

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**CARBONO ALMACENADO EN PLANTACIONES DISETÁNEAS DE
Guazuma crinita Martius “BOLAINA BLANCA”, EN TINGO MARÍA - PERÚ**

Tesis

Para optar el Título de:

**INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN FORESTALES**

KERENSSKY ANAYA PINEDO

PROMOCIÓN 2007 - II

Tingo María - Perú

2010

A55

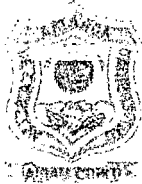
Anaya Pinedo, Kerensský

Carbono Almacenado en Plantaciones Disetáneas de *Guazuma crinita* Martius "Bolaina Blanca" en Tingo María. Tingo María 2010

53 h.; 18 cuadros; 11 fgrs.; 20 ref.; 30 cm.

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

GUAZUMA CRINITA / BIOMASA VEGETAL / BOLAINA BLANCA /
ALMACENAMIENTO - CARBONO / PLANTACIONES / METODOLOGIA /
TINGO MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 13 de Abril del 2010, a horas 07:15 p.m. en la Sala de Conferencias de la facultad de Recursos Naturales Renovables, para calificar la tesis titulada:

"CARBONO ALMACENADO EN PLANTACIONES
DISETÁNEAS DE *Guazuma crinita* Martius
"BOLAINA BLANCA", EN TINGO MARÍA - PERÚ"

Presentado por el Bachiller: **KERENSSKY ANAYA PINEDO**, 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 el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES, mención FORESTALES**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título de conformidad con lo establecido en el Art. 81 inc. m) del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 09 de Junio del 2010

.....
Blgo. MSc. EDILBERTO CHUQUILIN BUSTAMANTE
Presidente

.....
Ing. Mg. ROBERTO OBREGÓN PEÑA
Vocal



.....
Ing. WARREN RÍOS GARCÍA
Vocal

.....
Ing. M Sc. LUIS A. VALDIVIA ESPINOZA
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres Crisanto y Luz Elena por haberme dado la vida, así como, por todo el amor y apoyo brindado en la búsqueda y logro de todas las metas que me he puesto.

A mi hermana Indira, por su confianza brindada, por el amor y cariño de siempre.

A mis tíos, primos y demás familiares, por el gran apoyo y estímulo para cumplir este logro y sueño de titularme.

A Edith Melgarejo Mariño, con mucho afecto y gratitud.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa el más profundo reconocimiento a las siguientes personas e instituciones:

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva "Alma Mater", que me dio la oportunidad de hacer realidad mi anhelado sueño, culminar mi estudio universitario.

A la plana docente de la Facultad Recursos Naturales Renovables, por impartir sus conocimientos, dando formación con capacidad técnica, profesional y humanística.

En particular agradecer al Ing. Luis Alberto Valdivia Espinoza, patrocinador del presente trabajo, por su oportuna y acertada orientación en la ejecución del experimento.

Al Ing. Anthony Robert Yquise Pérez y David Quispe Janampa, quien ha contribuido en la culminación del presente trabajo.

ÍNDICE

| | Página |
|--|--------|
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 3 |
| 2.1. Aspectos generales..... | 3 |
| 2.1.1. Biomasa..... | 3 |
| 2.2.2. Secuestro de carbono..... | 4 |
| 2.2.3. Carbono almacenado..... | 4 |
| 2.2.4. Sumideros de carbono..... | 5 |
| 2.2.5. Efecto invernadero..... | 5 |
| 2.2.6. Cambio climático..... | 6 |
| 2.2. Captura de carbono en ecosistemas forestales..... | 8 |
| 2.3. La actividad forestal en el Mecanismo de Desarrollo en Limpio (MDL)..... | 14 |
| 2.3.1. El Protocolo de Kyoto..... | 14 |
| 2.3.2. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)..... | 15 |
| 2.3.3. Potencial del MDL para contribuir al desarrollo forestal..... | 18 |
| 2.3.4. Características de los proyectos de forestación y reforestación en el MDL (F y R - MDL)..... | 21 |
| a. Aceptabilidad..... | 22 |
| b. Adicionalidad..... | 22 |

| | |
|---|-----------|
| c. Línea base | 22 |
| d. Periodo de acreditación..... | 23 |
| e. Impactos socioeconómicos y ambientales..... | 24 |
| f. Fugas..... | 24 |
| g. Permanencia | 25 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 26 |
| 3.1. Características de la zona de estudio..... | 26 |
| 3.1.1. Lugar de ejecución..... | 26 |
| 3.1.2. Clima y ecología..... | 27 |
| 3.1.5. Fisiografía y suelo..... | 27 |
| 3.2. Materiales..... | 28 |
| 3.2.1. Material de campo..... | 28 |
| 3.2.2. Equipos de campo..... | 28 |
| 3.2.3. Materiales y equipos de gabinete..... | 28 |
| 3.3. Metodología..... | 28 |
| 3.3.1. Descripción del Sistema de Uso de la Tierra evaluado..... | 28 |
| 3.3.2. Delimitación de las parcelas..... | 29 |
| 3.3.3. Muestreo de suelos y medición de la densidad aparente..... | 30 |
| 3.3.4. Determinación de la biomasa arbórea vegetal..... | 31 |
| 3.3.4.1. Biomasa arbórea vegetal..... | 31 |
| 3.3.5. Cálculo del peso del volumen del suelo..... | 32 |
| 3.3.5.1. Densidad aparente del suelo..... | 33 |
| 3.3.6. Cálculo del carbono total..... | 33 |
| 3.3.6.1. Carbono en la biomasa vegetal..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 3.3.6.2. Carbono en el suelo..... | 34 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 35 |
| 4.1. Biomasa vegetal total en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius | |
| "bolaina blanca"..... | 35 |
| 4.2. Carbono almacenado en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius | |
| "bolaina blanca"..... | 37 |
| 4.3. Carbono total almacenado en la biomasa vegetal y el suelo en | |
| plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca"..... | 40 |
| V. CONCLUSIONES..... | 43 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 44 |
| VII. ABSTRACT..... | 45 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 46 |
| IX. ANEXOS..... | 54 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|--------|
| 1. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa aérea y el suelo en diferentes SUT en Yurimaguas, Perú..... | 12 |
| 2. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa aérea y el suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú | 12 |
| 3. Cuantificación de carbono secuestrado en sistemas agroforestales, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú..... | 14 |
| 4. Ubicación geográfica de la zona en estudio..... | 26 |
| 5. Descripción del Sistema de Uso de la Tierra evaluado..... | 29 |
| 6. Biomasa vegetal aérea en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca”..... | 36 |
| 7. Carbono almacenado en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca”..... | 39 |
| 8. Relación del carbono almacenado en la biomasa vegetal y el suelo en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca”..... | 41 |
| 9. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” de 1 año de edad..... | 55 |
| 10. Determinación del carbono orgánico en el suelo con <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” de 1 año de edad..... | 56 |
| 11. Carbono total almacenado de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” de 1 año de edad..... | 56 |

| | |
|---|----|
| 12. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 2 años de edad..... | 56 |
| 13. Determinación del carbono orgánico en el suelo con <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 2 años de edad..... | 57 |
| 14. Determinación del carbono total almacenado de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 2 años de edad..... | 57 |
| 15. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 4 años de edad..... | 58 |
| 16. Determinación del carbono orgánico en el suelo con <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 4 años de edad..... | 59 |
| 17. Determinación del carbono total almacenado de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 4 años de edad..... | 59 |
| 18. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 5 años de edad..... | 58 |
| 19. Determinación del carbono orgánico en el suelo con <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 5 años de edad..... | 60 |
| 20. Determinación del carbono total almacenado de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" de 5 años de edad..... | 60 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Delimitación de los diferentes transectos evaluados..... | 30 |
| 2. Biomasa vegetal aérea en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca"..... | 37 |
| 3. Carbono almacenado en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" | 39 |
| 4. Relación del carbono almacenado en la biomasa vegetal y el suelo en plantaciones de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" | 42 |
| 5. Mapa de ubicación de las parcelas en evaluación..... | 62 |
| 6. Limpieza de los transectos..... | 63 |
| 7. Delimitación de los transectos..... | 63 |
| 8. Aliniamiento de las parcelas..... | 64 |
| 9. Evaluación de los árboles..... | 64 |
| 10. Extracción de muestras de las calitas..... | 65 |
| 11. Pesado de las muestras..... | 65 |
| 12. Secado de las muestras de suelo..... | 66 |

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo estimar el carbono almacenado en la biomasa aérea y en el suelo, en plantaciones disetáneas de *G. crinita* Martius "bolaina blanca", en el sector La cadena, Caserío Santa Rosa de Shapajilla, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco. Se evaluaron plantaciones de 1, 2, 4 y 5 años de edad. Para la determinación de la biomasa y carbono almacenado se empleó la metodología de ARÉVALO *et al.* (2003).

Los resultados determinaron que la plantación de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 1 año de edad contiene una pequeña cantidad de biomasa aérea (2,62 t/ha), mientras que la plantación de 5 años de edad es la que posee mayor cantidad de biomasa (212,48 t/ha). Asimismo, el carbono almacenado en la plantación de 5 años es de 92,62 t.C/ha y 1,18 t.C/ha en la plantación de 1 año de edad siendo el carbono del suelo mayor que en la biomasa vegetal, en todas las plantaciones evaluadas.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera de la tierra es una preocupación mundial y se considera como uno de los principales gases que intervienen en el efecto invernadero (GEI) el cual esta contribuyendo en mayor proporción al cambio climático. En los últimos 200 años los incrementos del CO₂ en la atmósfera han sido de 280 a 375 ppm y continua aumentando a una tasa promedio superior a 1,5 ppm por año (ASB, 2005).

El protocolo de Kyoto, establece compromisos vinculantes de reducción de las emisiones de los GEI por parte de los países industrializados, empleando el Mecanismo de Flexibilidad; siendo uno de ellos el proyecto llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que a través de los cuales se podrían incentivar las plantaciones forestales y agroforestales con fines de captura de carbono (CONAM, 2006). Además, el MDL permite que los proyectos forestales, obtengan beneficios económicos adicionales a través de la venta de captura de carbono (LOGUERCIO, 2002).

En el Perú la deforestación ascendió a 7,2 millones de hectáreas hasta el año 2000. Donde, en el departamento de Huánuco se han deforestado

600 654,46 ha representando el 8,37 % (ANDINA, 2009); como consecuencia de la agricultura migratoria y la extracción de madera. Es decir, en esta zona existe un enorme potencial para el desarrollo de proyectos forestales MDL para capturar carbono y contribuir a reducir emisiones de GEI a través de la forestación, reforestación o mediante la agroforestería. En este contexto, la investigación realizada, determina que el carbono almacenado en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca"; fue debido a que es una especie abundante en la zona, de rápido crecimiento, tiene buena aceptación en el mercado y además es un buen potencial en captura de carbono.

Objetivo general

- Estimar el carbono almacenado en plantaciones disetáneas de *G. crinita* Martius "bolaina blanca", en Tingo María, Perú.

Objetivos específicos

- Determinar la biomasa vegetal aérea de *G. crinita* Martius "bolaina blanca", en plantaciones de diferentes edades.
- Determinar el carbono almacenado en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".
- Determinar el carbono total almacenado en la biomasa vegetal y el suelo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Aspectos generales

2.1.1. Biomasa

La biomasa, es toda la materia orgánica que tiene su origen en un proceso biológico. A partir de la luz solar, la formación de biomasa vegetal, conocida como fitomasa, se lleva a cabo mediante el proceso de fotosíntesis gracias al que se producen moléculas de alto contenido energético bajo la forma de energía química; esa energía la podemos recuperar por combustión directa o transformando la materia orgánica en otros combustibles (ACOSTA *et al.*, 2001).

Asimismo, IPARRAGUIRRE (2000) menciona que la biomasa o masa biológica, es la masa total de los seres vivos presentes en una determinada área, en un momento determinado y suele expresarse en toneladas de materia seca.

2.1.2. Secuestro de carbono

ARÉVALO *et al.* (2003) definen el secuestro de carbono como el proceso de fijación de carbono en forma continua en cualquier sistema de uso de la tierra como consecuencia de alguna intervención sobre áreas degradadas o en proceso de degradación; estas intervenciones pueden ser programas de manejo de suelos con reforestación, agroforestería o conservación de suelos. Las cantidades fijadas de carbono se expresan en t.C/ha/año.

El secuestro de carbono es un servicio ambiental basado en la capacidad de los ecosistemas forestales para absorber y almacenar el carbono atmosférico (FONAM, 2004).

2.1.3. Carbono almacenado

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

El 45 % de la biomasa vegetal seca es carbono. Existe en los bosques una acumulación de carbono que no es liberado a la atmósfera. En ecosistemas de bosques tropicales la biomasa seca puede variar entre 150 y 382 t/ha, por lo tanto el carbono almacenado varía entre 67,5 a 171 t/ha

(ICRAF, 2002). MARQUEZ (2005) menciona que el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura del árbol y hasta que es reemitido (ya sea al suelo o a la atmósfera), se considera que está almacenado.

2.1.4. Sumideros de carbono

Un sumidero de carbono, es aquel que elimina el carbono de la atmósfera, tal como sucede con los ecosistemas forestales que consumen CO₂ durante el proceso de fotosíntesis. Es decir, es la extracción y almacenamiento de carbono de la atmósfera en sumideros como los océanos, los bosques o la tierra; a través de un proceso físico o biológico como la fotosíntesis (ACOSTA *et al.*, 2001).

2.1.5. Efecto invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta; al retener parte de la energía proveniente del sol. Como resultado del efecto invernadero, la tierra se mantiene lo suficientemente caliente como para hacer posible la vida sobre el planeta (NOVOA *et al.*, 2000).

Según la UNFCCC (1998), los Gases de Efecto Invernadero (GEI), son aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como

antropogénicos, que absorben y reemiten radiación infrarroja. Estos gases son: Dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nítrico (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6).

2.1.6. Cambio climático

El cambio climático es la variación global del clima de la tierra, debido a causas naturales y a la acción del hombre, se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, entre otros. La acción humana está representada por la emisión de volúmenes crecientes de GEI, que aumentan la capacidad de retención de radiación solar de la atmósfera (HELLER y SHUKLA, 2003)

El cambio del clima es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Al producido por causas naturales lo denomina variabilidad natural del clima (IPCC, 2001). Siendo la principal causa del cambio climático la emisión de gases provenientes de la combustión de fuentes de energía fósil (petróleo, carbón, gas, entre otros), desde el inicio de la era industrial (LOGUERCIO, 2005).

El total de carbono emitido en el siglo XX a partir de la quema de combustibles fósiles fue de 261 233 millones de toneladas, en las que 19 países contribuyeron con 82,8 % de las emisiones, siendo Estados Unidos el principal país emisor; mientras que, el Perú es causante del 0,4 % de las emisiones mundiales de GEI (NOVOA *et al.*, 2005).

Por otro lado, los países en vías de desarrollo también tienen su responsabilidad en las emisiones de GEI (aunque en menor medida), sobre todo por la quema y cambios de uso de la tierra en los bosques tropicales, (LOGUERCIO, 2005); donde la deforestación genera el 25 % de las emisiones mundiales de GEI, sólo superada por el sector energético (VIDAL, 2007).

Algunos efectos del cambio climático son el calentamiento global, el incremento del nivel del mar, los cambios en la precipitación, la deglaciación y el aumento de la frecuencia de eventos meteorológicos extremos. Los países con áreas costeras bajas, zonas áridas y semi-áridas, así como los países situados en islas pequeñas, son más vulnerables. El cambio climático viene causando efectos sobre las especies y sus rangos de distribución durante siglos. Entre las actividades humanas principales que influyen en este fenómeno están la contaminación y el cambio de uso de la tierra y de la cobertura vegetal. Estas actividades afectan también a la diversidad biológica (FONAM, 2005).

2.2. Captura de carbono en ecosistemas forestales

Los árboles en crecimiento a través del proceso fotosintético despiden oxígeno y consumen agua, luz y CO₂. Por ello, los bosques en expansión son calificados de "sumideros de carbono": absorben gas carbónico. Cuando dejan de crecer, los árboles ya no son sumideros, sino receptáculos de carbono: almacenan enormes cantidades de este elemento, en la superficie y en los suelos, pero cumplen un papel neutro en el balance final de CO₂ (BOUKHARI, 2000).

El dióxido de carbono atmosférico es absorbido por los árboles mediante la fotosíntesis, y es almacenado en forma materia orgánica (biomasa-madera). El CO₂ regresa a la atmósfera mediante la respiración de los árboles y las plantas, y por descomposición de la materia orgánica muerta en los suelos (oxidación) (BOUKHARI, 2000).

El FONAM (2006) menciona que los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un potencial de almacenamiento de carbono. La (CMNUCC) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático durante la Cumbre para el Medio Ambiente y el Desarrollo, celebrada en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil, en junio de 1992, considera a las actividades forestales como actividades a tomar en cuenta para el control, la reducción y/o la prevención de emisiones antropogénicas de GEI (SALGADO, 2004).

A través del manejo silvicultural de los bosques nativos existentes, y por la creación de nuevos bosques mediante forestaciones y reforestaciones en áreas donde no existen árboles, se contribuiría a almacenar grandes cantidades de carbono en la biomasa y el suelo, utilizando con ello su potencial para mitigar los cambios del clima (LOGUERCIO, 2005).

En la región San Martín, provincias de San Martín y Mariscal Cáceres, se evaluaron seis sistemas agroforestales, donde se observan que los sistemas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de 12 años de edad pertenecientes a los sectores de Santa Teresa (Pachiza) y la Victoria (Huicungo) y el sistema de 20 años del sector Villaprado (Juanjui) presentaron mayores reservas de carbono con 45,07; 44,68 y 44,85 t.C/ha; respectivamente. Las mayores reservas de C para los sectores de Santa Teresa y La Victoria (sistemas de 12 años) se debieron al mayor número y tipo de especies forestales asociadas como el pucaquiro (*Sickingia Williamsi*), cedro (*Cedrela odorata*) y shaina (*Colubrina glandulosa*); frutales que incluye a papaya (*Carica papaya* L.) y guaba (*Inga sp*); así como, a las industriales caso del café (*Coffea arabica* L.). Mientras que los resultados para Villaprado (sistema de 20 años) podrían deberse a la asociación de especie de cacao (*Theobroma cacao* L.) con guaba (*Inga edulis*), capirona (*Calycophyllum spruceanum*) y mango (*Mangifera indica* L.), respectivamente (CONCHA *et al.*, 2007).

DAZA (2008) al evaluar la biomasa aérea en bosques secundarios de 30 años de edad en Pucayacu, Huánuco comprobó que estos almacenan

479,45 t/ha de manera los bosques juegan un rol principal no solo como factor de desarrollo de un país y de sus modelos de sostenibilidad, sino que adquieren protagonismo mundial por su probable reconocimiento como sumideros en los sistemas contables de los ciclos de carbono. Sin embargo aparte de las incertidumbres sobre las tasas de cambio de la cobertura y masa forestal, es particularmente crítica la falta de información cuantitativa de biomasa y carbono almacenado en estos ecosistemas y particularmente en las poblaciones de árboles. Es necesario mejorar esta situación avanzando en la estimación del carbono almacenado en la biomasa aérea forestal existente con la mayor exactitud posible, a efectos de modelar los flujos de carbono por cambio del uso de la tierra cuyos resultados dependerán en gran parte de las cuantificaciones de biomasa de los bosques.

HERRERA *et al.* (2001) En los bosques secundarios la biomasa aérea promedio es de 212,429 t/ha, corresponde a la biomasa aérea de los arboles de biomasa aérea. La enorme diversidad y variación de los bosques tropicales y la gran variedad de enfoques y métodos existentes para estimar biomasa hacen difícil una comparación de los estudios en distintas regiones boscosas tropicales. A pesar de dicha dificultad, se presenta una síntesis de diferentes estimaciones de biomasa en bosques. En la misma se diferencian dos grupos. Estimaciones a pequeña escala y estimaciones a gran escala. En dicha síntesis es posible apreciar la enorme variabilidad en la biomasa de los bosques; la biomasa aérea total oscila usualmente en el Trópico

Es evidente que la estimación directa en el terreno de biomasa de bosques tropicales es una empresa costosa y exigente, tal costo y esfuerzo se multiplica si se trata de áreas extensas, remotas y poco accesibles como es el caso de la Cuenca del río Caura. Esta cuenca hidrográfica comprende una extensa área que abarca aproximadamente 45.336 km², cubierta en su mayor parte por bosques. El presente estudio tuvo como fin cuantificar a nivel exploratorio y preliminar la densidad de biomasa aérea en bosques bajo los distintos bioclimas presentes. Por lo que, la estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos (HERNANDEZ, 2001).

ALEGRE *et al.* (2002) evaluaron diferentes Sistemas de Uso de la Tierra (SUT) en Yurimaguas y Pucallpa; determinando que la foresta y los barbechos antiguos tuvieron los contenidos más altos de carbono total en ambos sitios, tanto en la biomasa aérea y en el suelo. Sin embargo el contenido de carbono en la parte aérea (árbol, sotobosque y hojarasca) en los sistemas perennes con árboles y coberturas fue más alto y fluctuó desde 41 t.C/ha para la palma aceitera, hasta 74 t.C/ha para la plantación de caucho (Pucallpa) y en el sistema agroforestal de multiestratos (Yurimaguas), estos valores fueron intermedios con 59 t.C/ha (Cuadros 2 y 3).

Cuadro 1. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa aérea y el suelo en diferentes SUT en Yurimaguas, Perú.

| SUT | Árbol | Soto bosque | Hojarasca | Raíz | Suelo | Total (t.C/ha) |
|---|--------|-------------|-----------|-------|-------|----------------|
| Foresta | | | | | | |
| Bosque ligeramente desmontado de 40 años | 290,00 | 3,63 | 3,93 | 23,95 | 38,76 | 360,3 |
| Barbechos | | | | | | |
| Bosque secundario (15 años) | 184,40 | 0,82 | 4,03 | 3,32 | 46,54 | 239,10 |
| Bosque secundario (5 años) | 42,10 | 1,89 | 2,96 | 1,66 | 47,27 | 95,80 |
| Bosque secundario (3 años) | 2,40 | 1,25 | 3,44 | 3,66 | 43,80 | 54,60 |
| Cultivos | | | | | | |
| Área recientemente quemada | 46,00 | 0,00 | 0,00 | 48,70 | 50,36 | 133,7 |
| Cultivo anual (arroz) | 16,80 | 1,91 | 2,96 | 29,30 | 43,60 | 89,6 |
| Pastos | | | | | | |
| Pastura degradada de 30 años (quemado anualmente) | 0,00 | 4,83 | 5,73 | 1,50 | 54,50 | 63,60 |
| Pastura mejorada de <i>Brachiaria decumbes</i> (15 años) | 0,00 | 1,76 | 2,36 | 0,96 | 72,60 | 77,70 |
| Sistemas agroforestales | | | | | | |
| Plantación de la palmera <i>Bactris Gasipaes</i> de 16 años | 0,40 | 82,69 | 2,16 | 7,49 | 56,10 | 148,80 |
| Multiestrato con plantación de <i>Bactris/Cedrelinga/Inga/Colubrina</i> | 57,30 | 1,25 | 6,09 | 2,63 | 47,03 | 114,30 |

Fuente: ALEGRE *et al.* (2002)

Cuadro 2. Reservas de Carbono (t.C/ha) en la biomasa aérea y el suelo en diferentes SUT en Pucallpa, Perú.

| SUT | Árbol | Soto bosque | Hojarasca | Raíz | Suelo | Total (t.C/ha) |
|--|--------|-------------|-----------|------|-------|----------------|
| Foresta | | | | | | |
| Bosque primario (no tocado) | 160,10 | 0,83 | 0,73 | 2,61 | 76,81 | 241,10 |
| Bosque primario (extracción selectiva) | 120,30 | 0,69 | 1,83 | 3,48 | 47,03 | 173,30 |
| Barbechos | | | | | | |
| Bosque secundario (15 años) | 121,00 | 2,21 | 2,85 | 1,04 | 68,33 | 172,30 |
| Bosque secundario (3 años) | 13,2 | 1,83 | 5,90 | 0,28 | 19,63 | 40,80 |
| Cultivos | | | | | | |

| | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|------|------|-------|--------|
| Área recientemente quemada | 68,33 | 0,00 | 0,00 | 3,27 | 29,71 | 101,30 |
| Cultivo anual (maiz) | 4,50 | 1,24 | 2,12 | 0,81 | 22,36 | 31,00 |
| Cultivo anual (yuca o mandioca) | 0,70 | 1,75 | 0,98 | 0,50 | 34,16 | 38,10 |
| Cultivo bi-anual (platano) | 6,20 | 8,08 | 1,99 | 0,84 | 39,16 | 56,20 |
| Pastos | | | | | | |
| Pastura degradada | 0,00 | 2,42 | 0,68 | 0,68 | 35,74 | 39,50 |
| Plantacion | | | | | | |
| Plantación de <i>Hevea</i> (30 años) | 66,60 | 0,91 | 6,47 | 0,35 | 78,20 | 152,60 |
| Plantación de palma aceitera | 0,00 | 37,24 | 4,14 | 0,71 | 57,15 | 99,20 |

Fuente: ALEGRE *et al.* (2002)

CALLO – CONCHA *et al.* (2001) realizaron una investigación en tres pisos ecológicos de la Amazonía (Selva Alta - Previsto, Selva Baja - Aguaytía y Ceja de Selva - San Agustín), determinando que los SUT bosque primario, huerto casero, bosque secundario y café bajo sombra, cuantitativamente conforman un grupo de aportes de carbono muy regular, y finalmente la silvopastura y pastura, con menores participaciones. En el caso del bosque primario, el mayor volumen de carbono retenido se encuentra en la biomasa arbórea. Los aportes de carbono en fuentes de biomasa no arbórea (arbustiva, herbácea, hojarasca y edáfica), en suma no alcanzan la cuarta parte del volumen global. En bosque secundario, café bajo sombra, silvopastura, pastura y huerto casero el mayor aporte de carbono es edáfico. En bosque secundario el carbono edáfico es ligeramente superior al 50 %. En café bajo sombra, el carbono edáfico es menor que la de silvopastura; donde en este último, la proporción de carbono edáfico es altísima, alcanzando casi las tres cuartas partes. Para la pastura, casi el 96% del carbono es contribuido por el suelo.

Cuadro 3. Cuantificación de carbono secuestrado en sistemas agroforestales, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú.

| SUT | AP (%) | ACM (%) | AH (%) | H (%) | E (%) | Total (t.C/ha) |
|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|------------------|---------------------------|
| Bosque primario | 42,10 | 35,85 | 0,16 | 0,70 | 21,21 | 465,80 |
| Bosque secundario | 37,51 | 7,62 | 0,43 | 1,42 | 53,02 | 181,00 |
| Café bajo sombra | 23,44 | 16,73 | 0,33 | 0,88 | 58,62 | 193,70 |
| Silvopastura | 25,38 | 1,17 | 0,76 | 0,54 | 72,10 | 119,80 |
| Pastura | 2,36 | 0,00 | 1,32 | 0,72 | 95,59 | 97,30 |
| Huerto casero | 39,55 | 3,19 | 0,28 | 0,52 | 56,47 | 195,70 |

AP = Árboles en pie; ACM = Árboles caídos muertos; AH = Arbustivo y Herbáceo; H = Hojarasca; E = Edáfico
Fuente: CALLO – CONCHA *et al.* (2001)

Las reservas de carbono de la biomasa aérea (en diferentes SUT en San Martín, Perú) en un bosque primario es de 485 t.C/ha en promedio; mientras que, los sistemas de café con guaba de 4 años y cacao con especies forestales de 15 años, presentan valores de 19 y 47 t.C/ha, respectivamente (LAPEYRE *et al.*, 2004).

2.3. La actividad forestal en el Mecanismo de Desarrollo en Limpio (MDL)

2.3.1. El Protocolo de Kyoto

El Protocolo de Kyoto fue adoptado en Kyoto, Japón, el 11 de diciembre de 1997 y entra en vigencia el 16 de febrero del 2005. Incluye límites legalmente vinculantes para las emisiones de GEI de los países industrializados (países incluidos en el Anexo I del protocolo) para reducir sus emisiones de GEI (estipulados en el Anexo A), en 5 % por debajo de los niveles

de 1990 (año base) en el primer período de compromisos 2008 – 2012. El Protocolo de Kyoto buscan reducir los impactos negativos del cambio climático a la vez que se promueve el desarrollo sostenible (FONAM, 2005).

El Protocolo de Kyoto estableció 3 mecanismos para facilitar lograr los objetivos de la CMNUCC, y ayudar a los países industrializados alcanzar sus límites, estos conjuntamente se llaman mecanismos flexibles. Estos mecanismos son: Implementación Conjunta (artículo 6), el Mecanismo de Desarrollo Limpio (artículo 12) y el Comercio de Emisiones (artículo 17), que sólo estarán a la disposición de aquellos que ratifiquen el tratado. En términos de proyectos de fijación de carbono en países en desarrollo, el MDL es el mecanismo flexible relevante (SALGADO, 2004).

2.3.2. Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

El FONAM (2007) menciona que el MDL (Artículo 12 del Protocolo de Kyoto) se refiere a proyectos para la mitigación de cambio climático llevados a cabo entre los países industrializados (países Anexo I) y los países en desarrollo (países no incluidos en el Anexo I). A partir del protocolo de Kyoto, se establecieron compromisos vinculantes de reducción de las emisiones de los GEI por parte de los países industrializados, empleando el mecanismo de flexibilidad existente; siendo uno de ellos el proyecto llamado Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que a través de los cuales se podrían incentivar las plantaciones agroforestales y forestales con fines de captura de carbono

(CONAM, 2006), estas a su vez pueden beneficiarse ambientalmente mediante el secuestro de carbono, disminuyendo la presión de los bosques naturales, regulando el clima; mejorando la calidad de agua, el paisaje y la biodiversidad. También previniendo desastres naturales, realizando funciones de refugio de especies animales y generando socialmente empleos y produciendo bienes con servicios, entre otros.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio contempla además que los proyectos que generan certificados de carbono ayuden a los países en vías de desarrollo más vulnerables a cubrir sus costos de adaptación, a través de la destinación de 2% de los CER (Certificados de Emisiones Reducidas) a un fondo especial (CER son certificados obtenidos como producto de un proyecto realizado en países en vías de desarrollo donde se reducen o fijan emisiones de GEI en comparación a un escenario base. Pueden expresarse en t.CO₂, ó t.C; donde 1 t.C equivale a 3,7 t.CO₂). El MDL es el único que involucra a países en desarrollo, el cual permite que proyectos de inversión elaborados en éstos países puedan obtener beneficios económicos adicionales a través de la venta de CER, mitigando la emisión o secuestrando GEI de la atmósfera (ULLOA, 2006).

Actualmente las actividades de Uso de suelo, Cambio de uso del suelo y forestación (LULUCF) dentro del MDL están limitadas a forestación y reforestación, pero se espera poder incluir en los próximos períodos de compromiso proyectos de conservación y manejo de bosques. Las actividades

forestales tienen efectos en la diversidad biológica y en los bienes y servicios originados por esta biodiversidad, sin embargo, se debe tomar en cuenta la elección de las especies con las cuales se efectuará la reforestación, pues se puede poner en riesgo la diversidad biológica si se usan monocultivos, especies exóticas u organismos genéticamente modificados sin haber tomado las precauciones necesarias. Para esto se requiere de un mayor conocimiento científico y así poder planificar las intervenciones humanas necesarias para mitigar el cambio climático y adaptarse, a la vez que se contribuye a la conservación de la biodiversidad, maximizando los beneficios socioeconómicos provenientes de los ecosistemas (FONAM, 2005).

El MDL incluye proyectos en los siguientes sectores: i) Industrias energéticas (renovables/no renovables), ii) Distribución de energía, iii) Demanda de energía, iv) Industrias manufactureras, v) Industrias químicas, vi) Construcción, vii) Transporte, viii) Minas / producción mineral, ix) Producción metalúrgica, x) Emisiones fugitivas de combustibles (sólidos, petróleo y gas natural), xi) Emisiones fugitivas de la producción y consumo de halocarbonos y hexafluoruro de azufre, xii) Uso de solventes, xiii) Disposición y manejo de desechos, xiv) Forestación y reforestación, xv) Agricultura (CHIDIAK *et al.*, 2006).

El Perú, luego de la firma y ratificación del Protocolo de Kyoto (13 de noviembre de 1998 y 12 de setiembre del 2002), ha desarrollado la Estrategia Institucional para la Promoción del MDL (COTO y MORERA, 2004),

para lo cual identificó a la Agencia de Promoción de la Inversión Privada (PROINVERSION), como la institución que en el futuro podría llevar a cabo estas funciones. Por ahora, el Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), Autoridad Ambiental Nacional, coordina la implementación de la misma, y es también la Autoridad Nacional designada para el MDL, encargada de aprobar los proyectos en el país. Asimismo, el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM) está encargado de las labores de Promoción de este mecanismo, que incluye la estructuración y actualización de la cartera de proyectos (FONAM, 2004).

2.3.3. Potencial del MDL para contribuir al desarrollo forestal

El MDL incluye la posibilidad de utilizar las plantaciones forestales como sumideros de carbono. El concepto de sumideros de carbono a través de plantaciones forestales se apoya en la idea que los árboles, al crecer, absorben carbono de la atmósfera y que lo fijan en su madera (COTO y MORERA, 2004).

Al ser reconocido el importante papel que desempeñan los bosques en el proceso de secuestro o captura de carbono atmosférico, al punto tal que las actividades forestales han sido incluidas dentro de la definición de "sumidero"; el potencial de los bosques de plantación ha cobrado renovada importancia: los certificados por captura de carbono generados por proyectos MDL, plantean la posibilidad de capturar beneficios financieros provenientes de las actividades reductoras de emisiones. De esta manera, la captura de carbono ha adquirido valor monetario, puesto que los certificados de reducción

poseen un precio de mercado y, en consecuencia, las actividades de plantación, que pueden no estar justificadas sobre la base de la producción maderera solamente, pueden ver incrementada su rentabilidad. El MDL abre una oportunidad económica para llevar adelante proyectos forestales que capturen carbono en los países en desarrollo gracias a la asistencia financiera por parte de los países desarrollados del Anexo I (CHIDIAK *et al.*, 2006).

FAO (2005) manifiesta que los proyectos forestales que se consideran para mitigar las concentraciones de GEI en la atmósfera se agrupan en tres tipos: Proyectos de conservación de carbono; proyectos de captura de carbono y Proyectos de sustitución de carbono. El artículo 3.3 del Protocolo de Kyoto considera a las actividades de forestación y reforestación posteriores al 31 de diciembre del año 1989, como las únicas opciones para la reducción de GEI en la atmósfera, que pueden ser consideradas para el primer período de compromiso (2008 -2012), asimismo, el artículo 3.4 presenta la posibilidad de que otras actividades, tal como conservación de suelos, manejo de bosques, entre otras, puedan ser incluidas en las negociaciones del segundo período de compromiso y posteriores negociaciones (NEUENSCHWANDER, 2005).

En la Conferencia de Partes (CoP9, Milán, Italia) de la CMNUCC, acordó que el periodo de acreditación podrá ser de un máximo de 20 a 30 años renovables dos veces (para un total de 60 años), siempre y cuando en cada renovación se revise la línea base. Adicionalmente se adoptó el concepto de

certificados temporales (tCER) o de largo plazo (ICER) para reflejar el carácter reversible de los proyectos de reforestación y forestación (NORBERTO, 2006).

En la región latinoamericana, los escenarios más comunes encontrados para la determinación de la línea de base en proyectos forestales en el MDL son: Pastos (34 %), terrenos en proceso de deforestación (25 %), terrenos degradados (33 %) y combinaciones de pastos con terrenos degradados (8 %). En la totalidad de los proyectos analizados los terrenos seleccionados corresponden a tierras marginales, donde la posibilidad de desarrollar actividades agrícolas o pecuarias se ha visto deteriorada por la pérdida de calidad de los suelos (ULLOA, 2006).

A nivel mundial los proyectos forestales MDL representan el 7 % del total. El Perú tiene un portafolio de 50 proyectos en el MDL, de los cuales 39 proyectos son del sector energía y 11 proyectos en el sector forestal, con una extensión total de 40 724 ha que implican reducciones de más de 6,5 millones de t.CO₂, en veinte años (FONAM, 2007).

Las transacciones que se realicen dentro del MDL se llevará a cabo entre miembros de la Organización de Cooperación para el Desarrollo Económico (OCDE) que son Partes del Anexo I, como compradores y los países con economías en transición a economía de mercado como vendedores, dado que las oportunidades de reducción son más baratas y abundantes en éstos últimos (UNFCCC, 2004).

En los países en desarrollo el costo de la captura del carbono es menor; puesto que existe una gran disponibilidad de tierras marginales sin cobertura, en diferentes estados de degradación y con aptitud forestal, con baja competencia de usos alternativos y bajos costos de instalación. Esto sumado a la existencia de especies nativas de interesante crecimiento y buena aceptación en el mercado como, en el caso del Perú, la “bolaina” *G crinita* C. Martius que generan un muy buen potencial de captura (SALGADO, 2004).

El mercado mundial de carbono ofrece a los países en desarrollo y a los organismos dedicados a la conservación ecológica un instrumento para financiar la ampliación de sus áreas ecológicamente frágiles, y mejorar la situación económica y política de muchas zonas rurales. Por otro lado, representa una fuente de ingresos completamente nueva y aumentaría la rentabilidad de algunas actividades actuales (FONAM, 2005). Además, por el pago de captura de carbono, algunos propietarios de tierras en países en vías de desarrollo podrían cambiar sus cultivos por actividades forestales. No obstante, es poco probable que éstas lleguen a sustituir a los cultivos más rentables de exportación como café, banana y piña, pero sí podrían, en cambio, sustituir algunas actividades tradicionales de ganadería y cultivo del arroz que requieren una considerable extensión de tierras (CASTRO, 2005).

2.3.4. Características de los proyectos de forestación y reforestación en el MDL (F y R - MDL)

a. Aceptabilidad

NORBERTO (2006) manifiesta que el proyecto deberá estar acorde con los objetivos de desarrollo del país anfitrión (país en vías de desarrollo) y sus prioridades económicas, además de demostrar su contribución al desarrollo sostenible.

b. Adicionalidad

Demostrar que el proyecto representa capturas de carbono mayores a lo que ocurriría de no ejecutarse el proyecto. Debe demostrarse que contribuye al desarrollo sostenible del país donde se realiza (NEUENSCHWANDER, 2005).

c. Línea base

Las variaciones del carbono almacenado en el ámbito del proyecto que se habrían producido si no se ejecuta el proyecto (NEUENSCHWANDER, 2005).

Un proyecto forestal deberá demostrar que la reducción o fijación de emisiones de CO₂, es adicional a lo que ocurrirá en su ausencia del mismo.

Por esto, para comercializar CER de proyectos forestales, se deberá probar que en las condiciones económicas, políticas y regulatorias en las que este se ejecuta, la fijación de CO₂ con el proyecto es mayor que en el escenario sin el proyecto (NORBERTO, 2006).

$$CER(t.C) = \sum_{t=0}^{Tf} \frac{(C_{proyecto} - C_{línea base})}{n}$$

Donde:

CER = Certificado de Emisiones Reducidas

t.C = Tonelada de carbono

Ct = Carbono total

Tf = Tiempo de culminación del proyecto

n = Período de tiempo utilizado para estimar CER

d. Periodo de acreditación

Es el lapso en que se pueden emitir bonos de carbono del proyecto (NEUENSCHWANDER, 2005). Elegir una de las siguientes alternativas:

- 20 años como máximo y puede renovarse hasta dos veces, siempre que en cada renovación una Entidad Operacional Designada (EOD) verifique la validez de la línea de base.
- 30 años como máximo.

e. Impactos socioeconómicos y ambientales

Consiste en el análisis de los posibles impactos que provocaría la ejecución del proyecto y, si existieran, debe explicarse las medidas para evitarlos o de mitigación necesarias (NEUENSCHWANDER, 2005).

f. Fugas

Aumento de las emisiones de GEI fuera del ámbito del proyecto que pueden atribuirse a sus actividades y pueden ser medidas (NORBERTO, 2006).

Aún resta definir si el término fuga comprenderá:

- a. Los cambios (incrementos y reducciones) en los reservorios de carbono que se encuentran fuera de los límites del proyecto;
- b. Las reducciones en las remociones por sumideros en los reservorios de carbono que se encuentran fuera de los límites del proyecto;
- c. Los cambios (incrementos y reducciones) en las emisiones de GEI de las fuentes que se encuentran fuera de los límites del proyecto;
- d. Sólo los incrementos en las emisiones de GEI de las fuentes que se encuentran fuera de los límites del proyecto (NORBERTO, 2006).

g. Permanencia

La captura de carbono en un bosque no es permanente y puede convertirse en emisiones de GEI por causas naturales o antropogénicas (NEUENSCHWANDER, 2005). Los participantes en proyectos F&R deben elegir entre:

- tCER que son temporales y caducan al final del siguiente período de cumplimiento para el que se expidieron.
- ICER que caducan al finalizar el período de acreditación del proyecto.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Características de la zona en estudio

3.1.1. Lugar de ejecución

La zona en estudio está ubicada en el Sector “La Cadena”, Caserío Santa Rosa de Shapajilla ubicado a 8 km de la ciudad de Tingo María, distrito Luyando, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco.

Geográficamente, se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

Cuadro 4. Ubicación geográfica de la zona en estudio.

| Sistema de Uso de la Tierra (SUT) | Coordenadas (Centro de cada parcela) | |
|---|---|---------|
| | Este | Norte |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” (1 año) | 390607 | 8982542 |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” (2 años) | 390572 | 8982542 |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” (4 años) | 390883 | 8982158 |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius “bolaina blanca” (5 años) | 390825 | 8982094 |

3.1.2. Clima y ecología

La zona alcanza una temperatura media anual de 24 °C. La precipitación es de 3 200 mm/año siendo los meses de mayor presencia de lluvia de diciembre a abril. En cuanto a la humedad relativa, alcanza un promedio anual de 87 %; disminuye en los meses de junio a agosto y se incrementa en los meses de enero a marzo. Además, se encuentra ubicado en la zona de vida de bosque muy húmedo premontano tropical (bmh-PT) (HOLDRIDGE, 1974).

3.1.3. Fisiografía y suelo

El área de trabajo presenta una fisiografía suave, plana, comprendida por terrazas bajas, originadas por suelos aluviales formados por el arrastre de materiales y sedimentos.

El suelo por su capacidad de uso mayor pertenece a la clase A (cultivos en limpio) pertenecientes al orden inceptisol; de textura arenosa, arcilloso y de color gris, características que lo hacen propicio para el desarrollo de actividades agrícolas.

3.2. Materiales

3.2.1. Material de campo

Bolsas de papel, bolsas de plástico, cinta diamétrica, cilindros Uhland, dimensionador de 1 m x 1 m, esmalte, libreta de campo, machetes, plumón indeleble, pala recta, rafia, wincha de 50 m.

3.2.2. Equipos de campo

Receptor GPS Garmin 76, cámara fotográfica digital Canon 36 mm, brújula Brunnton

3.2.3. Materiales y equipos de gabinete

Estufa, Balanza analítica sartorius

3.3. Metodología

3.3.1. Descripción del Sistema de Uso de la Tierra evaluado

Se evaluaron en plantaciones de diferentes edades de *G. crinita* Martius "bolaina blanca"; tal como se describe en el Cuadro 6. El manejo y mantenimiento de este sistema, se realiza utilizando fertilizantes orgánicos (compost, humus de lombriz, entre otros); asimismo, el control de malezas se

realiza mediante deshierbo manual utilizando machetes, con una frecuencia de cuatro veces por año en las plantaciones de 1 y 2 años; mientras que las plantaciones de 4 y 5 años el control de malezas se efectúa dos veces por año. El terreno donde se ubican estos sistemas, presenta un suelo aluvial con topografía plana y buen drenaje.

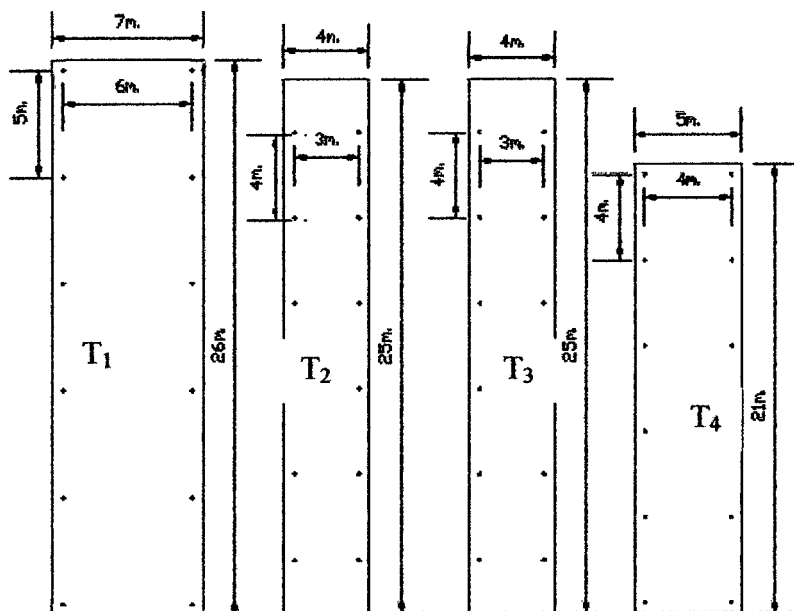
Cuadro 5. Descripción del Sistema de Uso de la Tierra evaluado.

| Sistema de Uso de la Tierra (SUT) | Edad (años) | Distanciamiento (m) | Nº Plantas (ha) |
|--|-------------|---------------------|-----------------|
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" | 1 | 5 m x 6 m | 333 |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" | 2 | 4 m x 4 m | 625 |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" | 4 | 3 m x 4 m | 833 |
| Plantación de <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" | 5 | 3 m x 4 m | 833 |

3.3.2. Delimitación de las parcelas

Para facilitar los trabajos de evaluación se procedió a determinar la intensidad de la muestra con la siguiente formula $I = n/N$ que representa el 10% del área de estudio tomando cuatro parcelas de evaluación, cada uno de 1 ha, que servirá para inferir a toda la población, cada una de estas parcelas en forma cuadrada de 100 m de lado, las mismas que fueron subdivididas en dos (02) transectos por cada SUT, se trazaron los transectos que se asignaron en forma aleatoria, los mismos que muestran las siguientes dimensiones: 4 m x 25 m (en las plantaciones de 4 y 5 años de edad); 5 m x 21 m (en la plantación de 2 años de edad) y 7 m x 26 m (en la plantación de 1 año de edad); diámetro a la altura de pecho (dap) de todos los arboles con 2,5 hasta 30 cm de dap. De

acuerdo al Cuadro 6 y Figura 1, las plantaciones evaluadas tienen diferentes distanciamientos entre plantas; razón por la cual, el tamaño de los transectos es variable para cada SUT, lo que permite uniformizar el número de individuos.



- Transectos: T₁ Un año (7 m x 26)
 T₂ Cuatro años (4 m x 25 m)
 T₃ Cinco años (4 m x 25 m)
 T₄ Dos años 5 m x 21 m
 * Plantas de bolaina

Figura 1. Delimitación de los diferentes transectos evaluados.

3.3.3. Muestreo de suelos y medición de la densidad aparente

En las parcela de 4 m x 25 m, 5 m x 21 m y 7 m x 26 m se establecieron dos cuadrantes de 1 m x 1 m, en la cual se aperturaron calicatas de 1 m de profundidad. Donde se definieron horizontes de acuerdo a la textura del suelo, usando cilindros Uhland, se recolectó muestras para estimar la densidad aparente (ARÉVALO *et al.*, 2003). Además, se tomaron muestras en promedio de 500 g, que se enviaron a laboratorio para la cuantificación de carbono total y análisis complementario de textura y pH.

3.3.4. Determinación de la biomasa arbórea vegetal

La metodología seguida para el presente trabajo, corresponde a lo establecido por ARÉVALO *et al.* (2003).

3.3.4.1. Biomasa arbórea vegetal

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

$$\text{BAV (Kg/árbol)} = 0,1184 \times \text{dap}^{2,53}$$

Donde:

BAV = Biomasa arbórea vegetal

dap = Diámetro a la altura del pecho (cm)

0,1184 = Constante

2,53 = Constante

Luego, para calcular la cantidad de biomasa por hectárea, se sumó la biomasa de todos los árboles (BAV) medidos y registrados en todas las parcelas.

$$\text{BAVT (t/ha)} = \text{BAV} \times c$$

Donde:

BAVT = Biomasa arbórea vegetal total

BAV = Biomasa arbórea vegetal (Kg)

c = Factor de conversión a t/ha, equivalente a:

0,10 en transectos de 4 m x 25 m (para arboles de diámetros 2,5 cm – 30cm dap).

0,095 en transectos de 5 m x 21 m (para arboles de diámetros 2,5 cm – 30cm dap).

0,055 en transectos de 7 m x 26 m (para arboles de diámetros 2,5 cm – 30cm dap).

3.3.5. Cálculo del peso del volumen del suelo

Para calcular el peso del volumen del suelo por horizonte de muestreo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$PVs \text{ (t/ha)} = DA \times Ps \times 10000$$

Donde:

PVs = Peso del volumen del suelo

DA = Densidad aparente

Ps = Espesor o profundidad del horizonte del suelo (m)

10 000 = Constante

3.3.5.1. Densidad aparente del suelo

Para determinar la densidad aparente del suelo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$DA \text{ (g/cc)} = \text{PSN/VCH}$$

Donde:

DA = Densidad aparente

PSN = Peso seco del suelo dentro del cilindro

VCH = Volumen del cilindro (constante)

3.3.6. Cálculo del carbono total

Para determinar el carbono almacenado, se utilizó la siguiente ecuación:

$$CT \text{ (t/ha)} = \text{CBV} + \text{CS}$$

Donde:

CT = Carbono total del SUT

CBV = Carbono en la biomasa vegetal total

CS = Carbono en el suelo

3.3.6.1. Carbono en la biomasa vegetal

Para estimar la cantidad de carbono en la biomasa vegetal, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{CBV (t/ha)} = \text{BAVT} \times 0,45$$

Donde:

CBV = Carbono en la biomasa vegetal (t/ha)

BAVT = Biomasa arbórea vegetal total

0,45 = Constante

3.3.6.2. Carbono en el suelo

La cantidad de carbono almacenado en el suelo se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CS (t/ha)} = (\text{PVs} \times \%C) / 100$$

Donde:

CS = Carbono en el suelo (t/ha)

PVs = Peso del volumen del suelo

%C = Resultados de carbono analizados en laboratorio (%)

100 = Factor de conversión

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Biomasa vegetal aérea en plantaciones de *G. crinita* Martius “bolaina blanca”

En el Cuadro 6 y Figura 2 se muestran la biomasa acumulada en plantaciones disetáneas de *G. crinita* Martius “bolaina blanca”, determinándose que la plantación de 1 año de edad contiene una pequeña cantidad de biomasa con 2,62 t/ha. Mientras que, la plantación de 5 años de edad es la que posee mayor cantidad de biomasa aérea con 212,48 t/ha. DAZA (2008) al evaluar la biomasa aérea en bosques secundarios de 30 años de edad en Pucayacu, Huánuco comprobó que estos almacenan 479,45 t/ha. Asimismo, HERRERA *et al.* (2001) determinaron que bosques secundarios de 20 años de edad contienen 212,429 t/ha de biomasa aérea.

Por otro lado, en la Figura 2 se observa que el incremento de la biomasa vegetal es significativo entre los 2 y 4 años de edad. Lo cual permite inferir que los árboles conforme crecen acumulan grandes cantidades de biomasa. ACOSTA *et al.* (2002) afirman que cuando la producción primaria neta es positiva, la biomasa de las plantas del ecosistema va aumentando. Es lo que sucede, en un bosque joven en el que los árboles van creciendo y

aumentando su número. Cuando el bosque ha envejecido, sigue haciendo fotosíntesis pero toda la energía que recoge la emplea en la respiración, la producción neta se hace cero y la masa de vegetales del bosque ya no aumenta. ACOSTA *et al.* (2001) afirman que una vez que la vegetación se establece, el incremento de la biomasa dependerá principalmente de las condiciones edafológicas y climáticas que influirán en la tasa de rendimiento y dependiendo de la capacidad de respuesta que presentan las especies, será la capacidad de crecimiento y por lo tanto de captura de carbono. Por lo que, la estimación adecuada de la biomasa de un bosque, es un elemento de gran importancia debido a que esta permite determinar los montos de carbono y otros elementos químicos (HERNANDEZ, 2001).

Cuadro 6. Biomasa vegetal aérea en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".

| Sistema de Uso de la Tierra (SUT) | BAVT (t/ha) Promedio |
|---|-------------------------|
| – <i>G. Crinita</i> Martius "bolaina blanca" (1 año) | 2,62 |
| – <i>G. Crinita</i> Martius "bolaina blanca" (2 años) | 26,62 |
| – <i>G. Crinita</i> Martius "bolaina blanca" (4 años) | 191,17 |
| – <i>G. Crinita</i> Martius "bolaina blanca" (5 años) | 212,48 |

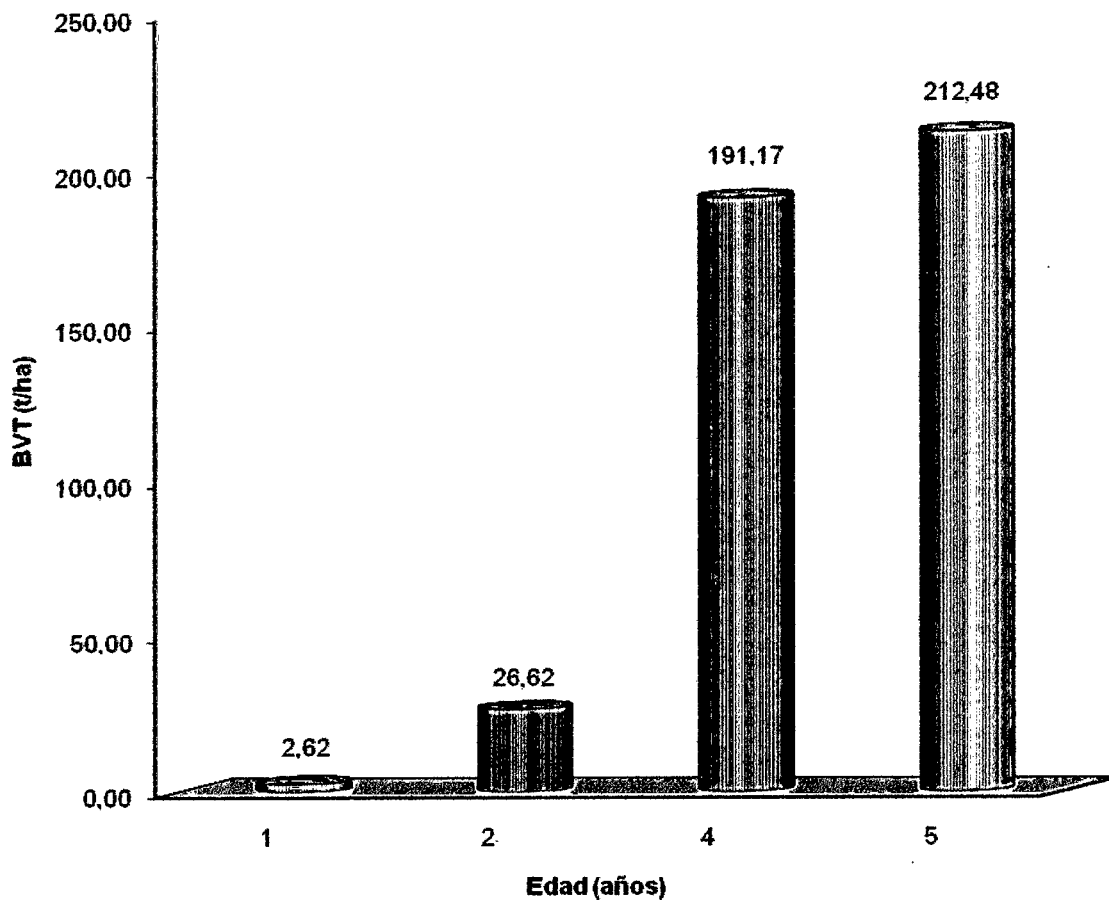


Figura 2. Biomasa vegetal aérea en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".

4.2. Carbono almacenado en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca"

El carbono almacenado por las plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca", en el sector La Cadena, son mostrados en el Cuadro 8 y Figura 3. Siendo la plantación de 5 años de edad la que contiene mayor cantidad de carbono retenido (95,62 t.C/ha). Por otro lado, la plantación de 1

año de edad almacena la menor cantidad de carbono (1,18 t.C/ha). Es decir, en las plantaciones o sistemas de mayor edad, el carbono almacenado tiende a incrementarse. Asimismo, los sistemas con mayor crecimiento e incremento de la biomasa presentan los valores más altos de acumulación de carbono; puesto que, los árboles al crecer, absorben carbono de la atmósfera y lo fijan en su madera. Por otro lado, LAPEYRE *et al.* (2004) manifiestan que el almacenamiento de carbono en los árboles es variado durante su desarrollo, puesto que está directamente relacionado con su crecimiento; donde aproximadamente el 50 % de la biomasa está formada por carbono.

Investigaciones realizadas por GONZALES (2007) afirman que una plantación de bolaina con pijuayo de 3 años de edad, en la zona de Tulumayo almacena 138,90 t.C/ha. Al respecto, LAPEYRE *et al.* (2004) y SALGADO (2004) señalan que el potencial de almacenamiento de carbono varía considerablemente dependiendo del tipo de especies, densidad de los árboles clima, condiciones de suelo y manejo silvicultural. Asimismo, ALEGRE *et al.* (2002) demuestran que la captura de carbono depende principalmente de las condiciones edafológicas y climáticas, además de la capacidad de respuesta que presenten las especies. Por otro lado, CALLO – CONCHA *et al.* (2001) manifiestan que los niveles de carbono presentan una alta dispersión entre zona, debido a la variabilidad innata de los sistemas y del suelo en que se desarrollan.

Cuadro 7. Carbono almacenado en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".

| Sistema de Uso de la Tierra (SUT) | Total (t/ha) Promedio |
|---|--------------------------|
| - <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (1 año) | 1,18 |
| - <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (2 años) | 11,98 |
| - <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (4 años) | 86,03 |
| - <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (5 años) | 95,62 |

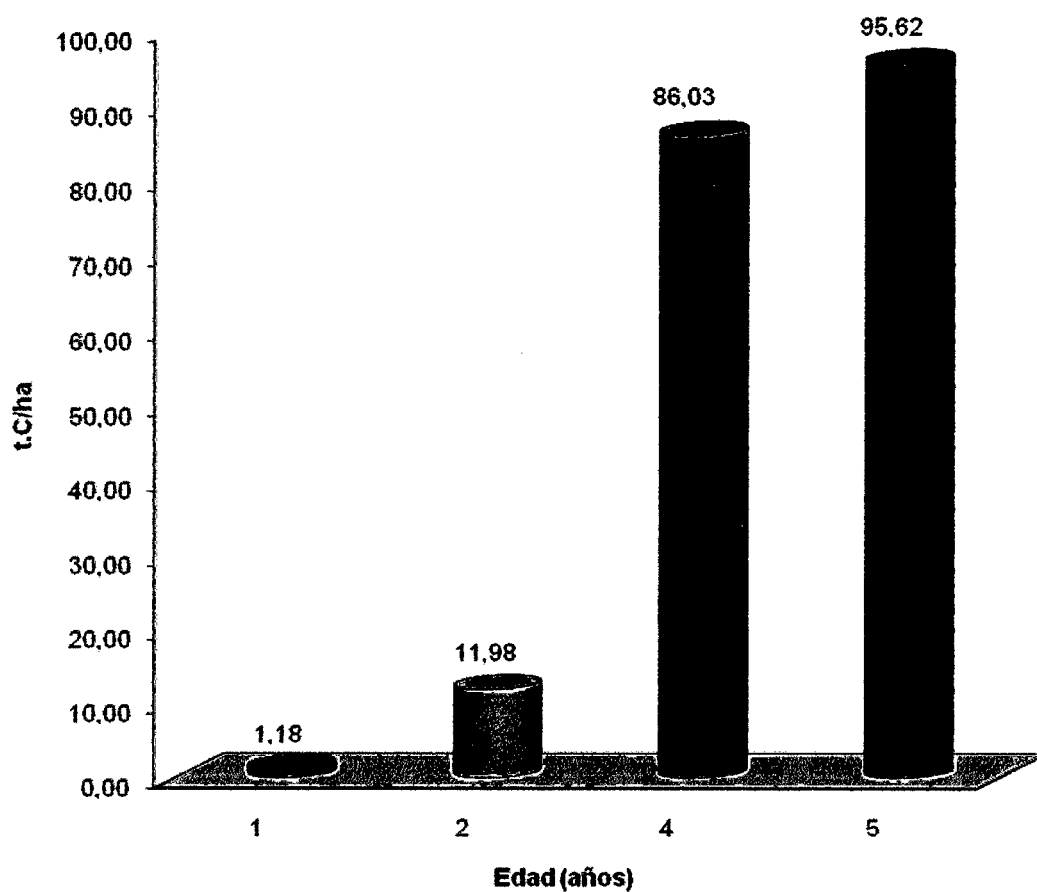


Figura 3. Carbono almacenado en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".

4.3. Carbono total almacenado en la biomasa vegetal y el suelo en plantaciones de *G. crinita* Martius “bolaina blanca”

En el Cuadro 8 y Figura 4 se muestra los resultados del carbono almacenado tanto en la biomasa vegetal y el suelo en plantaciones de *G. crinita* Martius “bolaina blanca”; siendo el carbono del suelo mayor que en la biomasa vegetal, incluso en las plantaciones de 5 años de edad 171,85 t.C/ha (CS) y 95,62 t.C/ha (CBV), respectivamente. CALLO – CONCHA *et al.* (2001) afirman que los ecosistemas de mayor edad almacenan más carbono en la biomasa vegetal; puesto que, suelen preservar individuos mayores y consecuentemente más robustos y por lo tanto se produce mayor acumulación de biomasa. De igual forma, ACOSTA *et al.* (2001) aseguran que los factores que están influyendo en la cantidad de carbono de la parte aérea son: la edad, la densidad, y la mezcla de especies ya sea a nivel herbáceo, arbustivo o arbóreo.

Sin embargo, los depósitos de carbono en el suelo se incrementan conforme plantaciones de *G. crinita* Martius “bolaina blanca” aumentan de edad; por lo que, CIFUENTES *et al.* (2004) encontraron un aumento de carbono en el suelo al aumentar la edad sucesional del bosque y la precipitación media anual; así como también depende significativamente del tipo y la intensidad del uso anterior de la tierra. De igual forma, ALEGRE *et al.* (2002) afirman que los depósitos de carbono del suelo varía grandemente entre zonas, incluso en sistemas de la misma edad. Según ASB (1999), el factor que modifica significativamente los contenidos de carbono, es la textura del suelo.

JANDI (2001) define que los suelos con alto contenido de arcilla (como las montmorillonitas), tienen la propiedad de estabilizar la materia orgánica, evitando su rápida descomposición y por lo tanto acumula por mayor tiempo el carbono, puesto que en capas arenosas, al igual que en capas con arcilla caolínica faltan sitios de absorción y es imposible la estabilización del carbono. KSTATE (2006) manifiesta que el color oscuro asociado con un suelo rico y fértil es en gran parte, una medida del contenido de carbono orgánico. Cuando el contenido de carbono orgánico del suelo disminuye, el color del suelo se aclara y refleja su contenido mineral. Asimismo, LOPEZ *et al.* (2002) explican que la concentración de carbono en el suelo se reduce con la profundidad, es decir, el porcentaje de carbono es mayor en el primer horizonte, luego disminuye progresivamente; lo que está vinculado con la acumulación de materia orgánica proveniente de la hojarasca y de las raíces de los árboles.

Cuadro 8. Relación del carbono almacenado en la biomasa vegetal y el suelo en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".

| Sistema de Uso de la Tierra (SUT) | CBV (t/ha) Promedio | CS (t/ha) Promedio | Total (t/ha) |
|---|------------------------|-----------------------|--------------|
| – <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (1 año) | 1,18 | 151,19 | 152,37 |
| – <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (2 años) | 11,98 | 167,17 | 179,15 |
| – <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (4 años) | 86,03 | 166,28 | 252,31 |
| – <i>G. crinita</i> Martius "bolaina blanca" (5 años) | 95,62 | 171,85 | 267,46 |

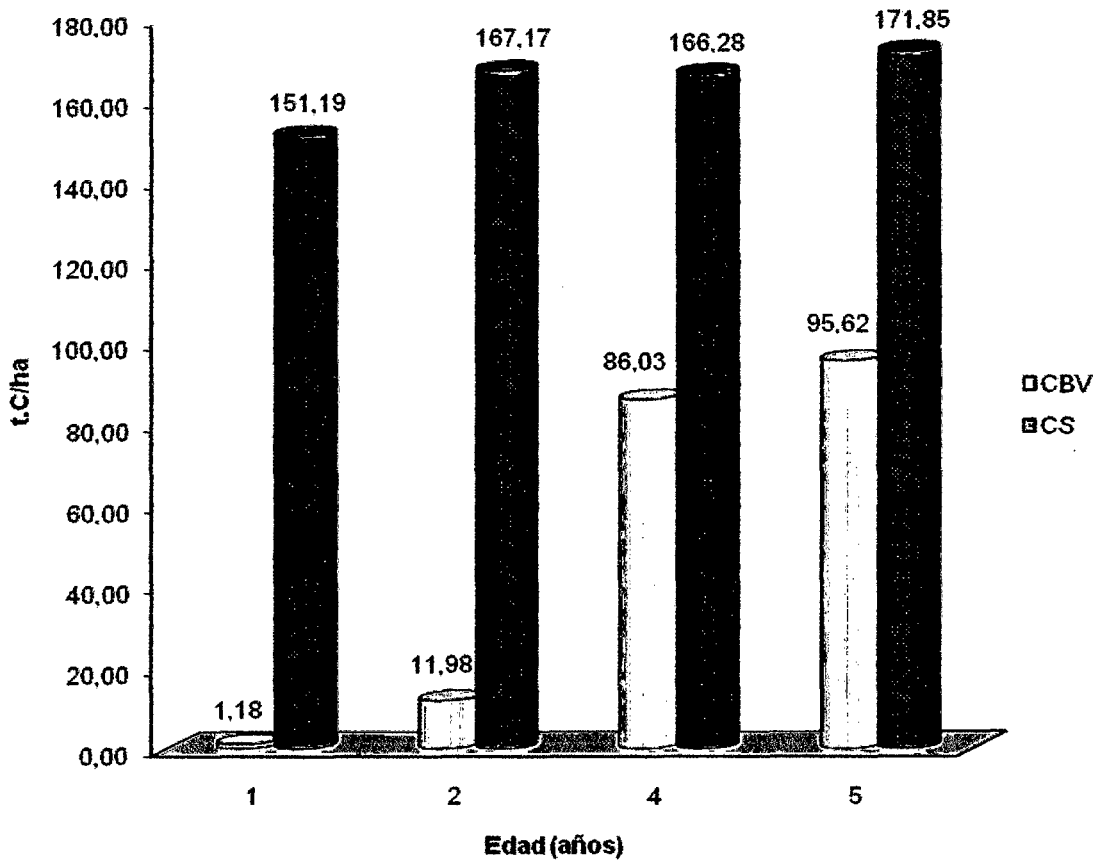


Figura 4. Relación del carbono almacenado en la biomasa vegetal y el suelo en plantaciones de *G. crinita* Martius "bolaina blanca".

V. CONCLUSIONES

1. La mayor biomasa vegetal aérea de *G. crinita* Martius “bolaina blanca”, fue 212,48 t/ha en plantaciones de 5 años y el de menor valor fue de 2,62 t/ha en plantaciones de 1 año.
2. El carbono almacenado de *G. crinita* Martius “bolaina blanca”, fue 95,62 t/ha en plantaciones de 5 años y el de menor valor fue de 1,18 t/ha en plantaciones de 1 año.
3. El carbono total almacenado en la biomasa vegetal y el suelo, fue de 267,46 t/ha en plantaciones de 5 años y el de menor valor fue de 152,37 t/ha en plantaciones de 1 año.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con este tipo de investigación, evaluando plantaciones de diferentes edades, de tal manera que permita determinar la dinámica real del carbono en la biomasa vegetal y el suelo.
2. Realizar estudios comparativos en otras zonas, evaluando diferentes especies forestales que permitan elaborar una propuesta para incentivar la reforestación en la amazonía, con especies que presenten mayor potencial para el secuestro de carbono.
3. Desarrollar ecuaciones alométricas priorizando las especies utilizadas en la reforestación y el manejo de bosques, para que permita obtener cálculos más exactos del carbono almacenado.

XII. ABSTRACT

Research aims to estimate the carbon stored in biomass and soil, plantations distains of *Guazuma crinita* Martius (bolaina blanca), in sector of Cadena, causerie Santa Rosa de Shapajilla, district Iyando, province of Leoncio Prado, Huánuco . Plantations were evaluated 1, 2, 3, and 5 years of age. For the determination of biomass and carbon stocks methodology described by AREVALO et al. (2003), was used.

Results determined that the planting of *G. crinita* Martius (bolaina blanca), which 1 year of age has a small amount of biomass (2.62 t/ha), which planting of five years of age is the one with largest amount of biomass (212.48 t/ha). Also, the carbon stored in the planting of five years is 96.62 tc / ha and 1.18 tc /ha in the planting of one years of age, being the largest soil carbon in plant biomass in all plantations evaluated.

KEY WORDS: Bolaina blanca, plant biomass, carbon storage.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, M., VARGAS, H., VELASQUEZ, M., ETCHEVERS, B. 2002. Estimación de la biomasa aérea mediante el uso de relaciones alométricas en seis especies arbóreas en Oaxaca México. 36p.
- ACOSTA, M., QUEDNOW, K., ETCHEVERS, J., MONREAL, C. 2001. Un Método para la medición del carbono almacenado en la parte aérea de sistemas con vegetación natural e inducida en terrenos de ladera en México. INFAP. Colegio de Postgraduados, México. In: Simposio internacional medición y monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales (18 al 20 de Octubre, 2001, Valdivia, Chile).
- ALEGRE, J., ARÉVALO, L., RICSE, R. 2002. Reservas de carbono con diferentes sistemas de uso de la tierra en dos sitios de la Amazonia Peruana. ICRAF/INIA. Perú. [En línea]: Virtual centre, (<http://www.virtualcentre.org/es/ele/conferencia2/vbconfe7.htm>, 11 Oct. 2009).
- ANDINA. 2009. Perú conserva el 90% de sus bosques amazónicos pese a deforestación. [En línea]: ANDINA, (<http://www.andina.com.pe/espanol/Noticia.aspx?id=9T/WH7Wa0U>, 13 Nov. 2009).

- ARÉVALO, L., ALEGRE J., PALM, CH. 2003. *Manual de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú*. Publicación de STC/CGIAR/Ministerio de agricultura. Pucallpa, Perú. 24p.
- ASB. 2005. *Alternatives to Slash and burn in Peru .Summary Report and Synthesis of Phase I*. Edited: D Whites, Velarde S., Alegre J., and Tomich T. ASB programme ICRAF. 25p.
- ASB. 1999. *Climate Change Working Group Final Report, Phase I. Carbon Sequestration and Trace Gas Emissions in Slash and Burn and Alternative Land Uses in the Humid Tropics*. Nairobi, Kenya. 35 p.
- BOUKHARI, S. 2000. *Bosques y clima: Intereses en juego*. [En línea]: UNESCO, (<http://www.unesco.org/courier/199912/sp/planete/txt1.htm>, 22 Nov. 2009).
- CALLO – CONCHA, D., CRISHNAMURTHY, L., ALEGRE, J. 2001. *Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF y testigos, en tres pisos ecológicos de la Amazonía del Perú*. Simposio internacional monitoreo de la captura de carbono en ecosistemas forestales del 18 al 20 de octubre del 2001. Valdivia, Chile. 23p.
- CASTRO, R. 2005. *El Mercado del carbono: Los bosques, la mejor opción*. [En línea]: CDM, (www.cdmcentral.com, 15 Nov. 2009).

- CHIDIK, M., MOREYRA A., GRECO C. 2006. *Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia Argentina: Sinergias y Desafíos*. CENIT-CEPAL-UDESA. LC/BUE/R.255. Buenos Aires, Argentina. 136p.
- CIFUENTES, M., JOBSE, J., WATSON, V., KAUFMAN, B. 2004. *Determinación de carbono total en suelos de diferentes tipo de uso de tierra a lo largo de una gradiente climática en Costa Rica*. Centro Científico Tropical. Costa Rica. p.7-10.
- CONAM. 2006. *Primera Comunicación Nacional del Perú para la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Lima. 25p.
- CONCHA, J. Y., ALEGRE, J. C., POCOMUCHA, V. 2007. *Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el Departamento de San Martín, Perú*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Perú). *Ecología Aplicada*, 6(1,2). 8p.
- COTO, O., MORERA, L. 2004. *Cambio Climático: "Capacidades técnicas existentes y actividades relacionadas con el mecanismo de desarrollo limpio (MDL) en los Países de América Latina y El Caribe"*. Proyecto: Cambio Climático. OLADE/ACDI/Universidad de Calgary. 182p.
- DAZA, M. I. 2008. *Estimación de carbono aéreo en bosque secundario, Pucayacu, Huánuco*. Tesis para optar el título de Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 62p.

FONAM. 2007. Portafolio de proyectos peruanos en el mecanismo de desarrollo en limpio. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/mdl/portafolio.php>, 15 Nov. 2009).

_____. 2006. El Cambio Climático. [En línea]: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/cambio.asp>, 22 Nov. 2009).

_____. 2005. Boletín C02 Comercio. Dedicado a informar sobre las oportunidades del mercado de carbono. FONAM/CONAM/Embajada de los Países Bajos/. [En línea]: FONAM, (http://www.fonamperu.org/general/mdl/documentos/_guia%20MDL.pdf, 22 Nov. 2009).

_____. 2004. El Mecanismo de Desarrollo Limpio: Guía práctica para desarrolladores de proyectos. PROCLIM - MDL. [En línea]: FONAM, (www.fonamperu.org, 15 Nov. 2009).

GONZALES, M. M. 2007. Capacidad de captura de carbono en distintos sistemas de uso de la tierra, en el campo experimental de Tulumayo, Leoncio Prado. Tesis para optar el título de Ing. Recursos Naturales Renovables. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 91p.

HELLER, T., SHUKLA, P. 2003. Development and Climate. Beyond Kyoto: Advancing the International Effort against Climate Change. (Working Draft). Washington: Pew Center. [En línea]: Fundación sustentable, (<http://www.fundacionsustentable.org/contentid-45.html>, 24 Set. 2009).

- HERNANDEZ, L. 2001. Densidad de biomasa aérea en bosques extensos del neotrópico húmedo. México. 115p.
- HERRERA, M., DEL VALLE, J., ORREGO, S. 2001. Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques tropicales primarios y secundarios de Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 45p.
- HOLDRIDGE, L. 1974. Ecología de las zonas de vida IICA. San José De Costa Rica 216p.
- ICRAF. 2002. Secuestro de carbono en ecosistemas alternativos en el Perú. Presentación en el IV Congreso Brasileiro de sistemas agroforestales Ilhéus, Bahía 21-26 Octubre 2002.
- IPCC. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Technical Summary. Cambridge: WMO-UNEP. Cambridge University Press. [En línea]: INE, (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/437/arvizu.html>, 22 Nov. 2009).
- IPARRAGUIRRE, L. 2000. Ecología. Universidad Nacional Federico Villareal. Lima. 34p.
- JANDI, R. 2001. Medición de tenencias en el tiempo del almacenamiento de carbono del suelo. Centro de Investigación Forestal. Viena, Austria. 48p.

- KSTATE. 2006. *El Carbono orgánico del suelo y el ciclo global del carbono*. Kansas State University y Agricultural Experiment Station and Cooperative Extensión Service. Carbon series. Departamento of Agronomy. [En línea]: OZNET, (<http://www.oznet.ksu.edu>, 22 Nov. 2009).
- LAPEYRE, T. ALEGRE, J., AREVALO, L. 2004. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea, en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*. Volumen 3. Número 1 - 2. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 44p.
- LOGUERCIO, G. 2005. Cambio Climático: El Rol de los bosques como sumideros de carbono. Secretaría Académica - CIEFAP. [En línea]: CIEFAP, (www.ciefap.org.ar/novedades/notas/nota1/default.html, 15 Nov. 2009).
- LOPEZ, A., SCHLÖNVOIGT, A., IBRAHIM, M., KLEINN, C., KANNINEN, M. 2002. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona atlántica de Costa Rica. *Revista Agroforestería en las Américas*. Costa Rica. 95p.
- MARQUEZ, T. 2005. Cálculo de biomasa y captura de carbono en cuatro sistemas agroforestales de café con sombra, en Tarapoto. Informe de prácticas preprofesionales. Fac. Recursos Naturales Renovables: mención Forestales. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 66p.

- NEUENSCHWANDER, A. 2005. Oportunidades y restricciones para proyectos de forestación campesina en el marco del mecanismo de desarrollo limpio: Análisis de un caso en la VII Región. El Mercado del carbono: oportunidades para Chile. Prochile, CONAMA, Universidad de Talca. Chile. 45p.
- NORBERTO, C. 2006. Metodologías para el análisis costo-beneficio de usos del suelo y fijación de carbono en sistemas forestales para el mecanismo de desarrollo limpio. Proyecto Forestal de Desarrollo (SAGPyA/BIRF). Buenos Aires, Argentina. 20p.
- NOVOA, R., GONZALES, S., ROJA ARVIZU, J., L. 2005. Registro histórico de los principales países emisores. Instituto Nacional de Ecología. [En línea]: INE, (<http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/437/arvizu.html>), 25 Oct. 2009)
- FAO. 2005. Proyectos forestales de fijación de carbono. [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/docrep/006/j2053s/j2053s09.html>), 16 Nov. 2009).
- SALGADO, L. 2004. El Mecanismo de desarrollo limpio en actividades de uso de la tierra, cambio de uso y forestería (LULUCF) y su potencial en la Región Latinoamericana. División de desarrollo sostenible y asentamientos humanos. CEPAL - SERIE Medio ambiente y desarrollo. Santiago de Chile. 84p.

ULLOA, G. 2006. *Protocolo de Kyoto y el Mecanismo de desarrollo limpio en Bolivia*. Ministerio de Desarrollo Sostenible. Viceministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Bolivia. 46p.

UNFCCC. 2004. Designated Operational Entity (DOE). [En línea]: CDM, (<http://cdm.unfccc.int/DOE/list>, 21 Oct. 2009).

UNFCCC. 1998. El Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Unidas sobre el cambio climático. PNUMA. [En línea]: UNFCCC, (<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>, 10 Oct. 2009).

VIDAL, M. 2007. Si perdemos los bosques, perdemos la lucha contra el cambio climático”: La Deforestación es la segunda causa de emisiones de CO2, por encima del transporte. Londres. [En línea]: Global canopy, (<http://www.globalcanopy.org/vivocarbon/ForestsFirst.pdf>, 15 Nov. 2009).

IX. ANEXOS

ANEXO 1

Cuadro 9. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 1 año de edad**DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA ARBOREA**

PARCELA O TRANSECTO 1: 7 m x 26 m

PROPIETARIO:

UBICACIÓN (UTM): 390691 E 8982508 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|---------------|-------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 3,67 | | 3,18 | 0,17 | 0,055 |
| 2 | Bolaina | 5,75 | | 9,89 | 0,54 | |
| 3 | Bolaina | 2,63 | | 1,37 | 0,08 | |
| 4 | Bolaina | 5,91 | | 10,60 | 0,58 | |
| 5 | Bolaina | 1,62 | | 0,40 | 0,02 | |
| 6 | Bolaina | 3,82 | | 3,52 | 0,19 | |
| 7 | Bolaina | 4,85 | | 6,43 | 0,35 | |
| 8 | Bolaina | 4,63 | | 5,72 | 0,31 | |
| 9 | Bolaina | 5,33 | | 8,17 | 0,45 | |
| 10 | Bolaina | 5,32 | | 8,13 | 0,45 | |
| 11 | Bolaina | 4,37 | | 4,94 | 0,27 | |
| 12 | Bolaina | 3,08 | | 2,04 | 0,11 | |
| TOTAL | | | | 64,38 | 3,54 | |

PARCELA O TRANSECTO 2: 7 m x 26 m

PROPIETARIO:

UBICACIÓN (UTM): 390617 E 8981491 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|---------------|-------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 3,14 | | 2,14 | 0,12 | 0,055 |
| 2 | Bolaina | 2,79 | | 1,59 | 0,09 | |
| 3 | Bolaina | 3,60 | | 3,03 | 0,17 | |
| 4 | Bolaina | 2,35 | | 1,03 | 0,06 | |
| 5 | Bolaina | 1,53 | | 0,35 | 0,02 | |
| 6 | Bolaina | 1,82 | | 0,54 | 0,03 | |
| 7 | Bolaina | 2,44 | | 1,13 | 0,06 | |
| 8 | Bolaina | 3,26 | | 2,35 | 0,13 | |
| 9 | Bolaina | 1,52 | | 0,34 | 0,02 | |
| 10 | Bolaina | 5,26 | | 7,90 | 0,43 | |
| 11 | Bolaina | 4,74 | | 6,07 | 0,33 | |
| 12 | Bolaina | 4,22 | | 4,52 | 0,25 | |
| TOTAL | | | | 30,98 | 1,70 | |

Cuadro 10. Determinación del carbono orgánico en el suelo con *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 1 año de edad

| TRANS | CALICATA | PROF (cm) | Ps (m) | VCH (cc) | PSN (g) | DA (g/cc) | PVs (t/ha) | C % | CS (t/ha) | PROM/TRAN |
|-----------------|----------|-----------|--------|----------|---------|-----------|------------|------|-----------|---------------|
| 1 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 75,01 | 0,76 | 759,21 | 3,40 | 25,81 | 132,96 |
| 1 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 61,79 | 0,63 | 625,40 | 2,60 | 16,26 | |
| 1 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 65,30 | 0,66 | 1321,86 | 2,40 | 31,72 | |
| 1 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 81,18 | 0,82 | 4929,96 | 1,20 | 59,16 | |
| 2 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 99,24 | 1,00 | 1004,45 | 2,80 | 28,12 | 169,42 |
| 2 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 57,50 | 0,58 | 581,98 | 2,30 | 13,39 | |
| 2 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 88,80 | 0,90 | 1797,57 | 2,10 | 37,75 | |
| 2 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 82,48 | 0,83 | 5008,91 | 1,80 | 90,16 | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 151,19 |

Cuadro 11. Carbono total almacenado de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 1 año de edad

| TRANSECTO | BVT (t/ha) | CBVT (t/ha) | CS(t/ha) | CARBONO TOTAL (t/ha) |
|-----------------|-------------|-------------|---------------|----------------------|
| 1 | 3,54 | 1,59 | 132,96 | 134,55 |
| 2 | 1,70 | 0,77 | 169,42 | 170,19 |
| PROMEDIO | 2,62 | 1,18 | 151,19 | 152,37 |

Cuadro 12. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 2 años de edad

DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 5 m x 21 m

PROPIETARIO:

UBICACIÓN (UTM): 390557 E 8982502 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|---------------|--------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 8,00 | 5,00 | 22,81 | 2,17 | 0,095 |
| 2 | Bolaina | 10,90 | 5,50 | 49,89 | 4,75 | |
| 3 | Bolaina | 9,60 | 6,00 | 36,18 | 3,45 | |
| 4 | Bolaina | 7,80 | 6,00 | 21,40 | 2,04 | |
| 5 | Bolaina | 9,55 | 5,50 | 35,71 | 3,40 | |
| 6 | Bolaina | 10,39 | 7,00 | 44,20 | 4,21 | |
| 7 | Bolaina | 5,84 | 6,00 | 10,29 | 0,98 | |
| 8 | Bolaina | 3,55 | 6,00 | 2,92 | 0,28 | |
| 9 | Bolaina | 11,00 | 6,50 | 51,06 | 4,86 | |
| 10 | Bolaina | 10,56 | 5,00 | 46,05 | 4,39 | |
| 11 | Bolaina | 10,10 | 6,00 | 41,14 | 3,92 | |
| 12 | Bolaina | 9,70 | 6,00 | 37,14 | 3,54 | |
| TOTAL | | | | 398,79 | 37,98 | |

PARCELA O TRANSECTO 2: 5 m x 21 m
 PROPIETARIO:
 UBICACIÓN (UTM): 390485 E 8982448 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|-------|---------|----------|--------|---------------|-----------|-----------|
| 1 | Bolaina | 7,15 | 6,00 | 17,17 | 1,64 | 0,095 |
| 2 | Bolaina | 6,65 | 6,50 | 14,29 | 1,36 | |
| 3 | Bolaina | 4,10 | 6,00 | 4,20 | 0,40 | |
| 4 | Bolaina | 2,10 | 6,00 | 0,77 | 0,07 | |
| 5 | Bolaina | 4,00 | 5,50 | 3,95 | 0,38 | |
| 6 | Bolaina | 6,67 | 6,00 | 14,40 | 1,37 | |
| 7 | Bolaina | 9,10 | 7,00 | 31,60 | 3,01 | |
| 8 | Bolaina | 6,13 | 7,00 | 11,63 | 1,11 | |
| 9 | Bolaina | 3,10 | 6,00 | 2,07 | 0,20 | |
| 10 | Bolaina | 4,68 | 6,00 | 5,88 | 0,56 | |
| 11 | Bolaina | 6,80 | 6,50 | 15,12 | 1,44 | |
| 12 | Bolaina | 9,90 | 7,00 | 39,11 | 3,72 | |
| TOTAL | | | | 160,21 | 15,26 | |

Cuadro 13. Determinación del carbono orgánico en el suelo con *G. crinita*
 Martius "bolaina blanca" de 2 años de edad

| TRANS | CALICATA | PROF (cm) | Ps (m) | VCH (cc) | PSN (g) | DA (g/cc) | PVs (t/ha) | C % | CS (t/ha) | PROM/TRAN |
|----------|----------|-----------|--------|----------|---------|-----------|------------|------|-----------|-----------|
| 1 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 94,83 | 0,96 | 959,82 | 3,40 | 32,63 | 183,01 |
| 1 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 99,18 | 1,00 | 1003,85 | 2,90 | 29,11 | |
| 1 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 79,76 | 0,81 | 1614,57 | 2,40 | 38,75 | |
| 1 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 84,92 | 0,86 | 5157,09 | 1,60 | 82,51 | |
| 2 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 91,00 | 0,92 | 921,05 | 2,90 | 26,71 | 151,33 |
| 2 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 88,35 | 0,89 | 894,23 | 2,80 | 25,04 | |
| 2 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 67,47 | 0,68 | 1365,79 | 1,80 | 24,58 | |
| 2 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 72,64 | 0,74 | 4411,34 | 1,70 | 74,99 | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 167,17 |

Cuadro 14. Determinación del carbono total almacenado de *G. crinita* Martius
 "bolaina blanca" de 2 años de edad

| TRANSECTO | BVT (t/ha) | CBVT (t/ha) | CS (t/ha) | CARBONO TOTAL (t/ha) |
|-----------|------------|-------------|-----------|----------------------|
| 1 | 37,98 | 17,09 | 183,01 | 200,10 |
| 2 | 15,26 | 6,87 | 151,33 | 158,19 |
| PROMEDIO | 26,62 | 11,98 | 167,17 | 179,15 |

Cuadro 15. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 4 años de edad

DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 4 m x 25 m

PROPIETARIO:

UBICACIÓN (UTM): 390990 E 8982120 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|----------------|---------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 16,50 | 14,00 | 142,42 | 14,24 | 0,1 |
| 2 | Bolaina | 16,99 | 14,50 | 153,37 | 15,34 | |
| 3 | Bolaina | 16,98 | 15,00 | 153,14 | 15,31 | |
| 4 | Bolaina | 18,99 | 15,00 | 203,24 | 20,32 | |
| 5 | Bolaina | 18,98 | 14,00 | 202,97 | 20,30 | |
| 6 | Bolaina | 17,40 | 13,00 | 162,91 | 16,29 | |
| 7 | Bolaina | 16,80 | 14,00 | 149,07 | 14,91 | |
| 8 | Bolaina | 15,50 | 14,00 | 121,59 | 12,16 | |
| 9 | Bolaina | 13,80 | 13,00 | 90,62 | 9,06 | |
| 10 | Bolaina | 18,70 | 13,00 | 195,48 | 19,55 | |
| 11 | Bolaina | 17,90 | 15,00 | 175,01 | 17,50 | |
| 12 | Bolaina | 15,20 | 13,00 | 115,72 | 11,57 | |
| TOTAL | | | | 1865,56 | 186,56 | |

PARCELA O TRANSECTO 2: 4 m x 25 m

PROPIETARIO:

UBICACIÓN (UTM): 390964 E 8982070 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|----------------|---------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 17,50 | 13,00 | 165,29 | 16,53 | 0,1 |
| 2 | Bolaina | 16,50 | 13,00 | 142,42 | 14,24 | |
| 3 | Bolaina | 15,67 | 13,00 | 124,99 | 12,50 | |
| 4 | Bolaina | 18,10 | 14,00 | 180,00 | 18,00 | |
| 5 | Bolaina | 19,00 | 13,00 | 203,52 | 20,35 | |
| 6 | Bolaina | 18,30 | 13,00 | 185,08 | 18,51 | |
| 7 | Bolaina | 19,10 | 15,00 | 206,24 | 20,62 | |
| 8 | Bolaina | 18,50 | 14,00 | 190,24 | 19,02 | |
| 9 | Bolaina | 14,50 | 14,00 | 102,71 | 10,27 | |
| 10 | Bolaina | 14,10 | 14,00 | 95,69 | 9,57 | |
| 11 | Bolaina | 16,20 | 13,00 | 135,96 | 13,60 | |
| 12 | Bolaina | 19,79 | 13,50 | 225,61 | 22,56 | |
| TOTAL | | | | 1957,75 | 195,77 | |

Cuadro 16. Determinación del carbono orgánico en el suelo con *G. crinita*
Martius "bolaina blanca" de 4 años de edad

| TRANS | CALICATA | PROF (cm) | Ps (m) | VCH (cc) | PSN (g) | DA (g/cc) | PVs (t/ha) | C % | CS (t/ha) | PROM/ TRAN |
|-----------------|----------|--------------|-----------|-------------|------------|--------------|---------------|--------|--------------|---------------|
| 1 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 92,63 | 0,94 | 937,55 | 3,50 | 32,81 | 164,49 |
| 1 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 76,85 | 0,78 | 777,83 | 2,90 | 22,56 | |
| 1 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 84,71 | 0,86 | 1714,78 | 2,90 | 49,73 | |
| 1 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 57,53 | 0,58 | 3493,72 | 1,70 | 59,39 | |
| 2 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 83,68 | 0,85 | 846,96 | 4,70 | 39,81 | 168,06 |
| 2 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 92,06 | 0,93 | 931,78 | 3,00 | 27,95 | |
| 2 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 98,57 | 1,00 | 1995,34 | 3,20 | 63,85 | |
| 2 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 61,87 | 0,63 | 3757,29 | 0,97 | 36,45 | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 166,28 |

Cuadro 17. Determinación del carbono total almacenado de *G. crinita* Martius
"bolaina blanca" de 4 años de edad

| TRANSECTO | BVT (t/ha) | CBVT (t/ha) | CS (t/ha) | CARBONO TOTAL (t/ha) |
|-----------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|
| 1 | 186,56 | 83,95 | 164,49 | 248,44 |
| 2 | 195,77 | 88,10 | 168,06 | 256,16 |
| PROMEDIO | 191,17 | 86,02 | 166,28 | 252,30 |

Cuadro 18. Determinación de la biomasa y carbono almacenado en plantación
de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 5 años de edad

DETERMINACIÓN DE LA BIOMASA ARBOREA

PARCELA O TRANSECTO 1: 5 m x 21 m

PROPIETARIO:

UBICACIÓN (UTM): 390807 E 8982056 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|----------------|---------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 17,65 | 15,00 | 168,89 | 16,89 | 0,1 |
| 2 | Bolaina | 15,10 | 15,00 | 113,81 | 11,38 | |
| 3 | Bolaina | 18,65 | 14,00 | 194,16 | 19,42 | |
| 4 | Bolaina | 17,70 | 16,00 | 170,11 | 17,01 | |
| 5 | Bolaina | 19,10 | 16,00 | 206,24 | 20,62 | |
| 6 | Bolaina | 19,90 | 16,00 | 228,80 | 22,88 | |
| 7 | Bolaina | 19,20 | 16,00 | 208,98 | 20,90 | |
| 8 | Bolaina | 19,50 | 15,00 | 217,34 | 21,73 | |
| 9 | Bolaina | 20,00 | 15,00 | 231,72 | 23,17 | |
| 10 | Bolaina | 21,50 | 16,00 | 278,24 | 27,82 | |
| 11 | Bolaina | 18,00 | 14,00 | 177,50 | 17,75 | |
| 12 | Bolaina | 18,00 | 15,00 | 177,50 | 17,75 | |
| TOTAL | | | | 2373,28 | 237,33 | |

PARCELA O TRANSECTO 2: 5 m x 21 m
 PROPIETARIO:
 UBICACIÓN (UTM): 390738 E 8982007 N

| Nº | Especie | DAP (cm) | Ht (m) | BA (Kg/árbol) | BA (t/ha) | FC (t/ha) |
|--------------|---------|----------|--------|----------------|---------------|-----------|
| 1 | Bolaina | 19,50 | 16,00 | 217,34 | 21,73 | 0,1 |
| 2 | Bolaina | 12,40 | 16,00 | 69,14 | 6,91 | |
| 3 | Bolaina | 18,15 | 16,00 | 181,26 | 18,13 | |
| 4 | Bolaina | 15,85 | 15,00 | 128,65 | 12,87 | |
| 5 | Bolaina | 17,00 | 15,00 | 153,60 | 15,36 | |
| 6 | Bolaina | 19,00 | 16,00 | 203,52 | 20,35 | |
| 7 | Bolaina | 16,15 | 14,00 | 134,91 | 13,49 | |
| 8 | Bolaina | 16,25 | 15,00 | 137,03 | 13,70 | |
| 9 | Bolaina | 17,25 | 14,00 | 159,38 | 15,94 | |
| 10 | Bolaina | 15,70 | 14,00 | 125,60 | 12,56 | |
| 11 | Bolaina | 16,65 | 16,00 | 145,72 | 14,57 | |
| 12 | Bolaina | 19,60 | 16,00 | 220,17 | 22,02 | |
| TOTAL | | | | 1876,31 | 187,63 | |

Cuadro 19. Determinación del carbono orgánico en el suelo con *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 5 años de edad

| TRANS | CALICATA | PROF (cm) | Ps (m) | VCH (cc) | PSN (g) | DA (g/cc) | PVs (t/ha) | C % | CS (t/ha) | PROM/TRAN |
|-----------------|----------|-----------|--------|----------|---------|-----------|------------|------|-----------|---------------|
| 1 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 84,79 | 0,86 | 858,20 | 4,00 | 34,33 | 209,20 |
| 1 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 90,94 | 0,92 | 920,45 | 3,20 | 29,45 | |
| 1 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 59,89 | 0,61 | 1212,35 | 2,60 | 31,52 | |
| 1 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 98,71 | 1,00 | 5994,53 | 1,90 | 113,90 | |
| 2 | 1 | 0 - 10 | 0,10 | 98,80 | 81,98 | 0,83 | 829,76 | 4,50 | 37,34 | 134,49 |
| 2 | 1 | 10 - 20 | 0,10 | 98,80 | 62,43 | 0,63 | 631,88 | 2,90 | 18,32 | |
| 2 | 1 | 20 - 40 | 0,20 | 98,80 | 86,42 | 0,87 | 1749,39 | 1,80 | 31,49 | |
| 2 | 1 | 40 - 100 | 0,60 | 98,80 | 64,96 | 0,66 | 3944,94 | 1,20 | 47,34 | |
| PROMEDIO | | | | | | | | | | 171,85 |

Cuadro 20. Determinación del carbono total almacenado de *G. crinita* Martius "bolaina blanca" de 5 años de edad

| TRANSECTO | BVT (t/ha) | CBVT (t/ha) | CS (t/ha) | CARBONO TOTAL (t/ha) |
|-----------------|---------------|--------------|---------------|----------------------|
| 1 | 237,33 | 106,80 | 209,20 | 316,00 |
| 2 | 187,63 | 84,43 | 134,49 | 218,93 |
| PROMEDIO | 212,48 | 95,62 | 171,85 | 267,46 |

ANEXO 2



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo Maria

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
Av. Universitaria s/n Telef. (064) 562341 Anexo 283 Fax (064) 561156 Apto. 156



"AÑO DE LAS CUMBRES MUNDIALES EN EL PERU"

ANALISIS DE SUELOS DE *Guazuma crinita* "Bolaina" DE CUATRO EDADES
DIFERENTES (1,2,4,5 AÑOS)

SOLICITANTE : kerenssky Anaya Pinedo.
LUGAR : T.M
FECHA : 15-05-2008

| Calicata N°1 (1 Año) | | | | Calicata N°2 (1 Año) | | | |
|-----------------------|--------|------------------|------|-----------------------|--------|------------------|------|
| N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C | N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C |
| 1 | 55 | 0 - 10 | 3,40 | 1 | 421 | 0 - 10 | 2,80 |
| 2 | 21 | 10 - 20 | 2,60 | 2 | 81 | 10 - 20 | 2,30 |
| 3 | 78 | 20 - 40 | 2,40 | 3 | 70 | 20 - 40 | 2,10 |
| 4 | 49 | 40 - 100 | 1,20 | 4 | 69 | 40 - 100 | 1,80 |
| Calicata N°1 (2 Años) | | | | Calicata N°2 (2 Años) | | | |
| N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C | N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C |
| 1 | 59 | 0 - 10 | 3,40 | 1 | 15 | 0 - 10 | 2,90 |
| 2 | 41 | 10 - 20 | 2,90 | 2 | 93 | 10 - 20 | 2,80 |
| 3 | 53 | 20 - 40 | 2,40 | 3 | 35 | 20 - 40 | 1,80 |
| 4 | 871 | 40 - 100 | 1,60 | 4 | 52 | 40 - 100 | 1,70 |
| Calicata N°1 (4 Años) | | | | Calicata N°2 (4 Años) | | | |
| N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C | N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C |
| 1 | 281 | 0 - 10 | 3,50 | 1 | 61 | 0 - 10 | 4,70 |
| 2 | 31 | 10 - 20 | 2,90 | 2 | 42 | 10 - 20 | 3,00 |
| 3 | 161 | 20 - 40 | 2,90 | 3 | 87 | 20 - 40 | 3,20 |
| 4 | 111 | 40 - 100 | 1,70 | 4 | 94 | 40 - 100 | 0,97 |
| Calicata N°1 (5 Años) | | | | Calicata N°2 (5 Años) | | | |
| N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C | N° | N° Cil | Profundidad (cm) | % C |
| 1 | 91 | 0 - 10 | 4,00 | 1 | 96 | 0 - 10 | 4,50 |
| 2 | 83 | 10 - 20 | 3,20 | 2 | 84 | 10 - 20 | 2,90 |
| 3 | 11 | 20 - 40 | 2,60 | 3 | 63 | 20 - 40 | 1,80 |
| 4 | 60 | 40 - 100 | 1,90 | 4 | 46 | 40 - 100 | 1,20 |

Nota: Muestras Proporcionadas por el interesado.



ANEXO 3

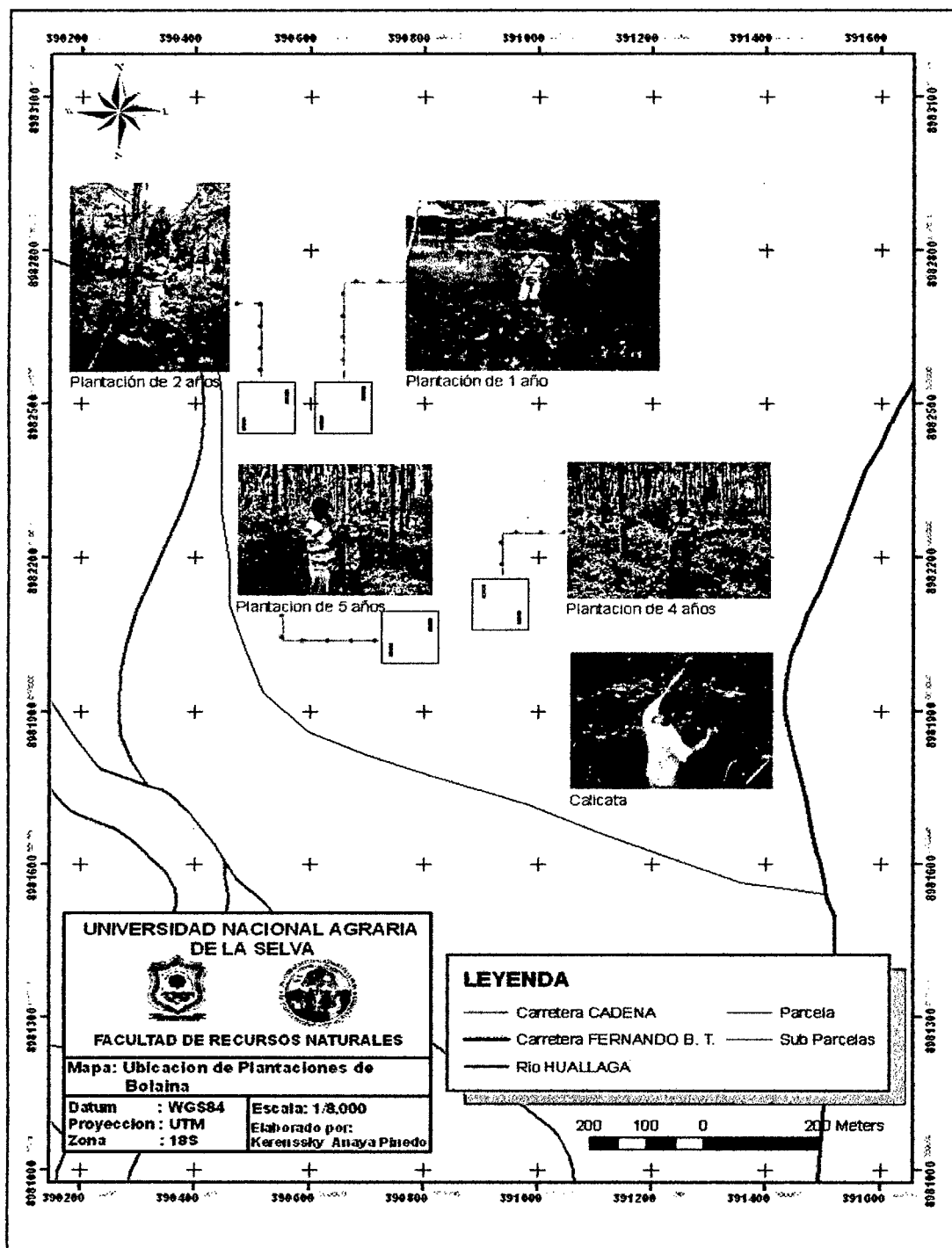


Figura 5. Mapa de ubicación de las parcelas en evaluación.

ANEXO 4



Figura 6. Limpieza de los transectos

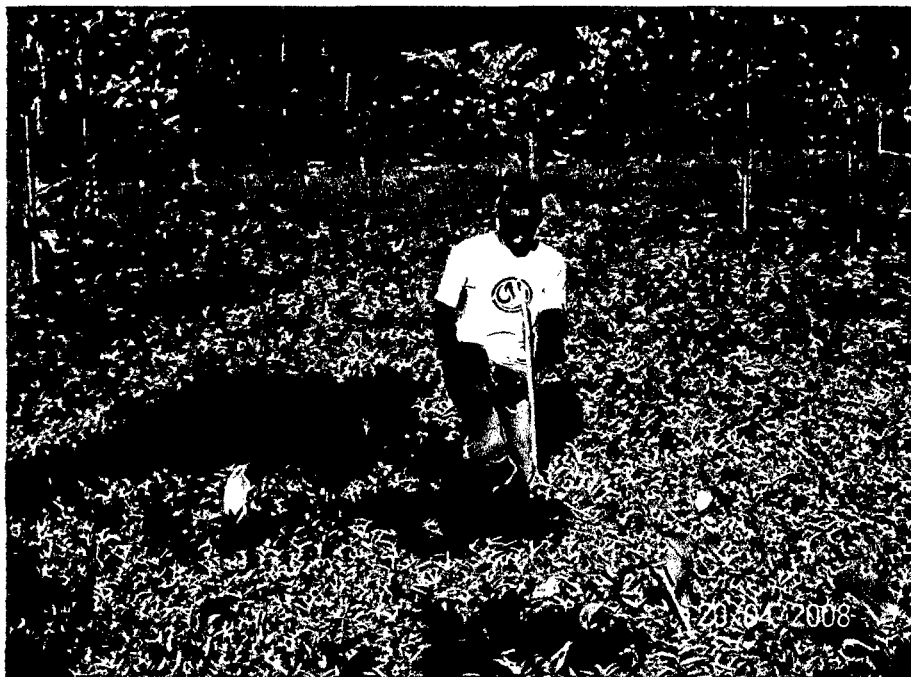


Figura 7. Delimitación de los transectos



Figura 8. Aliniamiento de las parcelas



Figura 9. Evaluación de los árboles



Figura 10. Extracción de muestras de las calitas



Figura 11. Pesado de las muestras



Figura 12. Secado de las muestras de suelo