a 48 horas y obtener el peso seco, luego de haber determinado el peso se logra llevar a pesar nuevamente y establecer la muestra seca, y lograr la obtención de la masa biológica en diversos pesos de diferencia. Con los datos obtenidos podemos calcular todo contenido del carbono en toneladas por hectárea (t MS/ha).

### 3.6. Etapa gabinete final

#### 3.6.1. Carbono almacenado en el suelo

Para el carbono del suelo almacenado, se usó la metodología propuesta por Walkley y Black (1938):

$$\mathbf{COS = \%CO \times Da \times Ps}$$

**COS** : Carbono (t/ha)

**%CO** : 0.58 x %MO

**Da** : Densidad a. (g/cm<sup>3</sup>)

**Ps** : Profundidad (cm)

La cantidad de carbono registrado en kg/ha y llevado a ton/ha, y así encontrar las dimensiones volumétricas del cilindro, para la densidad se usó la fórmula por MACDICKEN (1997) y ICRAF (2009):

$$\mathbf{V = \pi \times r^2 \times h}$$

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

**Donde:**

**V** : Volumen n

**π** : 3.1416

r : radio

h : altura

Da : densidad a.

MS : masa secada.

### 3.6.2. Obtención de carbono almacenado en hojarasca

Se determinó el carbono en hoja seca de la superficie del suelo se usó la propuesta por ICRAF (2009):

Biomasa = Suelo húmedo (peso) – Suelo seco (peso)

$$CH = \text{Biomasa} \left( \frac{t}{ha} \right) \times 0.50$$

**Dónde:**

CH : Cantidad de carbono en la hoja seca de la superficie del suelo

0.50 : Valor determinado por IPCC.

### 3.6.3. Determinación del almacenamiento de carbono en la parte radicular

Para determinar el almacenamiento de carbono en la parte radicular se usó la fórmula de ICRAF, (2009)

Biomasa = Peso de raíces húmedas - peso de raíces secas

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

Dónde: 0.50 valor determinado por el IPCC.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Cantidad almacenada de carbono en el suelo en cinco gradientes altitudinales en la provincia Leoncio Prado.

El total de carbono almacenado en el suelo en cada gradiente altitudinal en los distritos Pueblo Nuevo, Felipe Padre Luyando, Mariano Dámaso Beraún, Castillo Grande. Se observó que existe una cantidad mayoritaria en la gradiente altitudinal de carbono almacenado en el distrito Pueblo Nuevo que se presenta una altitud de 540 msnm, seguido el distrito Castillo Grande que abarcando una altitud aproximada de 649 msnm, seguido por el distrito Felipe Padre Luyando que abarca una altitud aproximada de 700 msnm, también observamos que la gradiente altitudinal con una cantidad menor de carbono en el suelo es el distrito Mariano Dámaso Beraún que abarca una altitud aproximada de 719 msnm.

Cuadro 4. Cantidad media del almacenamiento de carbono en el suelo en las gradientes altitudinales en la provincia Leoncio Prado.

Distrito	Intervalo de altitudes (msnm)	Altitud (msnm)	Carbono en el suelo (t. ha <sup>-1</sup> )
Pueblo Nuevo	500 - 580	540	206.073
Castillo Grande	580 - 650	649	128.998
Felipe Padre Luyando	650 - 720	700	121.651
Mariano Dámaso Beraún	710 - 790	740	111.759

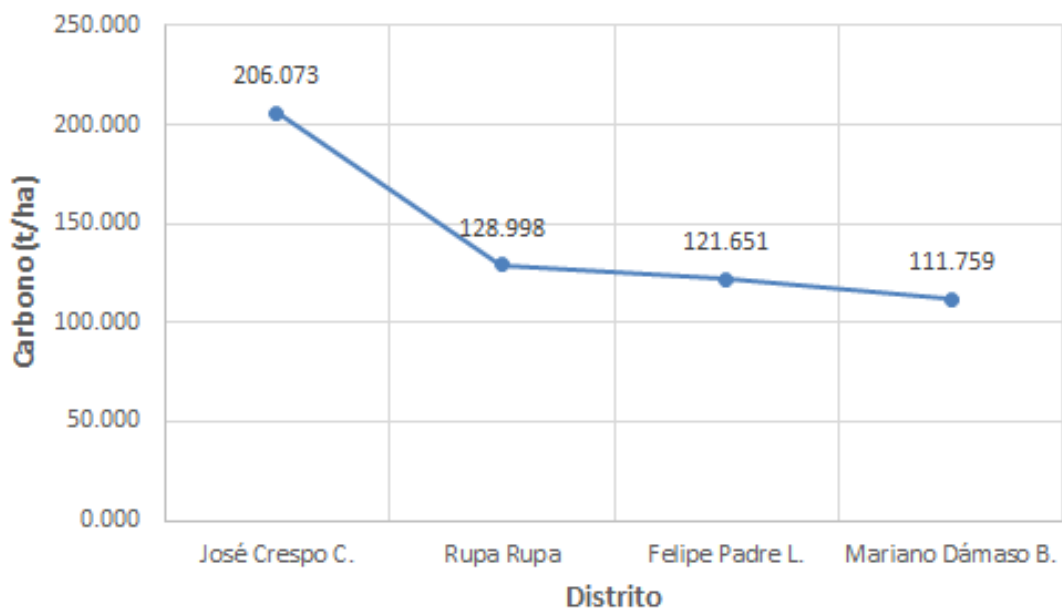


Figura 5. Carbono por cada hectárea de suelo en cuatro gradientes altitudinales de la provincia Leoncio Prado

#### 4.2. Almacenamiento de carbono en hojarasca en gradientes altitudinales de la provincia Leoncio Prado.

El carbono total almacenado en hojarasca en cada gradiente altitudinal en la provincia Leoncio Prado. Observamos el mayor contenido de carbono almacenado en hojarasca en un gradiente altitudinal que presenta el del distrito Pueblo Nuevo que abarca una altitud promedio con valor de 540 msnm, seguido el distrito Castillo Grande que abarca una altitud aproximada de 649 msnm, seguido el distrito Felipe Padre Luyando que abarca una altitud aproximada de 700 msnm, también observamos que la gradiente altitudinal con menor cantidad de carbono almacenado en hojarasca es el distrito Mariano Dámaso Beraún que abarca una altitud aproximada de 719 msnm.

Cuadro 5. Cantidad media de carbono orgánico en hojarasca en las cuatro gradientes altitudinales de la provincia Leoncio Prado.

Distrito	Intervalo de altitudes (msnm)	Altitud (msnm)	Carbono en hojarasca (t. ha <sup>-1</sup> )
Pueblo Nuevo	500 - 580	540	0.049
Castillo Grande	580 - 650	649	0.045
Felipe Padre Luyando	650 - 720	700	0.044
Mariano Dámaso Beraún	720 - 800	740	0.042

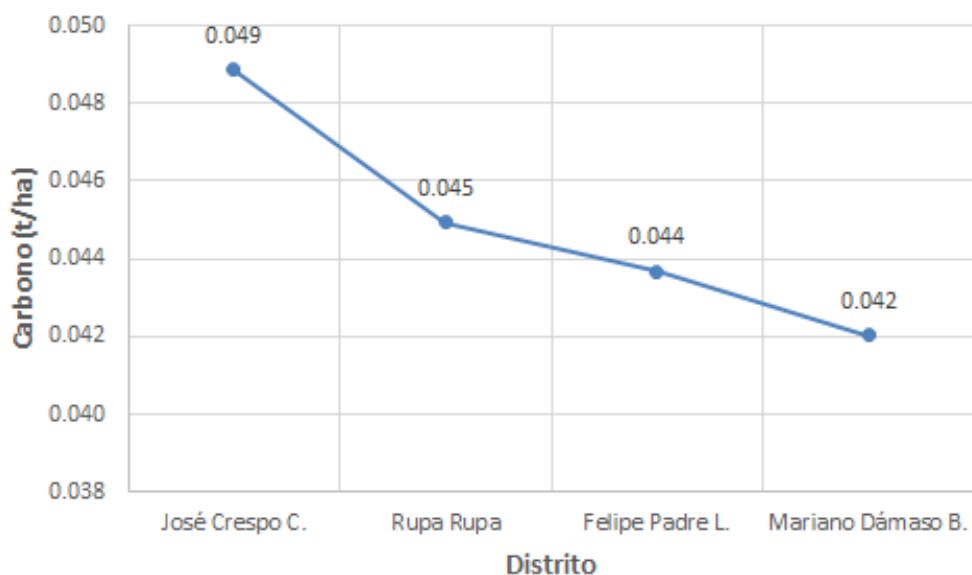


Figura 6. Carbono/hectárea en hojarasca en cuatro gradientes altitudinales de la provincia Leoncio Prado.

#### 4.3. Cantidad de carbono en la parte radicular en las cinco gradientes altitudinales de la provincia Leoncio Prado.

El carbono total almacenado en raíces en cada gradiente altitudinal en la Provincia Leoncio Prado. El contenido mayoritario de carbono almacenado en la parte radicular se presentó en el distrito Pueblo Nuevo que abarca una altitud

aproximada de 540 msnm, seguido el distrito Castillo Grande que abarca una altitud aproximada de 649 msnm, seguido el distrito Felipe Padre Luyando que abarca una altitud aproximada de 700 msnm, también observamos en el gradiente con altitud de menor contenido de carbono almacenado en raíces es el distrito Mariano Dámaso Beraún que abarca una altitud aproximada de 740 msnm.

Cuadro 6. Cantidad media de carbono orgánico en la parte radicular en cuatro gradientes de altitudes de la provincia Leoncio Prado.

Estrato	Intervalo de altitudes (msnm)	Altitud (msnm)	Carbono en las raíces (t. ha <sup>-1</sup> )
Pueblo Nuevo	500 - 580	540	0.035
Castillo Grande	580 - 650	649	0.028
Felipe Padre Luyando	650 - 720	700	0.026
Mariano Dámaso Beraum	720 - 800	740	0.024

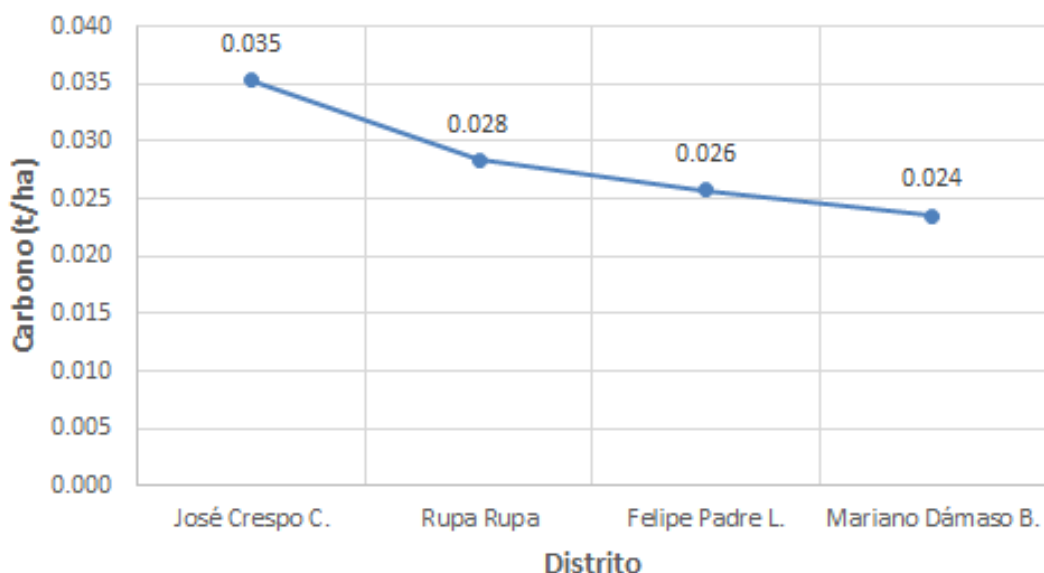


Figura 7. Carbono por hectárea en raíces de cuatro gradientes de altitud en la provincia de Leoncio Prado.

#### 4.4. Contenido acumulado total de carbono en las cinco gradientes de altitud de la provincia Leoncio Prado.

El almacenamiento total en el suelo, hojarasca y la parte radicular de plantaciones de bolaina en cada gradiente altitudinal en la provincia Leoncio Prado. Observamos que el gradiente de altitud que posee la mayor cantidad de carbono almacenado es el del distrito Pueblo Nuevo que abarca una altitud aproximada de 540msnm, seguido el distrito Castillo Grande que abarca una altitud aproximada de 649msnm, seguido el distrito Felipe Padre Luyando que abarca una altitud aproximada de 700msnm, también observamos que el gradiente de altitud con menor contenido de carbono almacenado es el distrito Mariano Dámaso Beraum que abarca una altitud aproximada de 719msnm.

Cuadro 7. Totalidad de carbono almacenado en las cuatro gradientes de altitud de la provincia Leoncio Prado.

Estrato	Intervalo de altitudes (msnm)	Altitud (msnm)	Carbono en el Suelo (t. ha <sup>-1</sup> )	Carbono en las raíces (t. ha <sup>-1</sup> )	Carbono en hojarasca (t. ha <sup>-1</sup> )	Total acumulado (t. ha <sup>-1</sup> )
Pueblo Nuevo	500 – 580	540	206.073	0.035	0.0489	206.157
Castillo Grande	580 – 650	649	128.998	0.028	0.0449	129.071
Felipe Padre L.	650 – 720	700	121.651	0.026	0.0437	121.720
Mariano Dámaso	720 – 800	740	111.759	0.024	0.0420	111.824

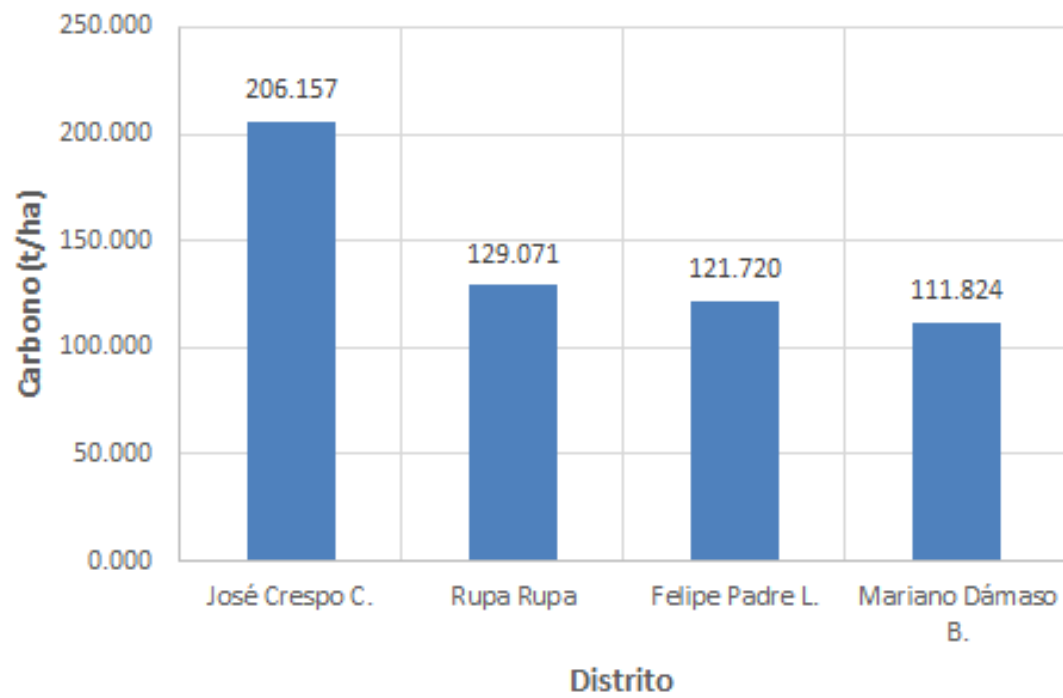


Figura 8. Carbono/hectárea Total acumulado en cuatro gradientes altitudinales de la provincia de Leoncio Prado.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Carbono almacenado en el suelo

Como se observa que en la distribución de carbono figura 8 el contenido de carbono en diferentes distrito es distinto, Según CÓRDOBA *et al.*, (2005) nos dice que a una cantidad superior de menor porcentaje el material orgánico está muy vinculado con el comportamiento de las condiciones climáticas dentro de cada área ambiental, de la misma manera que el 73% del cambio, estableciendo es la altitud a nivel del mar que más influenciado se encuentra en relación a la variación del carbono almacenado en el suelo, por lo que YEPES *et al.*, (2011) nos muestra que almacenamiento de carbono en el suelo posee una relación inversa con la altitud dentro de bosques naturales. Reestablece también que el cambio del carbono almacenado en el suelo se debe a las diferentes densidades aparentes según CASTILLO *et al.*, (2009), en tanto MARTINEZ *et al.*, (2008), HONTORIA, *et al.*, (2004), explican no dependen de las condiciones ambientales la cantidad de carbono, sino es el manejo del suelo que afecta intensamente, sabiendo que suelos de cobertura que no han sido intervenidas existe mayor porcentaje CUNALATA *et al.*, 2011. ALBALADEJO *et al.*, (2010) nos muestra el contenido de natural de carbono en los 30cm de profundidad superficial del suelo es diferente en función del uso de suelo, tipo, altura sobre el nivel del mar y textura, nos refiere también que a cada situación específicas determina una respuesta dinámica en cada área,

zona o región no se debe generalizar o englobar descripciones propias de los suelos y cada efecto del carbono almacenado, no se pueden determinar los estudios de información generalizada.

## **5.2. Carbono almacenado en hojarasca**

En la investigación realizada en el cuadro 7 y figura 8 podemos notar que el contenido de carbono almacenado en la hojarasca del distrito José Crespo Castillo con un gradiente altitudinal de (500 – 580 msnm) donde presenta mayor contenido de carbono almacenado y que el distrito Mariano Damaso Beraum con una gradiente altitudinal de (720 – 800 msnm) presenta menor cantidad de carbono almacenado.

Según FIGUEROA, (2001); HUBER *et al.*, (1996) explica que el contenido de carbono en la hoja seca superficial del suelo depende, de las condiciones climáticas de cada lugar. Además las variaciones podrían deberse a la velocidad de descomposición, el grado de deterioro del mismo y de sus características, dinámicas y bioquímica de los mismos (FIGUEROA, 2001). CONCHA *et al.*, (2007) acumulación de menor o mayor cantidad en almacenamiento de carbono en las hojas de la superficie del suelo es debido o atribuido por sus edades distintas a la biodiversidad de individuos. El concentrado del almacenamiento de carbono en la vegetación de una variedad obedece a la composición de flora, estructural, que va influenciar en el clima, variabilidad de especies y el hombre a través del manejo, aprovechamiento y el uso no sostenible del suelo; la composición química de la diversas variedades de vegetación, su composición, relaciones con su ambiente y los organismos,

su edad biológica, fisiología, capacidad de sanidad y capacidad para alimentarse de nutrientes y diversas características. (FIGUEROA, 2001).

### **5.3. Almacenamiento de carbono en la parte radicular**

La referencia del cuadro 7 y la figura 8 nos explica el contenido de carbono almacenado en la parte radicular de plantaciones de bolaina, exponiendo que en el distrito de Pueblo Nuevo con una gradiente de altitud 500 – 580 msnm ha contenido una mayor cantidad de carbono en raíces, en cuanto al distrito Mariano Dámaso Beraum con un gradiente de altitud 720 – 800 msnm observamos que posee el menor contenido de carbono en raíces de la provincia Leoncio Prado.

Las determinaciones de biomasa en raíces que se describió en muestreos, nos muestran diferentes conjeturas dependiendo con la metodología utilizada, referido tanto al tamaño de la muestra, o la profundidad de la toma de muestra, teniendo en cuenta la época del año en que se extrae la muestra, todo ello agregándose variaciones de error en el procesamiento de la muestra (DOLL *et al.*, 2008). Según RODRIGUEZ *et al.*, (2008), ANDRADE *et al.*, (2003) las diferencias en las cantidades de carbono en la parte radicular pueden ser resultado de muchos factores, entre los cuales están el tamaño de la planta, las sucesiones ecológicas y la respuesta al ambiente.

## VI. CONCLUSIONES

1. El mayor contenido de carbono almacenado en la hojarasca fue  $0.0489 \text{ t.ha}^{-1}$  que corresponde al distrito Pueblo Nuevo.
2. El mayor contenido de almacenamiento de carbono en biomasa de las raíces fue  $0.035 \text{ t.ha}^{-1}$  que corresponde al distrito Pueblo Nuevo.
3. El mayor contenido de carbono orgánico en el suelo fue  $206.073 \text{ t.ha}^{-1}$  que corresponde al distrito Pueblo Nuevo.
4. El mayor contenido de carbono en el suelo, hojarasca y raíces en plantas de bolaina fue  $206.157 \text{ t/ ha}^{-1}$  que corresponde al distrito Pueblo Nuevo, que es el de menor altitud por lo que el contenido de carbono tiene una relación inversa a la altitud.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Transportar las muestras de suelo en el menor tiempo posible para evitar contaminarla y ser llevado al laboratorio.
- Usar una balanza gramera digital de un décimo de gramo de precisión para los cálculos adecuados de densidad aparente, peso seco de raíces y hojarasca.
- Continuar los estudios de carbono almacenado en otras plantaciones y diferentes altitudes.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEGRE J., RICSE A., ARÉVALO L., BARBARÁN J. y PALM C. 2001. Reservas de carbono en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonía peruana. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de Ucayali (CODESU) paginas 8-9.
- AREVALO J, ALEGRE J. y PALM C. 2003. Manual de determinación de las reservas de carbono en los diferentes sistemas de uso de tierras en Perú. ICRAF, CODESU, INIA, INRENA. Ediciones Gráfica Miguel Álvarez.
- ALBANADEJO, J., MARTINEZ, M., ALMAGRO, M., A., ORTIZ, R. 2010. Factores de control en la dinámica del carbono orgánico de los suelos de la región de Murcia. Murcia, España. 155 – 158p. (ÁLVARES, RIOS, M. 2007).
- ANDRADE, J., IBRAHIM, M. 2003. Como monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. Agroforesteria en las Américas. 10 (39 - 40):109 – 116.
- ALVARES, RIOS M. 2007. Clasificación de especies forestales, aprovechamiento de la madera. México. 98 – 100p.
- AROSTEGUI, A. (1974). Estudio tecnológico de maderas del Perú (Zona Pucallpa). Vol. I. Características tecnológicas y usos de la madera de 145Especies del País. Lima, Perú. 483p.

- ÁVILA, G.; JIMÉNEZ, F.; BEER, J.; GÓMEZ, M. y IBRAHIM, M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica, Francia. *Agroforestería en las Américas*. 8 (30):32.
- BALDOCEDA, R. 1991. *Silvicultura de la Bolaina blanca (Guazuma crinita Mill)*. Temas forestales. Pucallpa. 9p.
- CENTRO MUNDIAL AGROFORESTAL (ICRAFF). 2009. *Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales*. Lima, Perú. 79 p.
- BALDOCEDA, R y MERCADO, G. 2001. "Valoración económica del servicio ambiental de secuestro de carbono en la zona de Neshuya - Curimaná (Pucallpa)". En: *Valoración económica de la biodiversidad biológica y servicios ambientales en el Perú*. Proyecto INRENA – BIOFOR.
- BARBARAN J. 2000. *Determinación de la Biomasa y carbono en los principales sistemas de uso de la tierra en la zona de campo verde*. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad nacional de Ucayali. Pucallpa. Perú. 54p.
- BRACKO, L. Y ZARUCCHI, J. 1993. *Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú*. USA, Missouri Botanical Garden. 1244p.
- BROWN, S. AND A LUGO, A. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in the global carbon cycle. *Biotropica*. 14:161-187p.
- BROWN S. AND A. LUGO 1984. Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumens. *Science* 223: 1290-1293p.

- BRAVO, F. 2002. A primer for estimating biomass and change in tropical forest. FAO. 120p.
- CAIRNS, M.; BROWN, S; HELMER, E; BAUMGARDNER, G. 1997. Root biomass location in the world's upland forest. *Oecologia* 1-11p.
- CHACÍN, F. 1998. Análisis de regresión y superficie de respuesta. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, VE. 279p.
- CORDOVA, MELENDEZ, I. NAVARRO, J., ALAMENDRO, B., MATAIX, J. 2005. Dinámica de materia orgánica en el parque Natural, El Hondo de de Elche – Crevillente. Universidad Miguel Hernández de Elche, España. 163 –170p.
- CASTILLO, M., LINARES, G., VALERA, M., GARCIA, 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.
- CONCHA, J., ALEGRE, J., POCOMUCHA, V. 2007. Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de theobroma cacao en el departamento de San Martin, Perú. *Ecología aplicada*. Lima, Peru. 6 (1,2).
- CULANATA, C., INGA, C., ALVAREZ, G., RACALDE, C., ECHEVARRIA, M. 2011. Determinación de carbono orgánico total presente en el suelo y biomasa de los paramos de las comunidades: Chimborazo y Shobol Llin Llin – Chimborazo – Ecuador. Rio Bamba, Ecuador. 9 p.
- ENCARNACIÓN, F. 1983. Nomenclatura de las especies forestales comunes en el Perú. Proyecto PNUD/FAO/81/002. Trabajo N° 7. Lima, Perú.

- 149p.FINEGAN, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de tierras bajas. Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 27p.
- ESPINOZA, Y. 2005. Secuestro del 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. Secuestro del carbono en los suelo para un mejor manejo de la tierra. Roma. 73p
- FIGUEROA, C. 2001. Comparacion de la concentración de carbono en diferentes tipos de vegetación en la sierra norte de Oaxaca. Tesis Ing. En restauración forestal. Texcoco, Mexico. Universidad Autonoma de Chapingo.
- GALLARDO, A. 2001. Descomposición de hojarasca en ecosistemas mediterráneos. Páginas 95-122 en R. Zamora, y F.I. Pugnaire (Editores) Ecosistemas mediterráneos. Análisis funcional. Texto Universitarios n°32, CSIC y AEET. Castillo y Edisart, S. L.
- GÓMEZ C. 2000 Factores climáticos y distribución de especies vegetales, 2da Edición. Editorial Omega. Barcelona – España.
- HOLDRIDGE. 1987. Ecología basada en zonas de vida. 3 ed. San José, Costa Rica. Servicio Editorial IICA. 216 p.

- HONORIA, C., RODRIGUEZ, 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.
- INRENA. 2001. Mapa ecológico del Perú; Guía explicativa. Instituto Nacional de Recurso Naturales. Lima, Perú. 223p.
- ICRAF. 2009. Guía para determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. Centro Mundial Agroforestal. Lima, Peru. 79p.
- LINO, R. 2007. Influencia de temperatura y precipitación en sistemas agroforestales. 123p
- MACDICKEN, K. 1997. A guide to Monitoring Carbón Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Arlington, VA: Winrock International Institute for Agricultural Dvelopment. 43 p. minam.
- MARTINEZ, E., FUENTES, J., ACEVEDO, E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo en áreas forestales. Determinación del contenido orgánico. *Ciencia del suelo y nutrición vegetal*. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. 8(1):68-96.
- MINAM. 2011. Plan Nacional de Acción Forestal DGFF, identificación de metodologías existentes para determinar stock de carbono en ecosistemas forestales. Ministerio del Ambiente. 120p.
- MINAM. 2009. Segunda Comunicación Nacional del Perú a la CMNUCC. Identificación de ecosistemas forestales. Ministerio del Ambiente. 99p.

- ORDOÑEZ, A. 1999. Captura de carbono en un bosque templado, México. Santiago S.A. 76p.
- REYNEL, M., 2003. Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas, México. *Interciencia*, 33(3): 200–206.
- RODRIGUEZ, R., JIMENEZ, 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, Mexico. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*. Mexico. 4(2):215-222.
- SCHLEGEL, B, GAYOSO, J. GUERRA, J. 2001. Manual procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales. Valdivia, Chile. 17 p.
- SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente). 1997. Perfil Ambiental de Honduras. Tegucigalpa, Honduras, SERNA. 25 p.
- YEPES et al., 2011. Carbono almacenado en la biomasa aérea contenida en bosques naturales. Colombia. IDEAM. 43 p.
- ZECH, W.; WILCKE, W. & VALAREZO, C.; 1999. Influencia del uso del suelo en las propiedades del suelo y de elementos en los bosques montañosos del Sur del Ecuador. Informe de los resultados del periodo 1997 – 1999. Loja, Ecuador.

**ANEXO**

Anexo 1. Carbono almacenado en el suelo en cuatro gradientes altitudinales en la provincia Leoncio Prado

Carbono almacenado en el suelo bolaina (Pueblo Nuevo)							
Cuadrante A							
Sub parcela	Densidad Aparente (Da)			Peso de submuestra (gr)	Materia Orgánica		CR (t. ha <sup>-1</sup> )
	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)		% MO	%CO	
C1 0 - 10cm	142.97	117.7	0.431	2	2.880	1.670	84.752
C2 10 - 20cm	135.15	106.41	0.390	2	2.560	1.485	61.576
C3 20 - 30cm	127.95	97.86	0.358	2	1.280	0.742	26.039
SUMA							172.367
Cuadrante B							
Sub parcela	Densidad Aparente (Da)			Peso de submuestra (gr)	Materia Orgánica		CR (t. ha <sup>-1</sup> )
	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)		% MO	%CO	
C1 0 - 10cm	148.09	122.09	0.447	2	3.520	2.042	111.457
C2 10 - 20cm	142.76	115.98	0.425	2	2.560	1.485	73.150
C3 20 - 30cm	133.74	102.13	0.374	2	2.490	1.444	55.171
SUMA							239.778
PROMEDIO							206.073
Carbono almacenado en el suelo bolaina (Castillo G)							
Cuadrante A							
Sub parcela	Densidad Aparente (Da)			Peso de submuestra (gr)	Materia Orgánica		CR (t. ha <sup>-1</sup> )
	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)		% MO	%CO	
C1 0 - 10cm	127.15	93.39	0.342	2	4.160	2.413	77.073
C2 10 - 20cm	128.55	93.6	0.343	2	2.560	1.485	47.643
C3 20 - 30cm	134.23	101.14	0.370	2	0.960	0.557	20.860
SUMA							145.576
Cuadrante B							
Sub parcela	Densidad Aparente (Da)			Peso de submuestra (gr)	Materia Orgánica		CR (t. ha <sup>-1</sup> )
	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)		% MO	%CO	
C1 0 - 10cm	118.4	82.3	0.301	2	3.840	2.227	55.251
C2 10 - 20cm	124.06	86.01	0.315	2	2.240	1.299	35.201
C3 20 - 30cm	137.51	103.79	0.380	2	0.960	0.557	21.968
SUMA							112.419
PROMEDIO							128.998

Cuadro 8. Carbono almacenado en el suelo en los distritos Pueblo Nuevo y Castillo Grande.

Carbono almacenado en el suelo Bolaina en el distrito Felipe Padre Luyando								
Cuadrante A								
Densidad Aparente (Da)					Materia Orgánica			
Sub parcela	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)	Peso de submuestra (gr)	% MO	%CO	CR (t. ha <sup>-1</sup> )	
C1 0 - 10cm	106.88	95.5	0.350	2	2.880	1.670	55.796	
C2 10 - 20cm	124.19	93	0.341	2	2.240	1.299	41.155	
C3 20 - 30cm	117.6	89.08	0.326	2	1.600	0.928	26.970	
							SUMA	123.921
Cuadrante B								
Densidad Aparente (Da)					Materia Orgánica			
Sub parcela	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)	Peso de submuestra (gr)	% MO	%CO	CR (t. ha <sup>-1</sup> )	
C1 0 - 10cm	106.51	93.22	0.341	2	3.200	1.856	59.071	
C2 10 - 20cm	117.69	89.76	0.329	2	1.960	1.137	33.545	
C3 20 - 30cm	117.34	84.37	0.309	2	1.770	1.027	26.764	
							SUMA	119.380
							PROMEDIO	121.651
Carbono almacenado en el suelo Bolaina en el distrito Mariano Dámaso Beraum								
Cuadrante A								
Densidad Aparente (Da)					Materia Orgánica			
Sub parcela	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)	Peso de submuestra (gr)	% MO	%CO	CR (t. ha <sup>-1</sup> )	
C1 0 - 10cm	97.8	87.56	0.321	2	3.200	1.856	52.116	
C2 10 - 20cm	95.6	84.16	0.308	2	2.560	1.485	38.517	
C3 20 - 30cm	96.4	78.2	0.286	2	1.920	1.114	24.941	
							SUMA	115.574
Cuadrante B								
Densidad Aparente (Da)					Materia Orgánica			
Sub parcela	Peso fresco Pf	Peso seco Ps	Densidad Ap. (Da)	Peso de submuestra (gr)	% MO	%CO	CR (t. ha <sup>-1</sup> )	
C1 0 - 10cm	116.04	104.02	0.381	2	2.240	1.299	51.486	
C2 10 - 20cm	114.74	98.1	0.359	2	1.920	1.114	39.251	
C3 20 - 30cm	94.32	79.55	0.291	2	1.280	0.742	17.207	
							SUMA	107.943
							PROMEDIO	111.759

Cuadro 9. Carbono almacenado en el suelo de los distritos Felipe Padre Luyando y Mariano Dámaso Beraún.

Anexo 2. Carbono almacenado en hojarasca en cuatro gradientes altitudinales en la provincia Leoncio Prado.

Biomasa de hojarasca bolaina (Pueblo Nuevo)						
Est. de Muest.	# Sub parcela	Peso fresco Pf(gr)	Peso seco Ps(gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CH (t. ha <sup>-1</sup> )
Estrato 1	B1	200	90.4	109.6	0.1096	0.0548
	B2	200	123.2	76.8	0.0768	0.0384
	B3	200	100	100	0.1000	0.0500
	B4	200	98.3	101.7	0.1017	0.0509
	B5	200	96.2	103.8	0.1038	0.0519
	B6	200	92.1	107.9	0.1079	0.0540
	B7	200	88.4	111.6	0.1116	0.0558
	B8	200	95.4	104.6	0.1046	0.0523
	B9	200	110.1	89.9	0.0899	0.0450
	B10	200	104.2	95.8	0.0958	0.0479
	B11	200	142.5	57.5	0.0575	0.0288
	B12	200	137.6	62.4	0.0624	0.0312
	B13	200	114.2	85.8	0.0858	0.0429
	B14	200	88.4	111.6	0.1116	0.0558
	B15	200	98.5	101.5	0.1015	0.0508
	B16	200	97.1	102.9	0.1029	0.0515
	B17	200	60.6	139.4	0.1394	0.0697
	B18	200	120.6	79.4	0.0794	0.0397
	B19	200	95.3	104.7	0.1047	0.0524
	B20	200	92.2	107.8	0.1078	0.0539
Promedio						0.04887

Cuadro 10. Carbono almacenado en hojarasca de los distritos de Pueblo Nuevo.

Biomasa de hojarasca Bolaina distrito Castillo Grande						
Est. de Muest.	# Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ps (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CH (t. ha <sup>-1</sup> )
Estrato 1	B1	200	122.1	77.9	0.0779	0.03895
	B2	200	105.2	94.8	0.0948	0.0474
	B3	200	98.2	101.8	0.1018	0.0509
	B4	200	111.5	88.5	0.0885	0.04425
	B5	200	136.8	63.2	0.0632	0.0316
	B6	200	112.4	87.6	0.0876	0.0438
	B7	200	110.7	89.3	0.0893	0.04465
	B8	200	122.6	77.4	0.0774	0.0387
	B9	200	132.5	67.5	0.0675	0.03375
	B10	200	100.4	99.6	0.0996	0.0498
	B11	200	98.8	101.2	0.1012	0.0506
	B12	200	120.4	79.6	0.0796	0.0398
	B13	200	108.2	91.8	0.0918	0.0459
	B14	200	110.6	89.4	0.0894	0.0447
	B15	200	98.8	101.2	0.1012	0.0506
	B16	200	126.7	73.3	0.0733	0.03665
	B17	200	98.7	101.3	0.1013	0.05065
	B18	200	92.8	107.2	0.1072	0.0536
	B19	200	95.4	104.6	0.1046	0.0523
	B20	200	100.2	99.8	0.0998	0.0499
					Promedio	0.04493

Cuadro 11. Carbono almacenado en hojarasca el distrito Castillo Grande.

Biomasa de hojarasca en Bolaina distrito Felipe Padre Luyando						
Est. de Muest.	# Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ps. (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CH (t. ha <sup>-1</sup> )
Estrato 1	B1	200	125.4	74.6	0.0746	0.0373
	B2	200	111.3	88.7	0.0887	0.0444
	B3	200	102	98	0.098	0.0490
	B4	200	120.1	79.9	0.0799	0.0400
	B5	200	130.4	69.6	0.0696	0.0348
	B6	200	98.2	101.8	0.1018	0.0509
	B7	200	105.3	94.7	0.0947	0.0474
	B8	200	128.2	71.8	0.0718	0.0359
	B9	200	125.1	74.9	0.0749	0.0375

B10	200	98.3	101.7	0.1017	0.0509
B11	200	95.2	104.8	0.1048	0.0524
B12	200	110.6	89.4	0.0894	0.0447
B13	200	116.4	83.6	0.0836	0.0418
B14	200	106.3	93.7	0.0937	0.0469
B15	200	96.2	103.8	0.1038	0.0519
B16	200	115.8	84.2	0.0842	0.0421
B17	200	98.8	101.2	0.1012	0.0506
B18	200	116.2	83.8	0.0838	0.0419
B19	200	132.2	67.8	0.0678	0.0339
B20	200	121.3	78.7	0.0787	0.0394
Promedio					0.04367

Cuadro 12. Carbono almacenado en hojarasca el distrito Felipe Padre Luyando

Biomasa de hojarasca en Bolaina distrito Mariano Dámaso Beraún						
Est. de Muest.	# Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ps (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CH (t. ha <sup>-1</sup> )
Estrato 1	B1	200	122.2	77.8	0.0778	0.0389
	B2	200	112.2	87.8	0.0878	0.0439
	B3	200	100.1	99.9	0.0999	0.0500
	B4	200	126.2	73.8	0.0738	0.0369
	B5	200	120.4	79.6	0.0796	0.0398
	B6	200	118.2	81.8	0.0818	0.0409
	B7	200	115.1	84.9	0.0849	0.0425
	B8	200	125.2	74.8	0.0748	0.0374
	B9	200	98.2	101.8	0.1018	0.0509
	B10	200	99.1	100.9	0.1009	0.0505
	B11	200	111.3	88.7	0.0887	0.0444
	B12	200	120.5	79.5	0.0795	0.0398
	B13	200	111.1	88.9	0.0889	0.0445
	B14	200	135.6	64.4	0.0644	0.0322
	B15	200	125.2	74.8	0.0748	0.0374
	B16	200	136.3	63.7	0.0637	0.0319
	B17	200	126.9	73.1	0.0731	0.0366
	B18	200	120.1	79.9	0.0799	0.0400
	B19	200	98.2	101.8	0.1018	0.0509
	B20	200	96.6	103.4	0.1034	0.0517
Promedio						0.0420

Cuadro 13. Registro de datos para obtención de carbono almacenado en hojarasca del distrito Mariano Dámaso Beraún.

Anexo 3. Carbono almacenado en raíces en cuatro gradientes altitudinales en la provincia Leoncio Prado.

Biomasa radicular en Bolaina distrito Pueblo Nuevo - Cuadrante A					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	1.2	0.34	0.86	0.0009	0.0004
C2 10 - 20cm	8.6	2.46	6.14	0.0061	0.0031
C3 20 - 30cm	88.4	25.26	63.14	0.0631	0.0316
Suma					0.0351
Biomasa radicular en Bolaina distrito Pueblo Nuevo Cuadrante B					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.9	0.26	0.64	0.0006	0.0003
C2 10 - 20cm	8.2	2.34	5.86	0.0059	0.0029
C3 20 - 30cm	90.2	25.77	64.43	0.0644	0.0322
Suma					0.0355
Promedio					0.0353

Cuadro 14. Carbono almacenado en raíces en el distrito Pueblo Nuevo.

Biomasa radicular en Bolaina distrito Castillo Grande - Cuadrante A					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.9	0.26	0.64	0.0006	0.0003
C2 10 - 20cm	1.6	0.46	1.14	0.0011	0.0006
C3 20 - 30cm	75.6	21.60	54	0.0540	0.0270
Suma					0.0279
Registro de datos para Biomasa radicular Bolaina (Castillo Grande) Cuadrante B					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.9	0.26	0.64	0.0006	0.0003
C2 10 - 20cm	1.5	0.43	1.07	0.0011	0.0005
C3 20 - 30cm	78.1	22.31	55.79	0.0558	0.0279
Suma					0.0288
Promedio					0.0283

Cuadro 15. Carbono almacenado en raíces del distrito Castillo Grande.

Biomasa radicular en bolaina distrito Felipe Padre L. - Cuadrante A					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.92	0.26	0.66	0.0007	0.0003
C2 10 - 20cm	0.96	0.27	0.69	0.0007	0.0003
C3 20 - 30cm	69.2	19.77	49.43	0.0494	0.0247
				Suma	0.0254
Biomasa radicular bolaina distrito Felipe Padre L. Cuadrante B					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.89	0.25	0.64	0.0006	0.0003
C2 10 - 20cm	0.82	0.23	0.59	0.0006	0.0003
C3 20 - 30cm	71.3	20.37	50.93	0.0509	0.0255
				Suma	0.0261
				Promedio	0.0257

Cuadro 16. Carbono almacenado en raíces del distrito Felipe Padre Luyando.

Biomasa radicular Bolaina (Mariano Dámaso B.) Cuadrante A					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.7	0.20	0.50	0.0005	0.0003
C2 10 - 20cm	0.9	0.26	0.64	0.0006	0.0003
C3 20 - 30cm	65.5	18.71	46.79	0.0468	0.0234
				SUMA	0.0240
Registro de datos para Biomasa radicular Bolaina (Mariano Dámaso B.) Cuadrante B					
Sub parcela	Peso fresco Pf (gr)	Peso seco Ph (gr)	Biomasa (gr)	Biomasa (kg)	CR (t. ha <sup>-1</sup> )
C1 0 - 10cm	0.7	0.20	0.50	0.0005	0.0003
C2 10 - 20cm	0.92	0.26	0.66	0.0007	0.0003
C3 20 - 30cm	63.1	18.03	45.07	0.0451	0.0225
				Suma	0.0231
				Promedio	0.0235

Cuadro 17. Carbono almacenado en raíces de los distritos Mariano Dámaso Beraún.

Anexo 4. Panel fotográfico



Figura 9. Muestras de hojarasca en el distrito Castillo grande.



Figura 10. Muestras de hojarasca en el distrito Felipe Padre Luyando.



Figura 11. Muestras de suelo del distrito Rupa rupa



Figura 12. Muestra de raíces del distrito Mariano Dámaso Beraún



Figura 13. Cilindro con suelo para determinación de densidad aparente



Figura 14. Pesado de cilindros con suelo después de secado en estufa.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

AV. UNIVERSITARIA S/N - TINGO MARIA - CELULAR 941531359

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos

analisisdesuelos@unagsa.edu.ec



## ANÁLISIS DE SUELOS

PROCEDENCIA:		LEONCIO PRADO HUANUCO		SOLICITANTE:				LOPEZ ANGULO RICHARD SERGIO						
N°	COD. LAB.	DATOS DE LA MUESTRA		ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	N	P	K	CIC	
		REFERENCIA		arena	arcilla	limo	textura							%
83	S0083	BOLAINA	CASTILLO GRANDE - RUPA RUPA	A	0 a 10 cm									
84	S0084	BOLAINA	CASTILLO GRANDE - RUPA RUPA	A	10 a 20 cm					4.16	0.19			
85	S0085	BOLAINA	CASTILLO GRANDE - RUPA RUPA	A	20 a 30 cm					2.56	0.12			
86	S0086	BOLAINA	CASTILLO GRANDE - RUPA RUPA	B	0 a 10 cm					0.96	0.04			
87	S0087	BOLAINA	CASTILLO GRANDE - RUPA RUPA	B	10 a 20 cm					3.84	0.17			
88	S0088	BOLAINA	CASTILLO GRANDE - RUPA RUPA	B	20 a 30 cm					2.24	0.10			
89	S0089	BOLAINA	MARIANO DAMASO BERAUN - LAS PALMAS	A	0 a 10 cm					0.96	0.04			
90	S0090	BOLAINA	MARIANO DAMASO BERAUN - LAS PALMAS	A	10 a 20 cm					3.20	0.14			
91	S0091	BOLAINA	MARIANO DAMASO BERAUN - LAS PALMAS	A	20 a 30 cm					2.56	0.12			
92	S0092	BOLAINA	MARIANO DAMASO BERAUN - LAS PALMAS	B	0 a 10 cm					1.92	0.09			
93	S0093	BOLAINA	MARIANO DAMASO BERAUN - LAS PALMAS	B	10 a 20 cm					2.24	0.10			
94	S0094	BOLAINA	MARIANO DAMASO BERAUN - LAS PALMAS	B	20 a 30 cm					1.92	0.09			
95	S0095	BOLAINA	LUYANDO - NARANJILLO	A	0 a 10 cm					1.28	0.06			
96	S0096	BOLAINA	LUYANDO - NARANJILLO	A	10 a 20 cm					2.88	0.13			
97	S0097	BOLAINA	LUYANDO - NARANJILLO	A	20 a 30 cm					2.24	0.10			
98	S0098	BOLAINA	LUYANDO - NARANJILLO	B	0 a 10 cm					1.60	0.07			
99	S0099	BOLAINA	LUYANDO - NARANJILLO	B	10 a 20 cm					3.20	0.14			
100	S0100	BOLAINA	LUYANDO - NARANJILLO	B	20 a 30 cm					0.96	0.04			
101	S0101	BOLAINA	TULUMAYO - JOSE CRESPO Y CASTILLO	A	0 a 10 cm					0.77	0.03			
102	S0102	BOLAINA	TULUMAYO - JOSE CRESPO Y CASTILLO	A	10 a 20 cm					2.88	0.13			
103	S0103	BOLAINA	TULUMAYO - JOSE CRESPO Y CASTILLO	A	20 a 30 cm					2.56	0.12			
104	S0104	BOLAINA	TULUMAYO - JOSE CRESPO Y CASTILLO	B	0 a 10 cm					1.28	0.06			
105	S0105	BOLAINA	TULUMAYO - JOSE CRESPO Y CASTILLO	B	10 a 20 cm					3.52	0.16			
106	S0106	BOLAINA	TULUMAYO - JOSE CRESPO Y CASTILLO	B	20 a 30 cm					2.56	0.12			

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO N° 0487191

FECHA: 01/02/2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

LAB. ANÁLISIS DE SUELOS

K

M.Sc. Dgo. Miguel Huayta Rojas  
J E F E



