

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROECOLOGÍA

MENCIÓN GESTIÓN AMBIENTAL



**“ESTUDIO COMPARATIVO DE CAPTURA DE CARBONO
MEDIANTE EL CALCULO DE LA BIOMASA AEREA TOTAL
ENTRE PLANTACIONES DE *Inga edulis* C. Martius “guaba” EN
SUELOS EX COCALES EN TINGO MARIA”**

Tesis

Para optar el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGIA,
MENCIO: GESTIÓN AMBIENTAL**

PRESENTADO POR

JUAN ERICK PEREZ PEÑA

ASESOR

PhD. JOSE KALION GUERRA LU

TINGO MARIA - PERU

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
UNIDAD DE POSGRADO
DIRECCIÓN



“AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL”

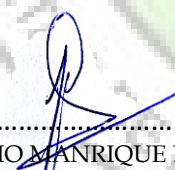
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS
Nro. 012-2022-UPG-FRNR-UNAS


En la ciudad universitaria, siendo las 03:00 p.m. del miércoles 20 de julio de 2022, reunidos virtualmente vía Microsoft Teams, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:


“ESTUDIO COMPARATIVO DE CAPTURA DE CARBONO MEDIANTE EL CALCULO DE LA BIOMASA AREA TOTAL ENTRE LOS CULTIVOS DE *Inga edulis* "guaba" EN SUELOS EX COCALES EN TINGO MARIA 2018”


A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agroecología, mención: Gestión Ambiental **JUAN ERICK PEREZ PEÑA**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** Acto seguido, a horas 04:25 p.m. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
Presidente del Jurado


.....
Ing. MS.c. WARREN RIOS GARCIA
Miembro del Jurado


.....
Ing. MS.c. JOSE LUIS PAREDES SALAZAR
Miembro del Jurado


.....
Dr. JOSE KALION GUERRA LÚ
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE INVESTIGACIÓN - DGI
REPOSITORIO INSTITUCIONAL - UNAS
Correo: repositorio@unas.edu.pe



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 058 - 2024 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Maestría en Gestión Ambiental

Tipo de documento:

Tesis X Trabajo de Suficiencia Profesional

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
ESTUDIO COMPARATIVO DE CAPTURA DE CARBONO MEDIANTE EL CALCULO DE LA BIOMASA AEREA TOTAL ENTRE PLANTACIONES DE Inga edulis C. Martius "guaba" EN SUELOS EX COCALES EN TINGO MARIA	JUAN ERICK PEREZ PEÑA	19 % Diecinueve

Tingo Maria, 21 de febrero de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Menacho Mallqui
JEFE

C.C. Archivo

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, la
sabiduría, por la familia y
los amigos, por el apoyo
incondicional en el
transcurso de mi vida, y hoy
espiritualmente me llena de
fortaleza y esperanza.

Con mucho amor a mis queridos padres Juan
Roger, PEREZ CHAVEZ y Leydi, PEÑA
JARA quienes siempre me brindaron su
apoyo incondicional en mi formación
personal, espiritual y

profesional.

A mis queridos hermanos: Roger
PERES PEÑA, Liliana
PERES PEÑA, Lidia María
PERES PEÑA; por el amor
y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

- A Dios Padre por su protección y la fortaleza física y mental que me brindó en mi vida cotidiana, al guiarme por el buen camino durante mi formación profesional.
- A mi alma mater, Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS), a la escuela de Pos Grado de dicha universidad, por brindarme la oportunidad de forjarme como profesional.
- A mi asesor: PhD. José Kalion GUERRA LU, asesor de la presente investigación.
- A los miembros de jurado de tesis: Ing. Dr. Lucio MANRIQUE DE LARA SUAREZ, Ing. MSc. José Luis PAREDES SALAZAR, Ing. MSc. Warren RIOS GARCIA, Dr. Luis Eduardo ORÉ CIERTO, por los aportes brindados a la presente investigación.
- A mis hijos Juan SEBASTIAN PEREZ MORI, Ximena FERNANDA PEREZ MORI por ser el gran motor y motivo, mis fuerzas, mi inspiración para lograr y alcanzar todas mis metas.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	5
1.1.1. Objetivo general	5
1.1.2. Objetivos específicos	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Antecedentes bibliograficos.....	6
2.1.1. Estimación del stock de carbono en la biomasa.....	18
2.1.2. Ciclo del carbono	26
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	35
3.1. Ubicación de estudio.....	35
3.2. Características climáticas.....	35
3.3. Relieve y suelos.....	35
3.4. Zonas de vida.....	36
3.5. Flora.....	36
3.6. Población y economía.....	37
3.7. Materiales y equipo.....	38
3.8. Metodología.....	39
3.8.1. Caracterización del área de estudio.....	39
IV. RESULTADOS.....	45
V. DISCUSIÓN.....	68
VII. RECOMENDACIONES.....	72
VIII. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA.....	73
IX. ANEXO.....	85

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Peso húmedo de biomasa de árboles de inga edulis de las parcelas con 2 años de siembra	45
2. Peso húmedo de biomasa del tronco de los árboles de Inga edulis de 2 años de siembra	45
3. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa tronca de los árboles de Inga edulis de 2 años de siembra	46
4. Peso húmedo de biomasa de las ramas de los árboles de <i>Inga edulis</i> de 2 años de siembra, considerando la parte: tronco	47
5. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa ramas de los árboles de Inga edulis de 2 años de siembra	48
6. Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 2 años de siembra, considerando la parte: hojas	48
7. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa hojas de los árboles de Inga edulis de 2 años de siembra	49
8. Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 4 años de siembra	50
9. Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 4 años de siembra, considerando la parte: tronco	51
10. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa de tronco de los árboles de Inga edulis de 4 años de siembra	51
11. Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 4 años de siembra, parte: ramas	52
12. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa ramas de los árboles de Inga edulis de 4 años de siembra	53
13. Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 4 años de siembra, considerando la parte: hojas	54
14. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa hojas de los árboles de Inga edulis de 4 años de siembra	54
15. Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 6 años de siembra	54

16.	Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 6 años de siembra, parte: tronco	56
17.	Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa de tronco de los árboles de Inga edulis de 6 años de siembra	56
18.	Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 6 años de siembra, considerando parte: ramas	57
19.	Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa ramas de los árboles de Inga edulis de 4 años de siembra	58
20.	Peso húmedo de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con Inga edulis de 6 años de siembra, considerando parte: hojas	59
21.	Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa hojas de los árboles de Inga edulis de 6 años de siembra	60
22.	Porcentaje de biomasa seca de la muestra	61
23.	Peso biomasa húmeda promedio por árbol	61
24.	Peso biomasa húmeda promedio por árbol	62
25.	Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: peso biomasa seca promedio: tronco del árbol	62
26.	Peso biomasa seca promedio: ramas del árbol	63
27.	Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: peso biomasa seca promedio: ramas del árbol	63
28.	Peso biomasa seca promedio: hojas del árbol	64
29.	Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: peso biomasa seca promedio: ramas del árbol	65
30.	Peso biomasa seca por hectárea	66
31.	Cálculo de carbono almacenado en toneladas por hectárea	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño de parcelas para la evaluación de los diferentes componentes de la biomasa aérea viva según diferentes edades	41

RESUMEN

Los bosques, distribuidos en la selva alta o Rupa Rupa de las regiones naturales del Perú forman parte de ecosistemas amazónicos que se caracteriza por su alta diversidad en donde se captura y se encuentra almacenado carbono en forma de carbono orgánico, cuya cantidad depende de la especie, la diversidad presente, del estado de conservación y de la edad de los mismo, por lo que la presente investigación se centró en la evaluación del almacenamiento de carbono de *Inga edulis* C. Martius (guaba) evaluando el incremento de la biomasa aérea total en diferentes periodos de siembra considerando a los 2, 4 y 6 años en Tingo María. La metodología utilizada es la propuesta por el ICRAF (2002), para la determinación del carbono aéreo total almacenado en los troncos ramas y hojas. Los resultados promedios del almacenamiento de carbono en la biomasa aérea total en *Inga edulis* C. Martius muestra una tendencia al aumento en 2, 4 y 6 años de siembra, teniendo para el tronco: 67.04, 206.48, 477.92 kg/parcela respectivamente de biomasa húmeda y de 38.37, 118.18, 273.55 kg/parcela de biomasa seca; para las ramas de 11.62, 16.14, 28.82kg/parcela de biomasa húmeda y de 5.72, 7.95, 14.19 kg/parcela, para biomasa seca; para las hojas 21.5, 40, 54.2 kg/parcela de biomas húmeda y de 9.59, 17.85, 24.20 kg/parcela de biomasa seca. Por lo que en la especie evaluada se tiene una tendencia al incremento de la biomasa aérea total almacenada siendo la plantación de 6 años de periodo de siembra la que mayor carbono almacenado presente.

Palabras clave: biomasa aérea, ex cocal, carbono, suelos degradados.

**A Comparative Study of Carbon Capture Using the Total Aerial
Biomass Calculation of *Inga edulis* C. Martius “Ice Cream
Bean” Plantations in Ex-Coca Soil in Tingo Maria**

Abstract

The forests distributed in the high jungle or Rupa Rupa [zone] of the natural regions in Peru form part of the Amazon ecosystems, which are characterized by their high [level of] diversity, in which carbon is captured and found to be stored as organic carbon. The quantity of this depends on the specie, the diversity present, the state of conservation, and the age of the [plants]. Thus, the present research was centered around the evaluation of carbon stored in *Inga edulis* C. Martius (ice cream bean) [by] evaluating the increase in the total aerial biomass for different periods of planting; taking into account [plants of] two, four, and six years [of age] in Tingo Maria. The methodology that was used was that proposed by ICRAF (2002), in order to determine the total aerial carbon stored in the trunks, branches, and leaves. The average results of the carbon stored in the total aerial biomass of *Inga edulis* C. Martius revealed a tendency to increase at two, four, and six years of planting; where the trunk had: 67.04, 206.48, and 477.92 kg/plot of humid biomass, and 38.37, 118.18, and 273.55 kg/plot of dry biomass; the branches had 11.62, 16.14, and 28.82 kg/plot of humid biomass, and 5.72, 7.95, and 14.19 kg/plot of dry biomass; the leaves had 21.5, 40, and 54.2 kg/plot of humid biomass, and 9.59, 17.85, and 24.20 kg/plot of dry biomass. Thus, for the specie that was evaluated, there was a tendency for the stored total aerial biomass to increase; with the plantation that had a planting period of six years being that with the greatest stored carbon present.

Keywords: aerial biomass, ex-coca, carbon, degraded soi

I. INTRODUCCION

Los bosques, específicamente los distribuidos la región natural de la selva alta o Rupa Rupa, del Perú forman parte de ecosistemas muy especiales que se caracterizar por su alta diversidad pero a su vez son muy frágiles, y difíciles de entender su dinámica, en los últimos años estos bosques están sufriendo una serie de perturbaciones por parte del hombre, afectando todo el ecosistema, se está desarrollado una tala indiscriminada, para el aprovechamiento de la madera como también para destinar estas áreas a actividades agrícolas, con el cambio de uso del suelo, con una cultura de tala, rozo y quema, que afectan a todo el ecosistema, ocasionando problemas que repercuten en las alteraciones de los ciclos hídricos, la pérdida de la fertilidad de los suelos, pérdida de la biodiversidad, emisiones de CO₂ a la atmosfera de los deposito acumulados durante años en el suelo, así como también la destrucción de estos boques disminuye la captura de carbono, servicios ambientales muy importantes, para mitigar los problemas ambientales que afrontamos.

Ante todo esto y sobre todo en los problemas ambientales que afrontamos , se tiene que las especies arbóreas de rápido crecimiento se presentan como una opción para la captura del CO₂ atmosférico y almacenamiento de carbono orgánico en sus estructura, de allí el interés de recuperar suelos abandonado utilizando especies leguminosas arbóreas de rápido crecimiento que además de recuperar el suelo mediante la fijación del

nitrógeno, aporte de materia orgánica, y otros beneficios como servicio ambiental que nos permiten contrarrestar los problemas de cambio climático.

Se tiene mucha investigaciones que nos indican la importancia de los bosques, en la captura y almacenamiento de carbono atmosférico, y su contribución en el aporte del carbono orgánico para el suelo, se sabe que cada día se incrementa el CO₂ atmosféricos por la quema de combustibles fósiles principalmente, también por el cambio del uso del suelo para actividades agrícolas, en donde se emite a la atmosfera gran cantidad de CO₂ acumulado durante muchísimos años y que están repercutiendo en la severidad de los problemas ambientales, para el caso específicamente al incremento de los gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global del planeta

Se tiene muchas propuestas que se están implementando para mitigar el incremento de los gases de efecto invernadero en la cual se recomienda considerar los conocimientos de la dinámica del ciclo biogeoquímico del carbono, en donde nos indican la importancia de incrementar las actividades de reforestación, implementa sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, y silvopastoriles, la conservación de los bosques en peligro de deforestación, rehabilitación de los bosques, la conservación de los ecosistemas boscosos, entre otros que contribuyan a mitigar el incremento de CO₂ a la atmosfera.

Asumiendo estas recomendaciones y asiendo un análisis del ciclo del carbono, se tiene que los bosques principalmente de los ecosistemas tropicales almacenan grandes cantidades de carbono orgánico en sus estructuras como biomasa y también lo incorporan hacia el suelo, y cuando se realiza perturbaciones a estos ecosistemas, estos emiten carbono hacia la

atmosfera, las perturbaciones frecuentes causadas por el hombre, son el cambio del uso del suelo para implementar actividades agrícolas o ganaderas, con una cultura de tala, rozo, y quema, muchos de estos ecosistemas sufren afectaciones como incendios ya sea por causas humanas o naturales emitiendo grande cantidades de CO₂ a la atmosfera.

En su cultura de los pobladores de la selva, en la implementación de actividades agrícolas y ganadera, se tiene que después de un periodo de actividades agrícolas o ganaderas estos suelos pierde su fertilidad, siendo abandonados, convirtiéndose en áreas potenciales para el secuestro y almacenamiento de carbono, es muy frecuente abandonar estas áreas y dejar que su recuperación se realice de forma natural desarrollando las purmas que se caracterizan por una mezcla se vegetación, pero dada la problemática ambiental que afrontamos, seria recomendable la recuperación mediante el uso de especies forestales de rápido crecimiento y que además sean fijadoras del nitrógeno como las leguminosas, para mejorar el suelo y aportar en la captura del CO₂ atmosférico.

Para la Amazonía peruana después de un proceso de deforestación, se han tenido áreas abandonadas o se ha implantado actividades agrícolas con cultivos de coca la que ha contribuido sustancialmente en la degradación de los suelos. Después de un proceso de erradicación han quedado grandes cantidades de áreas abandonado con suelos erosionados en las cuales es muy difícil de realizar actividades agrícolas, estas áreas abandonadas se convierten en áreas potenciales para el secuestro y almacenamiento del carbono y dada la importancia comprobada de *Inga edulis* C. Martius “huaba” en la recuperación

de suelos degradados es también muy importante de evaluar cuál es la capacidad que tiene esta especie en la captura de carbono determinado su eficiencia en estudios comparativos

Con el conocimiento comprobado de la eficacia de *Inga edulis* “huaba” como árbol de rápido crecimiento en la captura y almacenamiento de carbono en sus estructuras que conforman su biomasa y por el aporte de carbono orgánico para ser incorporado y almacenado en el suelo, es que consideramos de importancia la realización de estudios que nos permitan cuantificar esta captura, y que sirva a los tomadores de decisiones la implementación de esta especie en los proyectos de recuperación de suelos degradado y también en la implementación de los sistemas agroforestales.

Como parte fundamenta se tiene como propósito el estudio comparativo de captura de carbono mediante el cálculo de la biomasa aérea total mediante el método destructivo entre una plantación de *Inga edulis* C. Martius “huaba” sembrada en suelos ex cicales de diferentes edades de siembra en selva alta Tingo María.

El problema de investigación ¿Qué cantidad de carbono es capturado por *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembrada en suelos ex cicales con diferentes edades de siembra?

1.1. Hipótesis

1.1.1. Hipótesis nula, a los seis años de edad de siembra de la plantación de *Inga edulis* C. Martius “guaba” almacena mayor cantidad de carbono en sus estructuras aéreas.

1.1.2. Hipótesis alternativa, a los dos años de siembra de la plantación de *Inga edulis* C. Martius “guaba” almacena mayor cantidad de carbono en sus estructuras aéreas.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1 Antecedentes bibliográficos

A nivel internacional, se han tenido una serie de reuniones, en donde los países industrializados tomaron acuerdos para estabilizar las concentraciones de los gases de efecto invernadero, que son emitidos a la atmosfera, resultado de muchas actividades antropogénicas, principalmente de las industrias, y el parque automotor donde se utiliza principalmente los combustibles fósiles, dentro de estas reuniones se tiene la reunión de Kioto en 1997, donde se acordó reducir en 5% las emisiones de CO₂ a la atmosfera, tomando como referencia los niveles emitidos en 1990 y el compromiso de reducción se daría entre el periodo 2005 y el 2012. (CONVENCIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, 1992).

Para tener los diferentes logros en la reducción de los gases de efecto invernadero se tiene la creación de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), que les permite a los países que no puedan cumplir con este compromiso con la implementación de proyectos en sus países, lo puedan hacer a través de financiamiento de proyectos en los países en desarrollo, esto facilita a los países industrializados y aquellos con economías socialistas en transición. (CONVENCIÓN SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO, 1992).

Estos compromisos internacionales dan la oportunidad de que las economías campesinas tiendan a estabilizarse mediante proyectos de

reforestación propiciando la formación de bosques secundarios, con la producción de bienes maderables y no maderables, y también los por servicios ambientales que estos bosques brindan, en su dinámica de crecimiento tales como el secuestro de carbono de la atmosfera, la regulación de los ciclos hídricos, proteger la biodiversidad entre otros.

Es así como la implementación de estos proyectos de reforestación para la recuperación de los diferentes ecosistemas y la puesta en funcionamiento de los mecanismos propuestos en el Protocolo de Kioto, permitirá de una parte que los países desarrollados cumplan con sus compromisos de reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero, y que los países en desarrollo tengan beneficios en la implementación de estos proyectos.

Uno de los grandes problemas ambientales que afronta la humanidad en el presente siglo, es el incremento de la temperatura superficial del planeta que tiene sus implicancias en el calentamiento global, resultado del incremento de los gases de efecto invernadero emitidos a la atmosfera por las actividades antrópicas, principalmente la quema de los combustibles fósiles y el cambio del uso del suelo para actividades agrícolas y por la dificultad que se tiene para reducir este incremento en un futuro próximo, por la destrucción de los ecosistemas principalmente los ecosistemas de los bosques tropicales. (IPCC, 1995).

IPCC, (1992 y 1995), El incremento de los gases de efecto invernadero según lo resalta en sus informes finales en donde se considera al CO₂ como uno de los gases mas importantes y que su emisión a la atmosfera depende de la quema de combustible fósil el que ocupa el primer lugar en

importancia, y la destrucción de los ecosistemas para el cambio del uso del suelo el que ocupa el segundo lugar en importancia en sus emisiones de CO₂, a la atmosfera considerado como el principal gas de efecto invernadero. (IPCC, 1995).

Para afrontar el problema ambiental de cambio climático, a través de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono a la atmosfera, se considera imprescindible, conocer la dinámica del carbono en los diferentes ecosistemas, específicamente los ecosistemas forestales tropicales, y por otra parte conoce el flujo de carbono en el suelo, por el cambio del usos para implementar actividades agrícolas ganaderas, para esto es necesario realizar estudios e investigaciones orientadas a cuantificar la cantidad de carbono almacenado en los diferentes ecosistemas. (ORDÓÑEZ, 1998).

Ante la problemática mundial del calentamiento global del planeta, uno de los servicios ambientales que más rápido se viene implementando es el del secuestro de carbono y que se basa en la capacidad de los ecosistemas forestales de absorber y almacenar el carbono atmosférico, a través del manejo adecuado de estos ecosistemas, específicamente de los ecosistemas forestales tropicales, evitando que se conviertan en fuentes emisoras de dióxido de carbono a la atmosfera. Considerando que el carbono capturado y almacenado en algún lugar del mundo genera el mismo impacto en la reducción de los efectos del cambio climático, que el carbono capturado y almacenado en cualquier otro punto del planeta. (FONAM, 2004).

En los diferentes ambientes en donde se tiene reservas de carbono, cuyos antecedentes son conocidos por los pobladores dedicados a las

actividades agrícolas ganaderas, quienes nos pueden dar la información sobre el tipo de sistema relacionados con ello, estos pueden ser si son bosques primarios, bosques secundarios, la edad de las purmas, el cambio del uso del suelo, el tiempo del cambio del uso del suelo, de los sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, silvopastoriles, entre otros, información básica para la realización de la cuantificación del carbono almacenado en estos sistemas, que se expresan en toneladas de carbono por hectárea y año (tn/ha/año). (ICRAF, 2002).

Para la implementación de propuestas que nos permitan la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, se han realizado diversos estudios evaluando el costo de la conservación y secuestro de carbono, donde se resalta los beneficios de los agricultores al desarrollar propuestas con la implementación de sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, silvopastoriles, cultivos de larga duración, manejo de bosques, reforestaciones, conservación de suelos, actividades que según los estudios mejoran la economía de los agricultores, pero no se analiza el costo de oportunidad del terreno, por lo que se puede afirmar que los costos para la implementación de los sumideros de carbono son muy bajos y poco atractivos. (IPCC, 1996).

Se han realizados diferentes estudios para determinar la valoración del almacenamiento de carbono en áreas boscosas, dentro de estos resalta el trabajo realizado por (RAMÍREZ, 2013), quien hizo estudios de valoración comparando un bosque secundario sin manejo con bosques sometidos a diferentes tipos de manejos, con aprovechamiento comercial, reportando sus resultados desde el punto de vista económico y ambiental, en la cual se

demuestran que un bosque secundario sin manejo es la mejor propuesta como sumidero de carbono, en comparación con las otras evaluaciones de bosques secundarios sometidos a distintos tratamientos. (RAMÍREZ, 2013).

Las plantas para sus procesos fotosintéticos toman el CO₂ de la atmósfera o del suelo, las plantas acuáticas toman el CO₂ del agua, más moléculas de agua que ingresa por sus raíces, más la utilización de la energía del sol producen hidratos de carbono, más la liberación de oxígeno, y es a través de este proceso que las plantas juegan un rol muy importante en el ciclo del carbono, en donde los diferentes hidratos de carbono formado pasan a formar su biomasa quedando almacenados (BRACK y MENDIOLA, 2000).

NARDONE *et al.* (1999). Se tiene que el incremento de los gases de efecto invernadero hacia la atmósfera, resultado de las actividades antropogénicas, principalmente de la quema de combustibles fósiles y el cambio del uso del suelo, dentro de ellos las emisiones de CO₂, metano, clorofluorocarburos, óxido nitroso, entre otros, en los últimos años son los responsables del incremento de la temperatura, según calculo se ha incrementado en medio grado centígrado en los últimos 30 años.

NARDONE *et al.* (1999). Desde la década del 1950 los problemas ambientales se han ido agudizando, debido al incremento de los gases de efecto invernadero, que han dado como consecuencia el calentamiento global del planeta, con una serie de impactos que ha afectado las condiciones climáticas promedio, incrementado la variabilidad climática, la alteración de los ciclo hídricos, que afectan el ciclo de los cultivos, la aparición de plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, y una serie de eventos climáticos

extremos que incluso han afectado a muchas poblaciones, este incremento de los gases de efecto invernadero se debe principalmente de la quema e combustible fósil que no solo emite CO₂ a la atmosfera sino también otros contaminantes como plomo y azufre, el cambio del uso del suelo para el desarrollo de actividades agrícolas, emitiéndose a la atmosfera carbono que se encontraba capturado y almacenado durante muchas décadas, y la deforestación.

MASERA *et al.* (1997). Se tiene una serie de reportes referente a la tasa de reforestación de los bosques templados y tropicales, no conociéndose con exactitud, pero nos indican que en promedio esta tasa oscila entre 370 y 670 mil ha., año⁻¹, para la década del 90, y que en las ultimas estimaciones se tiene que para los bosques templados esta tasa de deforestación es de 1% y para los bosques tropicales es del 2%, esta deforestación trae consigo la generación de una serie de impactos en el ambiente, como la perdida de la biodiversidad, las alteraciones de los ciclo hídricos, la disminución de los sumideros de carbono, el cambio del uso del suelo para actividades agrícolas ganaderas, con serias repercusiones en el ambiente.

Para considerar propuesta que nos ayuden en la mitigación de estos problemas ambientales nos falta mucha información detallada, se desconoce la forma y comportamiento de los almacenes de carbono en los diferentes ecosistemas, de igual se requieren mas estudios sobre los flujo de carbono en el suelo y las afectaciones por el cambio del uso del suelo, los pocos estudios con los que se cuentan se han concentrado en los ecosistemas tropicales, hay poca información de los bosques templados, que de igual manera que los bosques

tropicales sufren acelerados procesos de deforestación y degradación, y que como se sabe los bosques tiene la capacidad de capturar y almacenar el carbono atmosférico mitigando los efectos del calentamiento global por los gases de efecto invernadero. (MASERA, 1996; ORDÓÑEZ, 1999).

El potencial que tiene los bosques para la captura y almacenamiento de carbono se debe principalmente a la actividad fotosintética donde captura el CO₂ atmosférico y lo incorpora a moléculas orgánicas, inicialmente hidratos de carbono, y con esto sintetizan otras moléculas, que pasan a formar parte de sus estructuras para su crecimiento y desarrollo, conformando la biomasa de los árboles donde la madera almacena aproximadamente el 90% del total. (GRANADOS, 2001).

Con respecto a la importancia de los árboles en la captura de carbono de la atmosfera debemos explicar, que por procesos metabólicos fotosintéticos, el CO₂ atmosférico es capturado e incorporado en hidratos de carbono como la glucosa que se convierte en materia prima, para formar las estructuras de los árboles en sus procesos de desarrollo formando ramas, frutos, raíces, tronco, el árbol crece incrementando estas estructuras, que después de un periodo, dependiendo de la especie estas estructura se separan del árbol aportando materia orgánica al suelo, la misma que al ir degradándose por los organismos descomponedores incorporan carbono al suelo para ser almacenado o se emite en forma de CO₂ a la atmosfera. (ORDÓÑEZ, 1998 y 1999).

Al considerar a los productos de los árboles en el ciclo del carbono, se puede decir que durante su desarrollo estos árboles incrementan su diámetro y altura, generando el fuste aprovechable de los árboles, los cuales son utilizados

como madera con los que se elaboran muebles y estructuras de las viviendas, los mismo que tiene un tiempo de vida después se degradan aportando carbono al suelo y CO₂ a la atmosfera, incorporándose nuevamente en el ciclo biogeoquímico del carbono. (ORDÓÑEZ, 1998 y 1999). Cuando el carbono se encuentra formando parte de las estructuras de árbol formando parte de su biomasa se dice que el carbono se encuentra almacenado, cuando las ramas, hojas, frutos y el árbol mismo muere retorna al suelo como materia orgánica y mediante intervención de diferentes organismos descomponedores esta materia se degrada y el carbono es almacenado o incorporado al ciclo del carbono. (ORDÓÑEZ, 1998 y 1999).

De igual manera muchas investigaciones nos indican del papel que desempeñan los suelos forestales en la captura y almacenamiento de carbono en los ecosistemas forestales, en donde la materia orgánica aportada por los arboles en forma de hojas, rama, frutos, raíces, troncos, después de un proceso, forman el humus, que al ser incorporado en el suelo forma parte del carbono orgánico y que al ser descompuestos por los organismo descomponedores se incorporan al ciclo del carbono o son almacenados en forma estable y acumulado durante mucho tiempo en los suelos, la dinámica de los flujo netos de carbono entre los diferentes ecosistemas y la atmosfera, es uno de los problemas que se aborda en las reuniones sobre cambio climático, y dada su complejidad y la falta de información precisa, dificultan el entendimiento de esta dinámica y hace que los acuerdos tomados no aborden la problemática de forma adecuada. (GARCÍA y ORDÓÑEZ, 1999).

MASERA *et al*, (1997). En consecuencia, la gran incertidumbre en el conocimiento en los procesos de los flujos netos de carbono en los ecosistemas forestales por el cambio del uso del suelo es un problema fundamental para la determinación precisa de las emisiones de carbono a la atmosfera, faltando también información precisa de cuanto de bosques se están perdiendo en el tiempo y como. (IPCC, 1995).

En los estudios de cambio del uso del suelo se tiene que considerar, una serie de factores físicos y biológicos relacionados con el flujo del carbono, considerando el relieve del suelo, la disponibilidad de fuentes de agua, la humedad atmosférica, la estructura del suelo, su composición química, el origen del suelo, la temperatura, el índice de penetrabilidad, la estructura de la vegetación, la dinámica de ecosistema, las actividades antropogénicas que estén impactando y desencadenado cambios en la estructura del ecosistema. (IPCC, 1995; MASERA *et al.*, 1997).

Se tiene explicaciones adicionales referente al calentamiento global del planeta por efectos de los gases de efecto invernadero que repercuten en el cambio del clima, que es una de los fenómenos atmosféricos mas importantes en estos últimos tiempo, considerando como una de las causas la quema del combustible fósil por los países industrializados y el cambio del uso de los suelos, destruyendo ecosistemas para la implementación de actividades agrícolas, ganaderas, como las más importantes, se tiene datos que anualmente se deforestan aproximadamente 17 millones de hectáreas, que trae como consecuencia la liberación de aproximadamente 1,8 billones de toneladas de carbono. (BROWN y LUGO, 1982; ZAMORA, 2003).

El incremento de las actividades industriales, que utilizan gran cantidad de combustibles fósiles, en sus procesos, emiten a la atmosfera dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y otros gases de efecto invernadero, que influye en los cambios climáticos, con el calentamiento global de planeta, uno de los problemas ambientales más importantes del presente siglo. (SEPPÄNEN, 2002).

Pero a pesar de los conocimientos demostrado, de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas boscosos, en donde la vegetación presente mediante su proceso fisiológico de la fotosíntesis, capturan el CO₂ de la atmosfera y es fijado como biomasa orgánica en las plantas y emiten oxígeno que es utilizado por los seres vivos en sus procesos respiratorios, los beneficios a las comunidades locales, no compensan los esfuerzos realizados, siendo los beneficios de acuerdo a los convenios internacionales mayores para los países industrializados. (MOTTO, 2000).

El almacenamiento de carbono en los árboles se da en el incremento de su biomasa, que se define como la masa presente en sus estructuras de los organismos vivos, el almacenamiento de carbono para los árboles estaría en su biomasa aérea, en su biomasa radicular o subterránea, para la cual se tiene diferentes métodos comunes para ser utilizados en las estimaciones de su biomasa, está el método destructivo, que sacrifica el árbol cortándolo y pesando directamente todos sus componentes, otro método son los indirectos, en donde se hace la cubicación del árbol sumando los volúmenes de madera, aplicando diferentes factores de conversión dependiendo de la densidad específica, otro

modelo está basado en el análisis de regresión, en la que se colectan variable en un trabajo de campo. (RAMÍREZ, 2011).

Trabajos más al detalle en donde se cuantifica el stock de carbono de un ecosistema o de una determinada área, se muestrea la biomasa viva de las hojas, raíces, ramas y fuste, la biomasa muerta o necro masa de las hojas ramas caídas y madera muerta, considerando también arboles muertos, y el carbono en la materia orgánica del suelo, aunque existe pequeñas variaciones entre las especies arbóreas tropicales, se acepta asumir que de este peso seco el 50% es carbono. (HONORIO y BAKER, 2010).

Una de la formas de incentiva para proteger el ambiente, es la implementación del pago por servicios ambientales, de esta manera se generaría un beneficio en los países donde se implemente proyectos que nos permitan reducir los incrementos de los gases contaminantes presentes en la atmosfera, hay muchos proyectos pero se tiene que los ecosistemas boscosos cumplen una función demostrada de captura y almacenamiento del carbono, existiendo otras propuestas de uso sostenible, como las reforestaciones la implementación de sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, silvopastoriles, y todos los proyectos de reforestación y de conservación de áreas boscosas, para lo que se requiere hacer estudios de valoración económica por estos servicios. (MOTTO, 2000).

Las investigaciones sobre los diversos ecosistemas donde se reporte sobre los beneficios económicos, sociales, culturales, estéticos y ecológicos, por los diferentes servicios ambientales que nos proporcionan los ecosistemas, y cuando esta información nos indica que este valor es mayor que

las actividades que lo amenazan, se apoyara las acciones para protegerla y conservarla, siendo una herramienta necesaria que apoyara en la toma de decisiones de los actores políticos y sociales. (MOTTO, 2000).

En una serie de reuniones internacionales los diferentes países se han comprometido a la disminución de los gases de efecto invernadero, compromiso que se deriva a las empresas e industrias para que reduzcan sus emisiones, planteándoles diferentes alternativas, dentro de esta una alternativa viable es el acceder a los servicios de los mercados de carbono, que a su vez es una oportunidad para los países en vías de desarrollo para generar recursos adicionales, estos mercados de carbono nacen ante la necesidad de tomar medidas por las evidencias que las actividades antrópicas están influenciando en el calentamiento del planeta que tiene repercusiones en los cambios climáticos, con consecuencias negativas para la humanidad, afectando a la salud de las personas, alterando los ciclos hídricos, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria, las actividades económicas, la infraestructura física, la biodiversidad entre otros. (EGUREN, 2004).

Además los ecosistemas boscosos varían dependiendo de las especies que la conforman, del estado de desarrollo, de su conservación, de las perturbaciones a las que ha estado sometida, esto hace que la cantidad de carbono almacenado sea muy variable, por lo que las estimaciones de carbono presente en la biomasa de estos ecosistemas, sea un elemento de importancia para determinar los volúmenes de carbono que podrían ser liberados a la atmosfera, así como la cantidad de carbono que podría ser capturado, fijado y

almacenado en determinada superficie. (BROWN *et al.* 1996, citado por SCHLEGEL 2001)

2.1.1. Estimación del stock de carbono en la biomasa

Los ecosistemas forestales, son importantes por la captura del carbono atmosférico, el mismo que son almacenados en sus diferentes partes que conforman su estructura: follaje, ramas, raíces, el tronco, así mismo cuando estos se incorporan al suelo como ramas caídas, frutos, hojarasca, troncos, como desechos orgánicos, y como humus, se convierten en almacenes de carbono, los mismos que por descomposición y/o quema de la biomasa, se incorporan al ciclo del carbono. (GARCÍA y ORDÓÑEZ, 1999).

Cuando se cuantifica el stock de carbono de un bosque, las concentraciones de este van a variar de acuerdo con las especies presentes y se debe considerar en los estudios, la biomasa viva almacenada en el tronco, ramas, hojas, y raíces, más la necro masa almacenada en los troncos, caídos, ramas, frutos, hojarasca, y también se debe cuantificar el carbono almacenado en la materia orgánica del suelo, determinando su peso seco. (ELIAS y POTVIN, 2003).

Durante todos los tiempos el hombre a perturbado los diferentes ecosistemas con la finalidad de satisfacer sus necesidades cada ves mas crecientes, y al hacer perturbaciones en los ecosistemas forestales en las zonas tropicales, para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas se ha contribuido significativamente con las emisiones de los gases de efecto invernadero hacia la

atmosfera, ocasionando el incremento de la temperatura del planeta, que ha repercutido en alteraciones climáticas impredecibles. (ORTIZ *et al.*, 2008).

Se tiene que el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero que mas contribuye al calentamiento global por los constantes incrementos que se dan en la atmosfera y que presentan incrementos acumulativos considerables en el tiempo, en las diferentes alternativas para mitigar este incremento de carbono en la atmosfera esta incentivar la captura y almacenamiento de carbono en la biomasa arbórea, para esto se requiere conservar, manejar, recuperar los ecosistemas forestales, y otra alternativa es la acumulación y almacenamiento de materia orgánica en el suelo. (ÁVILA *et al.*, 2001).

También la implantación de sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles, silvopastoriles se convierten en una importante estrategia para la captura y almacenamiento de carbono y de esta manera mitigar el incremento de CO₂ a la atmosfera, para esto se tiene que considerar la diversidad de especies arbóreas para ser asociadas en el diseño de estos sistemas, donde se debe combinar especies de rápido crecimiento, con especies de largo periodo de crecimiento, es decir arboles de maderas blandas, con árboles de maderas duras, en las asociaciones con cultivos agrícolas se debe considerar especies protectoras en los linderos, arboles multipropósito dentro de los cultivos, especies con función como cortina rompe viento, especies para defensa riveraña, cercos vivos, entre otros, y que sean promocionados en los diferentes proyectos de reforestación. (FARFÁN, 2012).

Estos sistemas agroforestales se convierten en una importante estrategia de captura y almacenamiento de carbono, ya que se calcula que

almacenan entre 12 y 228 ton-1 C ha-1 y que son acumulados en las raíces, tallos, troncos, ramas y fruto de la vegetación especialmente de los árboles, de allí el interés global por promocionar el desarrollo de esta actividad que incide en el flujo del carbono siendo la mejor forma de dar uso al suelo como una opción para mitigar las emisiones de este gas de efecto invernadero. (ANDRADE y IBRAHIM, 2003).

En los cultivos agrícolas cuando estos son desarrollados bajo condiciones especiales son percibidos y valorados por cierto grupo de consumidores que están dispuestos a pagar un precio adicional y que sería una alternativa a la crisis agrícola a nivel mundial, estas condiciones especiales son la suma de muchos factores, como la producción orgánica y las interacciones agroecológicas por lo que los productos agrícolas producidos en sistemas asociados con árboles puede proporcionar estas condiciones, y que además permitiría al agricultor percibir un ingreso adicional por los servicios ambientales y también por el aprovechamiento de la madera. (ORDOÑEZ, 2013).

En la década del 90 en los bosques templados y en los bosques tropicales la tasa de deforestación que no se conoce con precisión, pero se calcula que esta entre 370 y 670 mil Ha., año, han sido los factores más importantes de la destrucción de los diferentes ecosistemas y que ha llevado consigo daños muy considerables al ambiente, en las últimas estimaciones se tiene una tasa de deforestación del 1% para los bosques templados y de 2% para los bosques tropicales, otros factores que han impactado en los bosques y que ha conllevado a la pérdida son los incendios forestales, y el cambio del uso del suelo por el desarrollo de actividades agrícolas, el cambio del uso del suelo

se convierte en una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero incorporando principalmente carbono a la atmosfera. (MASERA *et al.* 1997; 1995).

En el planeta los sumideros litosféricos está siendo considerados como factores claves para mitigar el incremento de los gases de efecto invernadero y que nos permitirían reducir el calentamiento global del planeta, para ello se plantea diferentes mecanismos como la retención del carbono almacenado en el suelo y en la biomasa de la vegetación principalmente en los árboles, y la captura por la vegetación marina y almacenamiento en su biomasa, cobrando importancia los grandes ecosistemas marinos que son los mayores productores de biomasa, por su alta capacidad fotosintética y los extensos bosques, así como las diversas alternativas de usos del suelo, como sumideros potenciales de carbono. (IPCC, 2007).

Para entender y manejar los diferentes ecosistemas es necesario conocer la producción y cuantificar la producción de su biomasa así como la cantidad de biomasa acumulada en respuesta a las condiciones bióticas y abióticas interrelacionadas con las plantas, ya que estas favorecen o afectan la producción primaria, por el aporte de nutrientes, es también necesario conocer las interacciones de las especies dominantes, ya que estos afectan a la estructura y composición de los ecosistemas acompañados por cambios en la biomasa. (NORTHUP *et al.*, 2005).

Existen muchos reportes de los diversos tipos de bosque y de los ecosistemas tropicales, que nos indican que estos tienden a acumular gran cantidad de carbono en su biomasa, permaneciendo en esta por largos periodos,

y que la transformación de estos ecosistemas nativos tropicales hacia tierras para el desarrollo de la actividad agrícola es una de las causas que determina la pérdida de carbono del ecosistema e incorporado en la atmósfera, esta pérdida de carbono del ecosistema puede afectar la producción alimenticia, tener efectos en la producción hídrica, en la regulación del clima, en la pérdida de la biodiversidad, en la calidad del aire, en la proliferación de enfermedades que afectan a las plantas, animales e incluso el hombre. (CARVALHO *et al.*, 2008 y APEZTEGUIA *et al.*, 2009).

De igual manera se tiene que cuando se hace aportes de nutrientes a los sistemas agrícolas, y cuando estos sistemas agrícolas son manejados con prácticas conservacionistas estos juegan un papel importante en la determinación de la cantidad de carbono almacenado, considerando que los suelos fertilizados secuestran más carbono desde la atmósfera que los suelos no fertilizados, para esto se requiere hacer una evaluación desde una perspectiva más amplia que incluyan datos sobre costos, fabricación y distribución de estos fertilizantes. (TAN *et al.*, 2009 y GONG *et al.*, 2009).

En la formación de los suelos existen varios factores relacionados y que influyen en el contenido de carbono orgánico acumulados por largos periodos, este contenido puede ser fuertemente modificado, por el cambio del uso del suelo y por desarrollo de actividades como el sobrepastoreo, el desarrollo de una agricultura intensiva, y por prácticas agrícolas inadecuadas, factores que degradan el suelo cambiando hacia un sistema de suelos erosionados, en donde la pérdida de carbono es inevitable. (ASHAGRIE *et al.*, 2007 y BONINO, 2006).

Las diferentes estrategias para la mitigación de los gases de efecto invernadero, se tendrían que plantear en base al papel que tienen las diferentes cobertura de los ecosistemas, así como los usos del suelo, que infieren en la mitigación de los efectos del cambio climático, y deben ser considerados no solo por el secuestro y almacenamiento de carbono, sino también por las mejoras de las necesidades básicas y reporte de beneficios de las poblaciones involucradas, considerando aspectos como bioenergía, mejora de la calidad de vida de las poblaciones rurales, preservación de la biodiversidad, mejoras económicas por los servicios ambientales que prestan los ecosistemas dentro de su territorio, entre otros. (MASERA *et al.*, 1997).

Al hacer una evaluación de los gases de efecto invernadero que se producen en México, se tiene que el 67% de los gases de efecto invernadero proceden de la categoría de energía, los procesos industriales aportan el 8.2%, de la degradación de los residuos el 5.9%, de la actividad agrícola el 12.3%, y del cambio del uso del suelo el 6.3%. (SEMARNAT- INECC, 2012).

Se tiene que las áreas naturales protegidas, son áreas que ayudan a enfrentar los efectos del cambio climático, pero estos ecosistemas también han sido afectadas por las actividades antrópicas, se han desarrollado dentro de estas áreas, la tala de los bosque, el rozo tala y quema, para el cambio del uso del suelo para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas, que han afectado a los almacenes y reservorios de carbono, determinado el incremento de emisiones hacia la atmosfera, por lo que es necesario medir dichos cambios de acuerdo a su historial, considerando que el cambio del uso del suelo es el factor que mas ha impactado en las emisiones de gases de efecto invernadero

hacia la atmosfera, estas áreas naturales protegidas ofrecen a la humanidad una serie de bienes y servicios ambientales valorizables, como el almacenamiento de carbono que se calcula en un 15%., del carbono terrestre. (DUDLEY *et al.*, 2009).

La captura de carbono en los diferentes sistemas agroforestales presenta diferencia que tiene que ver con el tipo de especie forestal asociado al sistema, así como la edad de la asociación, presentando diferencias y que en su evaluación se debe considerar la captura en la biomasa arbórea, la biomasa de hojarasca, y la biomasa de árboles muertos. (CONCHAI, *et al* 2007).

El desarrollo de propuestas para la mitigación del incremento de los gases de efecto invernadero en sistemas agroforestales con la captura y almacenamiento de carbono, en los países en desarrollo donde el análisis de costo beneficio es menor, por la existencia de gran cantidad de suelos erosionados, sin cobertura, en diferentes estados de degradación, donde es posible la instalación de plantaciones forestales se convierten en suelos con potencial para la captura y almacenamiento de carbono, con baja competencia de uso alternativo y bajos costos de instalación, con la inserción de especies nativas de rápido crecimiento y buena aceptación en el mercado, con potencial de captura de CO₂, son los más promocionados, la cantidad de carbono almacenado varía en los sistemas agroforestales y esta depende del tipo de asociación entre los cultivos, con las especies forestales, y del tipo de ambiente donde se desarrolla. (NORBERTO, 2006).

En los sistemas silvopastoriles, agrosilvopastoriles, y agroforestales la capacidad que tienen estos en la captura y almacenamiento de carbono

depende de las especies utilizadas, el sistema de siembra, la densidad de siembra, del manejo silvicultural, de los factores ambientales, entre otros. (SALGADO, 2004).

De esta manera los bosques, la implantación de los sistemas forestales, y el desarrollo de la industria forestal, puede contribuir a la captura y almacenamiento de carbono reduciendo el exceso presente en la atmosfera, su efectividad de la captura y almacenamiento de los bosques depende de la edad, disminuyendo gradualmente conforme aumenta la edad del bosque, esto no quiere decir que con la edad ya no se fije el carbono, sino que este potencial disminuye, estas características sirven de base para el diseño de alternativas de manejo de los diversos ecosistemas forestales, con manejo de los bosques naturales para que contribuyan en el secuestro, almacenamiento y acumulación de carbono y la no emisión de CO₂ a la atmosfera. (FINEGAN, 1997 y KYRKLUND, 1990).

2.1.2. El ciclo del carbono

El ciclo de carbono tiene etapas funcionales bien clara y esta comprometidas básicamente los procesos fisiológicos de las plantas quien a través de la fotosíntesis capturan el CO₂ atmosféricos, se tiene a los procesos fisiológicos respiratorio de los seres vivos, a través de esto se emite CO₂ a la atmosfera, un aspecto considerable son las emisiones por la quema de los combustibles fósiles y por fenómenos naturales como la erupciones volcánicas, y por la descomposición de la materia orgánica por los diversos organismo, y es acá que se ve que el ciclo del carbono gira principalmente alrededor del dióxido de carbono, que es el gas de efecto invernadero predominante en la atmosfera,

y es en base a este ciclo biogeoquímico que se busca el equilibrio del carbono presente en donde se establece todo un balance a través de procesos de fijación, almacenamiento y emisión de carbono en los diferentes reservorios y almacenes. (ORDÓÑEZ, 1999).

En el ciclo del carbono, los ecosistemas terrestres, son los que intervienen de una forma importante en el flujo del carbono desde la atmosfera hacia la vegetación y de esta hacia el suelo, son por los procesos fisiológicos de la fotosíntesis en donde se produce la transformación de la energía luminosa hacia energía química asimilable con la captura de CO₂ y que puede ser almacenada en su biomasa, y por los procesos de descomposición a través de diversos organismos, en donde se libera la energía, con emisión de CO₂ a la atmosfera, estos dos procesos interactuantes son los que mantienen el equilibrio dinámico de los intercambios gaseosos desde la atmosfera hacia la planta y de esta hacia el suelo, y son los procesos de deforestación los que afectan este equilibrio, por lo que es de suma importancia conocer los mecanismos que controlan estos procesos, ya que una parte del CO₂ asimilado y convertido en materia orgánica es devuelta a la atmosfera por los procesos de la respiración emitiendo nuevamente CO₂ a la atmosfera, e incorporado al ciclo del carbono. (GARCÍA y OLIVA, 1998).

Los reportes del incremento del CO₂ atmosférico nos muestra un panorama desalentador en estas últimas décadas por el incremento constante y en forma acumulativa de este gas importante de efecto invernadero, siendo los bosque los que nos dan una posible alternativa para reducir dichos incrementos de las emisiones de CO₂ a la atmosfera al intervenir de manera muy importante

en el ciclo del carbono en la captura y almacenamiento, por lo que es necesario conocer con precisión la dinámica de los flujos netos de carbono entre los diversos tipos de bosques y la atmosfera y sus implicancias en el cambio climático. (GARCÍA y OLIVA, 1998).

Hay diversas actividades que tienen un rol importante en el ciclo del carbono y que nos pueden ayudar a controlar los incrementos de los niveles de dióxido de carbono hacia la atmosfera, dentro de esta tenemos a la conservación de los bosques, la promoción de los sistemas forestales, la reforestación, el manejo forestal, rehabilitación de bosques, para acumular carbono se debe impulsar la creación de sumideros de carbono, mejorar los sumideros de carbono, prevenir la tasa de liberación de carbono fijado en los sumideros, entre otros. (MÁRQUEZ, 2000).

Un aspecto importante en el ciclo del carbono a ser evaluado es el secuestro de carbono, considerado como la forma de fijación en forma continua en cualquier sistema de uso del suelo, después de procesos de intervención en donde se tiene como resultados áreas degradadas o en diferentes etapas de degradación, las intervenciones mas comunes son el manejo de suelos con la implantación de sistemas agroforestales, programas de reforestación, actividades de conservación de suelos, la unidades para expresar la fijación de carbono son T.C/ha/año, donde la capacidad de almacenamiento de carbono está en relación a la capacidad del sistema de mantener una determinada cantidad de biomasa por hectárea, la misma que está en función de la diversidad y heterogeneidad del bosque, y por las condiciones del suelo y del clima. (ARÉVALO *et al.*, 2003).

Cuando nos estamos refiriendo al carbono almacenado en la vegetación arbórea, estamos haciendo referencia al carbono que se encuentra constituyendo las estructuras del árbol, y que forma parte de su biomasa, hasta que es remitido ya sea al suelo o a la atmosfera, se han determinado cuatro fuentes de almacenamiento de carbono: en la biomasa aérea y que se encuentra arriba del suelo, biomasa radicular que se encuentra abajo del suelo, biomasa de hojarasca, y la necro masa formado por las partes de la vegetación caídas muertas y que se acumulan en la superficie del suelo. (MÁRQUEZ, 2005).

Una forma de triplicar la acumulación y almacenamiento de carbono en el suelo es la de recuperar tierras de cultivos improductivos e implantar sistemas agroforestales, hay muchos reportes que nos indican que estos tipos de suelos se convierten en áreas con un potencial para el almacenamiento de carbono que deberían ser consideradas en las propuestas para la reducción del carbono atmosférico, la perdida de carbono en las tierras agrícolas es variable y dependerá de las condiciones de labranza, siendo esta mucho mayor en los primeros cinco años del cambio del uso del suelo. (FAO, 2002).

En el análisis cronológico del incremento de los gases de efecto invernadero se reportan que en los inicios de la revolución industrial las concentraciones de los gases de efecto invernadero tuvieron un incremento de 31% para el dióxido de carbono, 15% de incremento para el metano, 17% para óxidos de nitrógeno, siendo el resultado de este incremento la quema de combustibles fósiles y en menor proporción el aporte de otras actividades antropogénicas, a partir del siglo XX el incremento ha sido mayor principalmente por la quema de combustibles fósiles, siendo 19 países considerados como

países industrializados los que mas han emitido CO2 a la atmosfera y de estos es Estados Unidos y la China los principales emisores. (IPCC, 2001).

Los efectos de los incrementos de los gases de efecto invernadero en los últimos años han repercutido en la reducción de las capas de hilos polares, con el derretimiento de los témpanos de hielo, que a elevado los niveles de los océanos entre 10 a 25 cm., que pone en peligro a las zonas costeras que de continuar este derretimiento estas áreas serán inundadas, quedando muchas ciudades sumergidas en el agua, los suelos serán salinizados, afectado a la biodiversidad costera, el incremento de la temperatura tendrá efectos en la diversidad marina, con perdida de muchas especies, afectado su cantidad y distribución, este calentamiento también esta afectado las diversas áreas distribuidas de acuerdo a la latitud subiendo la temperatura a un promedio dos veces mayor que el promedio global y que tendrá impactos considerables en la biodiversidad. (IPCC, 2001).

Otros efectos del incremento de los gases de efecto invernadero son los impactos que repercuten hacia el cambio climático, con la alteración de los ciclos hídricos que ocasiona inundaciones en ciertas zonas y sequias en otras, con efectos directos en la producción de alimentos, aumento de la mortalidad, afectaciones a las poblaciones debido a estas inundaciones, tormentas, sequias, olas de calor, por lo que el cambio climático, con el calentamiento global del planeta no es solo un fenómeno ambiental, que altera las condiciones del clima, sino que tiene repercusiones económicas y sociales considerables, siendo los países pobres y en desarrollo los que sufren las peores consecuencias. (EARTH DAY NETWORK , 2006).

La implementación de los mercados de carbono son instrumentos internacionales para impulsar proyectos en los países en desarrollo para la conservación de ecosistemas frágiles, e impulsar los proyectos de sistemas forestales, de reforestación, de recuperación de áreas degradadas, y así también mejorar la situación económica de las comunidades relacionadas con estas áreas, mejorando las políticas y el nivel de vida de las zonas rurales, ya que al acceder a estos mercados, se tendría una fuente de ingreso adicional que le permitiría satisfacer sus necesidades básicas, sin afectar el ambiente. (Fondo Nacional Del Ambiente (FONAM, 2005).

Para conocer el potencial de almacenamiento de carbono de un bosque, así como la cantidad de carbono que este puede liberar hacia la atmosfera, se deben realizar estimaciones adecuadas de la cantidad de biomasa presente, siendo de gran importancia ya que permite determinar los compromisos de mitigación del incremento de los gases de efecto invernadero, con actividades de conservación y de manejo. (BROWN, et al., 1996).

De continuar el incremento de los gases de efecto invernadero se tiene previsto que para el año 2050 el cambio climático con el calentamiento global del planeta se tendría serias repercusiones en la economía, en base a las políticas implicadas en la naturaleza, generando un 20% de contracción de la económica, con la pérdida de un 40% de la biodiversidad, con una emigración de 200 millones de personas por efecto de las inundaciones y sequias que azotarían diversas áreas del planeta. (STERN, 2006).

Analizando el ciclo del carbono en forma global se tiene que los grandes almacenes de carbono son: los retenidos en las estructuras rocosas, en

la biomasa principalmente de los árboles, en la biomasa vegetal en general, en las reservas de combustibles fósiles y en los océanos, considerados estos últimos como los mayores productores de biomasa, los procesos fisiológicos de la fotosíntesis, respiración y oxidación son los que determinan los procesos de intercambio y el flujo del carbono entre el suelo, la atmósfera, los seres vivos y el agua, los intercambios de carbono se dan entre cuatro depósitos más importantes que se comportan con fuente o como sumidero siendo estos: los océanos, los sedimentos, la atmósfera y la biosfera. (CIESLA, 1996).

Dada la gran importancia que tienen los bosques, los ecosistemas boscosos, principalmente los bosques templados y los tropicales en el secuestro y almacenamiento de carbono, es por lo que están considerados en propuestas para su conservación, su manejo, su desarrollo y promoción como una oportunidad para la reducción de la concentración del dióxido de carbono atmosférico, y con esto aliviar el incremento del calentamiento global que trae consigo cambios drásticos en el clima, pero para ser considerados como parte de la solución se requiere un mejor conocimiento de los flujos, del tiempo de residencia, la permanencia y la estabilidad como sumideros de carbono, dándole una atención prioritaria al conocimiento del carbono de los suelos de estos ecosistemas considerado como el carbono más estable acumulado durante largos periodos de tiempo. (JANDL y RUBIO, 2005).

En el manejo de los bosques existen diferentes estrategias que pueden aumentar el stock de carbono en el suelo, implementados a través de la gestión de los sistemas forestales dentro de ellos se tiene: selección de las especies a ser utilizados en los sistemas forestales, la frecuencia de corte, la

longitud de la troza, etc. Implementando estas estrategias se puede maximizar el stock de carbono dentro de rangos específicas para cada tipo de bosque. (JANDL y RUBIO, 2005).

En los diferentes ecosistemas la actividad microbiana del suelo puede aumentar por el incremento de la temperatura del suelo aumentando la respiración microbiana y con esta incrementar la emisión de CO₂ hacia la atmósfera. En base a muchas consideraciones la gestión forestal para el secuestro de carbono ofrecería soluciones intermedias en el secuestro y acumulación de carbono en los diferentes sumideros terrestres en los próximos años. (JANDL y RUBIO, 2005).

Dentro de la serie de opciones para el secuestro y almacenamiento de carbono atmosférico a ser considerado por las diversas características es la del secuestro de carbono en el suelo, donde el flujo y la dinámica del ciclo del carbono en este ambiente presenta varias facetas, donde gran parte de este carbono es devuelto en forma casi inmediata hacia la atmósfera, y solo una pequeña parte del carbono muestra una larga permanencia en el y que es conocido como el carbono recalcitrante, y que al ser incrementado este podría tener gran efecto en el stock, al hacer una evaluación integral se debe tener claro que el secuestro de carbono en los bosques es solo una solución parcial al problema del cambio climático y que este debe ser complementado con otras propuestas que reduzcan las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera. (JANDL y RUBIO, 2005).

Otro aspecto para considerar cuando se evalúa las propuestas para la sostenibilidad del secuestro de carbono en los diferentes ecosistemas, son

que los ecosistemas cuando son jóvenes la captura de carbono son mucho mayores que la emisión y cuando los ecosistemas son maduros es decir han alcanzado el estado clímax, el carbono capturado es igual al carbono emitido, por el funcionamiento de sus actividades fisiológicas metabólicas. Una parte de este carbono secuestrado es aportado hacia el suelo por la caída de hojas, ramas, frutos, partes de tronco muertos, plantas muertas, y que se acumula como materia orgánica, con contenido de carbono, que serán desintegrados por los microorganismos del suelo, recargando el stock de carbono en el suelo, al hacer un análisis integral de todo el ecosistema podemos indicar que solamente una pequeña cantidad del carbono que entra en el ecosistema terrestre tiene realmente capacidad potencial de contribuir al secuestro del carbono. (JANDL y RUBIO, 2005).

Esta información puede ser de utilidad tanto para la zona estudiada como para el país, para que se promocióne en los diferentes programas, la siembra de *Inga edulis* C. Martius “huaba” a que da aporte en la recuperación de suelos degradados a su vez capturando el CO₂ atmosférico y aportando de esta manera contrarrestar los efectos del cambio climático, para el trabajo de investigación se ha planteado los siguientes objetivos.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo General

- Estudio comparativo de almacenamiento de carbono mediante el cálculo de la biomasa aérea total entre cultivos de *inga edulis* C. Martius “guaba” en diferentes periodos de siembra en suelos ex cicales en Tingo María.

2.2.2. Objetivo Específico

- Hacer la caracterización de las plantaciones de *Inga edulis* C. Martius “guaba” con diferentes periodos de siembra, para determinar la densidad en las parcelas ha ser evaluadas, que has sido sembradas en suelos ex cicales.
- Determinar la biomasa aérea total (tronco ramas y follaje) de *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembradas en suelos degradados ex cicales mediante el método destructivo, con tiempo de siembra de periodos de 2, 4, y 6 años en Tingo María
- Determinar si existe diferencias significativas en el almacenamiento de carbono de *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembradas en suelos degradados ex cicales mediante el método destructivo, con tiempo de siembra de periodos de 2, 4, y 6 años en Tingo María

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del estudio

Las plantaciones evaluadas esta ubicadas en las comunidades de Bajo Guacamayo y Alto Guacamayo, pertenecientes al centro poblado de Ricardo Palma, Distrito de Luyando, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

3.2. Características climáticas

De acuerdo a la estación meteorológica del SENAMHI de la ciudad de Tingo María, se tiene como registros una temperatura máxima media anual de 29,8° C., con una temperatura media anual de 24,5° C., y una temperatura mínima media anual de 19,2° C., una humedad media relativa anual de 80%, y con 3,300 milímetros de precipitaciones media anual, las épocas de lluvia son variables comenzando con mayor frecuencia en el periodo de los meses de octubre hasta abril, pero en los últimos años estos régimen han tenido grandes variaciones en su frecuencia así como en su intensidad, lo que ha ocasionado una serie de inundaciones y sequias que ha afectado a la actividad agrícola.

3.3. Relieve y suelos

Para el área donde se ha realizado las evaluaciones el relieve del suelo es mayormente colinoso con algunas excepciones donde se puede apreciar terrazas y algunas partes accidentadas que forman parte de la cadena

montañosa de la cordillera azul, con una altitud de 650 metros sobre el nivel del mar.

En las áreas de ubicación de las parcelas los suelos que lo conforman son mayormente de origen aluvial propias de las formaciones chonta, yurango, entre otros.

3.4. Zonas de vida

De acuerdo con el mapa ecológico del Perú (1995), la zona de vida característicos es la de bosque húmedo pre montano tropical, con presencia de vegetación boscosa propia de la ecorregión Rupa Rupa (Dinnerstein et al., 1995) o Selva Alta (Brack, 1986), con diversas afloraciones de pequeños ojos de agua, y una vegetación rivereña muy frondosa, con presencia de muchas epifitas

3.5. Flora

La vegetación que acompaña es básicamente propia de selva alta la cual se encuentra mayormente intervenida, se tiene registro desde hace 30 años donde en las áreas del Parque Nacional Tingo María se han hecho evaluaciones botánicas, se tiene registro de especies arbóreas, diversas palmeras y arbustos (Dourojeanni y Tovar, 1972). Algunos investigadores han realizado actualizaciones de estos registros que cada vez se han ido incrementando.

Dentro de la flora frecuente dentro del área de evaluación se observa, arboles pertenecientes a los géneros y especies como: *Cecropia sp*, *Guazuma crinita*, *Inga sp.*, *Virolas sp.*, *Guarea selvática*, *Nectandra sp.*, *Callophyllum sp*, *Clarisia racemosa*, *Nectandra cuspidata*, *Persea grandis*,

Buchenavia sp., *Nectandra grandis*, *Quararibea achrocalyx*, también se observa aunque no tan frecuentes y como resultado de proyectos de reforestación a *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Cedrelinga cateniformis*, *schisolobium amazonicum*, *Calycophyllum spruceanum*, entre otros,

Dentro del grupo de las palmeras es frecuente observar: *Mauritia flexuosa*, *Cocus mucifera*, *Attalea phalerata*

Para el área de estudio la vegetación es mayormente intervenida quedando algunos espacios con vegetación poco intervenida que corresponde a pequeñas lomas y cerros que forman parte de la cordillera Azul en donde por su fisiografía accidentada no es factible la realización de actividades agrícolas ganaderas.

3.6. Población y economía

La población de las comunidades cercanas a las parcelas de evaluación está formada por inmigrantes de los departamentos de San Martín, Huánuco, y Junín, principalmente de las zonas de Tarapoto, Lamas, Dos de Mayo, La unión, Cerro de Pasco, Panao, con un incremento en la migración en estos últimos años, quienes llegan en busca de trabajo.

Las actividades económicas se basan principalmente en la agricultura, con cultivos de cacao, plátano con diversas variedades, y cítricos, el cultivo de la coca ha sido erradicado quedando algunas pequeñas parcelas cuya producción es usada en el consumo local, la producción de otros frutales se da en pequeña escala, como el aguaje, sapote, annona, caimito, destinados a los mercados locales.

3.7. Materiales y equipos

Para realizar la evaluación de la cantidad de biomasa presente en las parcelas evaluadas se utilizará los materiales y equipos que se detallan a continuación:

- Lapiceros
- Estacas
- Libreta de campo
- Capas impermeables
- Botas de jebe
- Bolsas de polietileno
- Bolsas de papel
- Engrampadora
- Wincha de 50 metros.
- Balanza
- Rafia
- Motosierra
- Estufa
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Sacos

3.8. Metodología

3.8.1. Caracterización del área de estudio

Las evaluaciones se realizaron en las parcelas del fundo “JG” en donde se procedió a seleccionar las parcelas de estudio de acuerdo con el diseño, y tratamientos en estudio, las áreas de estudio estuvieron conformadas por plantaciones de *Inga edulis* C. Martius de media hectárea con dos años de edad, otra plantación de dos hectáreas con cuatro años de edad y una tercera plantación de 3 hectáreas con seis años de edad, sembradas en alta densidad con distanciamiento de 3 x 3, en estas áreas se seleccionó parcelas de 5 mts. por 100 mts., con tres repeticiones

Para determinar el carbono almacenado de las plantaciones de *Inga edulis* “huaba se utilizó el método destructivo, para esto se tuvo que talar el árbol hacer trozas pequeñas tanto del fuste principal como de las ramas para poder pesar en la balanza, las ramas pequeñas fueron recogidas en su totalidad en un saco para poder pesarlo de igual manera se recogió todas las hojas depositándolo en bolsa para su pesaje.

3.8.1.1. Población

Plantaciones de *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembradas en suelos degradados de ex cicales con 2, 4, y 6 años de siembra respectivamente, en Ricardo Palma - Tingo María.

3.8.1.2. Muestra

En las parcelas seleccionadas se tomaron tres arboles de “guaba” de la parte central las mismas que fueron seleccionadas al azar de las tres áreas con diferentes periodos de siembra con tres repeticiones, estando conformada la muestra por nueve arboles por periodo de siembra.

3.8.1.3. Tipo de muestreo

Probabilístico, con muestreo aleatorio simple porque cualquiera planta de *Inga edulis* C. Martius “guaba” tendrá la oportunidad de ser integrantes de la muestra para ser usada en la evaluación

3.8.2. Fase de Campo

Se ubicaron parcelas con suelo degradados ex cicales, con cultivo de *Inga edulis* C. Martius “guaba” de 2, 4, y 6 años de edad respectivamente.

3.8.2.1. Delimitación

Se ubicó el área de estudio para poder llevar las evaluaciones de captura de carbono y se trazaron bloques de 5 m x 100 m, 3 repeticiones, en donde se realizó el muestreo.

3.8.2.2. Recopilación de datos

Se recolecto muestras del material arbóreo (*Inga edulis*), siguiendo la metodología mencionada por el Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF, 2002) adaptada para el presente trabajo considerando el método destructivo aplicando dicha metodología en el área de cultivos de *Inga edulis* C. Martius “guaba” con diferentes edades de siembra.

3.8.2.3. Biomasa arbórea viva

En las plantaciones de *Inga edulis* C. Martius “guaba” de 2, 4, y 6 años de edad respectivamente, se evaluó la biomasa viva presente en troncos, ramas, hojas de los árboles de acuerdo a las edades seleccionadas, para esto

se trazaron tres parcelas de 5 m x 100 m. dentro de las cuales se contaron todos los árboles, de estos se tomaron al azar 03 árboles que fueron talados y cortados en trozas para luego ser pesados, se recogió todas las ramas separándolo de las hojas las que fueron pesadas y se recogió todas las hojas las que también fueron pesadas, registrándose el peso húmedo. Se sacó el promedio para la biomasa de los árboles talados según edad y también se sacó el promedio del número de árboles por parcela para ser inferido a una hectárea, con el número de árboles promedio por hectárea, de acuerdo con las edades se sacó un promedio considerando las diferentes edades para inferir y hacer la comparación entre parcelas.

De la totalidad de las muestras recogida de la tala de los árboles de *Inga edulis* C. Martius “guaba” (trozas de tallo y de ramas, y hojas) se tomó una parte de esta y se llevó a una estufa previamente pesada, (peso húmedo) para ser secadas a una temperatura de 105 °C por 24 horas determinado así el peso seco, obtenido los datos para hacer los cálculos finales.

Figura 1. Diseño de parcelas para la evaluación de los diferentes componentes de la biomasa aérea viva según diferentes edades.

	100 m.	
5 m.		2 años
	100 m.	
5 m.		2 años
	100 m.	
5 m.		2 años
	100 m.	
5 m.		4 años
	100 m.	
5 m.		4 años
	100 m.	
5 m.		4 años
	100 m.	
5 m.		6 años
	100 m.	
5 m.		6 años
	100 m.	
5 m.		6 años

Para determinar la biomasa del tronco en Bt en, tn/ha, se utilizó la siguiente ecuación modificada:

- $Bt = ((PSM/PFM) \times PFT) \times NA/ha$

Donde:

Bt = biomasa del tronco o fuste

PSM = peso seco de la muestra evaluada

PFM = peso fresco de la muestra evaluada

PFT = peso fresco total del fuste por árbol

NA/ha = número de árboles por hectárea

Para el cálculo de carbono de la biomasa del tronco CT (tn/ha).

$$CT = Bt \text{ (tn/ha)} \times 0.5$$

Donde

CT = carbono del tronco

Bt = biomasa del tronco

0.50 = valor propuesto por IPCC.

Para determinar la biomasa de las ramas en tn/ha, se utilizó la siguiente ecuación modificada:

- $Br \text{ (tn/ha)} = ((PSM/PFM) \times PFT) \times NA/ha$

Donde:

Br = biomasa de las ramas

PSM = peso seco de las ramas

PFM = peso fresco de las ramas

PFT = peso fresco total de las ramas por árbol

NA/ha = número de árboles por hectárea

Para el cálculo de carbono de la biomasa de las ramas CR.

$$CR = Br \text{ (tn/ha)} \times 0.5$$

CR biomasa de las ramas

0.50 = valor propuesto por IPCC.

Br = carbono de las ramas

Para determinar la biomasa de las hojas en tn/ha, se utilizó la siguiente ecuación modificada:

- $Bh \text{ (tn/ha)} = ((PSM/PFM) \times PFT) \times NA/ha$

Donde:

Bh = biomasa de las hojas

PSM = peso seco de las hojas colectada

PFM = peso fresco de las hojas colectada

PFT = peso fresco total de las hojas por árbol

NA/ha = número de árboles por hectárea

Para el cálculo de carbono de la biomasa de las hojas CH.

$$CH = Bh \text{ (tn/ha)} \times 0.5$$

CH = carbono de las hojas

Bh = biomasa de las hojas

0.50 = valor propuesto por IPCC.

Para el cálculo de carbono total presente en la biomasa arbórea viva según edades se realizó con la siguiente ecuación:

- $C \text{ total} = CT \text{ (tn/ha)} + CR \text{ (tn/ha)} + CH \text{ (tn/ha)}$

Donde:

C total = carbono total presente en la biomasa arbórea viva
en tn/ha

CT (tn/ha) = carbono tronco (tn/ha).

CR (tn/ha) = carbono ramas (tn/ha).

CH (tn/ha) = carbono hojas (tn/ha).

IV. RESULTADOS

Cuadro 1. Peso húmedo en kilogramos de biomasa de árboles de *Inga edulis* C. Martius de las parcelas con 2 años de edad.

Parcela	Parte del arbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3
I	Tronco	45.5	77.2	71.7
	Ramas	8.9	11.5	12.5
	Hojas	17.3	23.8	20.4
II	Tronco	42.8	80.2	75.6
	Ramas	7.4	15.2	12
	Hojas	16.5	24.3	23.4
III	Tronco	58.4	70.5	81.5
	Ramas	9.6	11.2	16.3
	Hojas	17.9	23.6	26.4

En el Cuadro 1. se presenta el peso húmedo en kilogramos de la biomasa de los árboles de *Inga edulis*, con 02 años de edad, desagregado de acuerdo con sus partes aéreas del árbol, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cicales, acá se muestra la evaluación de 09 arboles que nos permite tener un mejor promedio, que como se puede apreciar existe una mayor cantidad de biomasa en el tronco, en segundo termino esta en las hojas, y en menor proporción en las ramas.

Cuadro 2. Peso húmedo en kilogramos de biomasa del tronco de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 2 años de edad.

Parcela	Parte del árbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	tronco	45.5	77.2	71.7	64.8
II	tronco	42.8	80.2	75.6	66.2
III	tronco	58.4	70.5	81.5	70.1
Promedio total		67.04			

En el cuadro 2. se muestra el promedio de la biomasa húmeda en kilogramos de los troncos, considerando el promedio por parcela que esta entre 64.8 a 70.1 Kg, por árbol y con 67.04 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, la plantación de *Inga edulis*, fue sembradas en alta densidad con 1200 plantas sembradas por hectárea, con un cálculo de plantas vivas de 930 plantas por hectárea, la disminución de las plantas sembradas se debe principalmente a las condiciones iniciales de los suelos, suelos ex cicales.

Cuadro 3. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa tronco de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 2 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arboles	1481,629	2	740,814	15,502	0,013
Parcela	45,876	2	22,938	0,480	0,650
Error	191,158	4	47,789		
Total, corregido	1718,662	8			

a. R al cuadrado = 0,889 (R al cuadrado ajustada = ,778)

De acuerdo con el cuadro 3. se puede observar que p valor es 0,013, que es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se concluye que existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa del tronco de los arboles con 02 años de siembra en la misma parcela y que como el p valor es de 0.650, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa del tronco de los árboles con 02 años de edad entre parcelas.

Cuadro 4. Peso húmedo en kilogramos de biomasa de las ramas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 2 años de edad, considerando el tronco.

Parcela	Parte del arbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Ramas	8.9	11.5	12.5	10.97
II	Ramas	7.4	15.2	12	11.53
III	Ramas	9.6	11.2	16.3	12.37
Promedio Total				11.62	

En el cuadro 4. se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de las ramas, considerando el promedio por parcela que esta entre 10.97 a 12.37 Kg, por árbol y con 11.62 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas no difieren mucho del promedio total.

Cuadro 5. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa ramas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 2 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arboles	41,602	2	20,801	4,051	0,109
Parcela	2,976	2	1,488	0,290	0,763
Error	20,538	4	5,134		
Total, corregido	65,116	8			

a. R al cuadrado = ,685 (R al cuadrado ajustada = ,369)

De acuerdo con el cuadro 5. se puede observar que p valor es 0,109, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las ramas de los árboles con 02 años de siembra en la misma parcela y que como el p valor es de 0.763, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las ramas de los árboles con 02 años de edad entre parcelas.

Cuadro 6. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las plantaciones con *Inga edulis* C. Martius de 2 años de edad, considerando la parte: hojas.

Parcela	Parte del árbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Hojas	17.3	23.8	20.4	20.5
II	Hojas	16.5	24.3	23.4	21.4
III	Hojas	17.9	23.6	26.4	22.6
Promedio Total		21.5			

En el cuadro 6. se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de las hojas, considerando el promedio por parcela que esta entre 20.5 a 22.6 Kg, por árbol y con 21.5 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas no difieren mucho del promedio total.

Cuadro 7. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa hojas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 2 años de edad.

Origen	Tipo III de		Media		
	suma de cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Arboles	82,722	2	41,361	13,381	0,017
Parcela	6,882	2	3,441	1,113	0,413
Error	12,364	4	3,091		
Total, corregido	101,969	8			

a. R al cuadrado = ,879 (R al cuadrado ajustada = 0,757)

De acuerdo con el cuadro 7. se puede observar que p valor es 0,017, que es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se rechaza la

hipótesis nula H_0 y se concluye que existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las hojas de los árboles con 02 años de siembra en la misma parcela y que como el p valor es de 0.413, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las hojas de los árboles con 02 años de edad entre parcelas.

Cuadro 8. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad.

Parcela	Parte del arbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3
I	Tronco	213	240	95.7
	Ramas	14.8	16.4	15
	Hojas	59.6	41.7	19
II	Tronco	220	230	190
	Ramas	16.5	17.9	14.6
	Hojas	40.3	46.5	34.2
III	Tronco	201	253	215.6
	Ramas	15.1	18.6	16.4
	Hojas	36.5	42.6	39.8

En el Cuadro 8. se presenta el peso húmedo en kilogramos de la biomasa de los árboles de *Inga edulis*, con 04 años de edad, desagregado de acuerdo a sus estructuras aéreas del árbol, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cicales, acá se muestra la evaluación de 09 árboles que nos permite tener un mejor promedio, la plantación de *Inga edulis*, fue sembradas en alta densidad con 1200 plantas sembradas por hectárea, con un cálculo de plantas vivas a los 04 años de edad de 840 plantas por hectárea, la disminución

de las plantas sembradas se debe principalmente a las condiciones iniciales de los suelos, suelos erosionados ex cicales, y por la competencia entre arboles

Cuadro 9. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad, considerando la parte: tronco.

Parcela	Parte del arbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Tronco	213	240	95.7	182.9
II	Tronco	220	230	190	213.3
III	Tronco	201	253	215.6	223.2
Promedio Total		206.48			

En el cuadro 9. se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de los troncos, considerando el promedio por parcela que esta entre 182.9 a 223.2 Kg, por árbol y con 206.48 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas difieren con respecto del promedio total.

Cuadro 10. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa de tronco de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arboles	8297,909	2	4148,954	2,872	0,168
Parcela	2647,629	2	1323,814	0,917	0,470
Error	5777,658	4	1444,414		
Total, corregido	16723,196	8			

a. R al cuadrado = 0,655 (R al cuadrado ajustada = 0,309)

De acuerdo al cuadro 10 se puede observar que p valor es 0,168, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa del tronco de los árboles con 04 años de edad en la misma parcela y que como el p valor es de 0.470, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa del tronco de los árboles con 04 años de edad entre parcelas.

Cuadro 11. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad, parte: ramas.

Parcela	Parte del arbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Ramas	14.8	16.4	15	15.40
II	Ramas	16.5	17.9	14.6	16.33
III	Ramas	15.1	18.6	16.4	16.70
Promedio Total		16.14			

En el cuadro 11 se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de las ramas, considerando el promedio por parcela que esta entre 15.40 a 16.70 Kg, por árbol y con 16.14 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas no difieren mucho del promedio total.

Cuadro 12. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa ramas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arboles	10,002	2	5,001	6,128	0,061
Parcela	2,696	2	1,348	1,651	0,300
Error	3,264	4	0,816		
Total, corregido	15,962	8			

a. R al cuadrado = ,795 (R al cuadrado ajustada = ,591)

De acuerdo al cuadro 12 se puede observar que p valor es 0,061, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las ramas de los árboles con 04 años de edad en la misma parcela y que como el p valor es de 0.300, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las ramas de los árboles con 04 años de edad entre parcelas.

Cuadro 13. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad, considerando la parte: hojas.

Parcela	Parte del árbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Hojas	59.6	41.7	19	40.1
II	Hojas	40.3	46.5	34.2	40.3
III	Hojas	36.5	42.6	39.8	39.6
Promedio total		40.0			

En el cuadro 13 se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de las hojas, considerando el promedio por parcela que esta entre 39.6 a 40.3 Kg, por árbol y con 40.0 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas no difieren mucho del promedio total.

Cuadro 14. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa hojas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arboles	371,529	2	185,764	1,349	0,357
Parcela	0,762	2	0,381	0,003	0,997
Error	550,784	4	137,696		
Total, corregido	923,076	8			

a. R al cuadrado = ,403 (R al cuadrado ajustada = -,193)

De acuerdo al cuadro 14 se puede observar que p valor es 0,357, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las hojas de los árboles con 04 años de siembra en la misma parcela y que como el p valor es de 0.997, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las hojas de los árboles con 04 años de edad entre parcelas.

Cuadro 15. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad.

Parcela	Parte del arbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3
I	Tronco	466.1	434.2	510.6
	Ramas	28.5	25.2	29.7
	Hojas	58.8	52.7	51.9
II	Tronco	410.6	470.3	502.8
	Ramas	25.2	29.3	30.5
	Hojas	52.4	48.6	54.3
III	Tronco	480.6	520.4	505.7
	Ramas	29.4	31.2	30.4
	Hojas	57.4	56.4	55.4

En el Cuadro 15, se presenta el peso húmedo en kilogramos de la biomasa de los árboles de *Inga edulis* C. Martius, con 06 años de edad, desagregado de acuerdo a sus estructuras aéreas del árbol, sembradas en alta densidad en suelos degradados ex cicales, acá se muestra la evaluación de 09 árboles que nos permite tener un mejor promedio, la plantación de *Inga edulis* C.

Martius, fue sembradas en alta densidad con 1200 plantas por hectárea, con un cálculo de plantas vivas a los 06 años de siembra de 720 plantas por hectárea, la disminución de las plantas sembradas se debe principalmente a las condiciones iniciales de los suelos, suelos erosionados, y por la competencia entre arboles.

Cuadro 16. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad, parte: tronco

Parcela	Parte del árbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Tronco	466.1	434.2	510.6	470.3
II	Tronco	410.6	470.3	502.8	461.2
III	Tronco	480.6	520.4	505.7	502.2
Promedio total		477.92			

En el cuadro 16 se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de los troncos, considerando el promedio por parcela que esta entre 461.3 a 502.2 Kg, por árbol y con 477.92 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas difieren con respecto del promedio total.

Cuadro 17. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa de tronco de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Arboles	4402,516	2	2201,258	2,363	0,210
Parcela	2782,942	2	1391,471	1,494	0,328
Error	3726,198	4	931,549		
Total, corregido	10911,656	8			

a. R al cuadrado = ,659 (R al cuadrado ajustada = ,317)

De acuerdo al cuadro 17 se puede observar que p valor es 0,210, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa del tronco de los árboles con 06 años de edad en la misma parcela y que como el p valor es de 0.328, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa del tronco de los árboles con 02 años de edad entre parcelas.

Cuadro 18. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad, considerando parte: ramas.

Parcela	Parte del árbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Ramas	28.5	25.2	29.7	27.80
II	Ramas	25.2	29.3	30.5	28.33
III	Ramas	29.4	31.2	30.4	30.33
Promedio total		28.82			

En el cuadro 18 se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de las ramas, considerando el promedio por parcela que esta entre 27.80 a 30.33 Kg, por árbol y con 28.82 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas no difieren mucho del promedio total.

Cuadro 19. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa ramas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 4 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ARBOLES	9,669	2	4,834	1,059	0,428
PARCELA	10,702	2	5,351	1,172	0,398
Error	18,264	4	4,566		
Total, corregido	38,636	8			

a. R al cuadrado = ,527 (R al cuadrado ajustada = ,055)

De acuerdo al cuadro 19, se puede observar que p valor es 0,428, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las ramas de los árboles con 06 años de edad en la misma parcela y que como el p valor es de 0.398, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las ramas de los árboles con 06 años de edad entre parcelas.

Cuadro 20. Peso húmedo en kilogramos de la muestra seleccionada de las parcelas sembradas con *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad, considerando parte: hojas.

Parcela	Parte del árbol	Arbol 1	Arbol 2	Arbol 3	Promedio por parcela
I	Hojas	58.8	52.7	51.9	54.5
II	Hojas	52.4	48.6	54.3	51.8
III	Hojas	57.4	56.4	55.4	56.4
Promedio Total		54.2			

En el cuadro 20, se muestra el promedio en kilogramos de la biomasa húmeda de las hojas, considerando el promedio por parcela que esta entre 51.8 a 56.4 Kg, por árbol y con 24.2 Kg, por árbol como peso promedio total de las parcelas evaluadas, como se puede apreciar los promedios de las parcelas no difieren mucho del promedio total.

Cuadro 21. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: biomasa hojas de los árboles de *Inga edulis* C. Martius de 6 años de edad.

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
ARBOLES	20,336	2	10,168	1,506	0,325
PARCELA	32,496	2	16,248	2,407	0,206
Error	26,998	4	6,749		
Total, corregido	79,829	8			

a. R al cuadrado = ,662 (R al cuadrado ajustada = ,324)

De acuerdo al cuadro 21 se puede observar que p valor es 0,325, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las hojas de los árboles con 06 años de edad en la misma parcela y que como el p valor es de 0.206, es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre árboles para el carbono almacenado en la biomasa de las hojas de los árboles con 06 años de edad entre parcelas.

Cuadro 22. Porcentaje en kilogramos de biomasa seca de la muestra.

Parte del árbol	Porcentaje de biomasa seca de muestra kg.		
	Peso humedo	Peso seco	% peso seco
Tronco	0.725	0.415	57.24
Ramas	325	0.16	49.23
Hojas	0.325	0.145	44.62

En el cuadro 22, se tiene el porcentaje en kilogramos de biomasa seca de la muestra que procede después de tomar una parte de la muestra húmeda y someterlo a un proceso de secado en una estufa después se pesa y se calcula el porcentaje, estos resultados nos permiten calcular la biomasa seca.

Cuadro 23. Peso en kilogramos biomasa húmeda promedio por árbol

Edad	Tronco	Ramas	Hojas	Total
2 años	67.04	11.62	21.5	103.96
4 años	206.48	16.14	40	262.62
6 años	477.92	28.82	54.2	560.94

En el cuadro 23, se tiene el resultado en kilogramos de la biomasa húmeda promedio de tronco, ramas, hojas y el promedio total por árboles, y se puede observar que el promedio por árbol de las muestras evaluadas de 06 años de edad muestra el mayor peso en kilogramos

Cuadro 24. Peso biomasa seca promedio: tronco del árbol

Edad	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Promedio
2 años	37.09	37.89	40.13	38.37
4 años	104.69	122.09	127.76	118.18
6 años	269.20	263.99	287.46	273.55

En el cuadro 24 se tiene el promedio en kilogramos del peso seco del tronco del árbol por parcela y por periodo y de puede observar que los pesos del tronco del árbol promedio por parcela no difieren mucho del promedio global, pero en el peso seco del tronco del árbol promedio por árbol por periodos si existe diferencias siendo mucho mayor en el periodo de 06 años de edad

Cuadro 25. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: peso biomasa seca promedio: tronco del árbol.

Origen	S.C.	gl	C.M.	F	Sig.
Parcela	346,905	2	173,452	2,765	0,176
Dictancia	85819,105	2	42909,553	684,061	0,000
Error	250,911	4	62,728		
Total, corregido	86416,921	8			

a. R al cuadrado = ,997 (R al cuadrado ajustada = ,994)

De acuerdo al cuadro 25, se puede observar que p valor es 0,176, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre el peso seco promedio del tronco del árbol entre arboles del mismo periodo y que como el p valor es de 0.000, es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se concluye que si existe diferencias significativas entre el peso de la biomasa seca promedio: tronco del árbol entre árboles de los diferentes periodos de siembra.

Cuadro 26. Peso en kilogramos biomasa seca promedio: ramas del árbol.

Edad	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Promedio
2 años	5.40	5.68	6.09	5.72
4 años	7.58	8.04	8.22	7.95
6 años	13.69	13.95	14.93	14.19

En el cuadro 26, se tiene el promedio en kilogramos por parcela del peso seco de las ramas del árbol, por parcela y por periodo y de puede observar que los pesos seco promedio por parcela ramas del árbol no difieren mucho del promedio general, pero en el peso seco promedio de ramas del árbol por periodos si existe diferencias siendo mucho mayor en el periodo de 06 años de edad.

Cuadro 27. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: peso biomasa seca promedio: ramas del árbol

Origen	S.C.	gl	C.M.	F	Sig.
parcela	1,119	2	0,559	11,472	0,022
dictancia	115,607	2	57,803	1185,306	0,000
Error	0,195	4	0,049		
Total, corregido	116,921	8			

a. R al cuadrado = ,998 (R al cuadrado ajustada = ,997)

De acuerdo al cuadro 27, se puede observar que p valor es 0,022, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre el peso seco promedio de ramas del árbol entre arboles del mismo periodo y que como el p valor es de 0.000, es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$,

entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se concluye que si existe diferencias significativas entre el peso de la biomasa seca promedio: ramas del árbol entre árboles de los diferentes periodos de siembra.

Cuadro 28. Peso en kilogramos biomasa seca promedio: hojas del árbol

Edad	Parcela I	Parcela II	Parcela III	Promedio
2 años	9.15	9.55	10.08	9.59
4 años	17.89	17.98	17.67	17.85
6 años	24.32	23.11	25.17	24.20

En el cuadro 28, se tiene el promedio en kilogramos por parcela del peso seco de las hojas del árbol, por parcela y por periodo y se puede observar que los pesos seco promedio por parcela hojas del árbol no difieren mucho del promedio general, pero en el peso seco promedio de hojas del árbol por periodos si existe diferencias siendo mucho mayor en el periodo de 06 años de edad.

Cuadro 29. Pruebas de efecto inter-sujetos variable dependiente: peso biomasa seca promedio: ramas del árbol

Origen	S.C.	gl	C.M.	F	Sig.
Parcela	0,906	2	0,453	1,051	0,430
Dictancia	321,837	2	160,919	373,375	0,000
Error	1,724	4	0,431		
Total	2991,156	9			
Total, corregido	324,467	8			

a. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,989)

De acuerdo al cuadro 29, se puede observar que p valor es 0,430, que es mayor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se acepta la hipótesis nula H_0 y se concluye que no existe diferencias significativas entre el peso seco promedio de hojas del árbol entre arboles del mismo periodo y que como el p valor es de 0.000, es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0,05$, entonces se rechaza la hipótesis nula H_0 y se concluye que si existe diferencias significativas entre el peso de la biomasa seca promedio: hojas del árbol entre árboles de los diferentes periodos de siembra.

Cuadro 30. Peso biomasa seca por hectárea

Edad	Peso biomasa seco promedio por arbol	Peso biomasa seca por hectarea
2 años	53.68	49922.4
4 años	143.98	120943.2
6 años	312.65	225108.0

En el cuadro 30, se tiene los resultados de los cálculos de la biomasa seca por hectárea en donde las parcelas del periodo de siembra de 02 años al hacer el calculo de arboles por hectárea de determino 930 árboles, de las parcelas que inicialmente fueron sembradas a alta densidad con un distanciamiento de 3 X 3, la disminución del numero de arboles se debe mas que todo a las condiciones del suelo inicial suelos erosionado ex cicales, en las parcelas del periodo de siembra de 04 años al hacer el calculo de arboles por hectárea se determinó 840 árboles, acá en esto la disminución del número de árboles de debe además de las características del suelo inicial suelo erosionado,

a la competencia entre árboles, y en el periodo de 06 años la cantidad de arboles por hectárea determinado es de 720 árboles atribuyéndole la disminución de igual manera a las condiciones de los suelos iniciales, y a la competencia entre árboles.

Cuadro 31. Calculo de carbono almacenado en toneladas por hectárea.

Edad	Peso biomasa seco por hectarea	Carbono almacenado por hectarea
2 años	49922.4	24,961.2
4 años	120943.2	60,471.6
6 años	225108.0	112,554.0

En el cuadro 31, se tiene el resultado del cálculo del carbono aéreo almacenado en las estructuras de los árboles de *Inga edulis* C. Martius “huaba” sembradas en alta densidad con un distanciamiento de 3 X 3, en suelos degradados ex cicales, y en estos resultados se puede observar la elevada cantidad de carbono almacenado que está siendo incrementado en los diferentes periodos evaluados.

V. DISCUSIÓN

RAMÍREZ (2013), reporta para un estudio sobre contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en la localidad de Esperanza, río Yavari, 910,63 tC donde las especies *Virola calophylla* “cumala” (277,10 tC) y *Chorisia integrifolia* “lupuna” (100,56 tC) obtuvieron mayor cantidad de carbono almacenado; mientras que por hectárea alcanzó 2,14 tC/ha, siendo la especie *Virola calophylla* “cumala” la que obtuvo el más alto valor con 0,65 tC/ha que representa el 30,42% del total. Estos resultados reportados son de un bosque el cual está conformado por diferentes especies y que cuenta con muchos años de formación, pero coincidimos con lo informado puesto que es en las especies forestales donde se tiende a almacenar la gran cantidad de carbono como lo demostramos en nuestro estudio donde *Inga edulis* C. Martius es una especie forestal de rápido crecimiento y que en la parcela evaluada ha sido sembrada en alta densidad y es por esta razón que reportamos 112.554 tC/ha para la plantación de *Inga edulis* C. Martius con 6 años de edad.

DEL ÁGUILA (2013), manifiesta que en un estudio sobre secuestro de CO₂ y almacenamiento de carbono en plantaciones de *Cedrelinga*

cateniformis Ducke “tornillo” en tres edades diferentes en el CIEFOR-Puerto Almendra, que la plantación de 43 años reporta la mayor biomasa arbórea con 301,50 t/ha, seguida de la plantación de 35 años con 222,26 t/ha y la de 27 años con 56,93 t/ha. Además, la plantación que presenta mayor almacenamiento de carbono es la de 43 años con 186,93 tC/ha., seguido de la edad 35 con 137,80 tC/ha., y la de 27 con 35,30 tC/ha, demostrando que el carbono almacenado depende de la edad de plantación, coincidiendo con lo manifestado en cuanto a que el carbono almacenado en las plantaciones forestales se incrementa con la edad de la plantación, como se puede observar para el presente trabajo en donde la plantación de *Inga edulis* C. Martius evaluada con una edad de dos años almacena 24.961 tC/ha, y una plantación de *Inga edulis* C. Martius con una edad de seis años almacena 112.554 tC/ha., y además al hacer el comparativo referente al carbono almacenado de la plantación de *Cedrelinga cateniformis* Duckede con edad de 27 años reporta 35.30 tC/ha., en comparación con la reportada para el presente trabajo en la plantación de *Inga edulis* C. Martius de 6 años con 112.554 tC/ha., ambas especies son leguminosas la diferencia es que *Inga* es de rápido crecimiento y *Cedrelinga* es de lento crecimiento además DEL AGUILA (2013), no reporta la densidad de la plantación, aun así consideramos a *Inga edulis* con una gran eficiencia en la captura y almacenamiento de carbono.

GONZALES (2012), presenta para un estudio sobre valoración económica del secuestro de CO₂ en plantaciones de *Vochysia lomatophylla* (standl) “quillosa” de diferentes edades en el CIEFOR Puerto Almendra, a la plantación de 33 años con mayor cantidad de biomasa total (191,53 t/ha), seguido de la plantación de 22 años con 154,62 t/ha., y finalmente con menor

cantidad la plantación de 13 años con 75,04 t/ha., asimismo, la mayor cantidad de stock de carbono reporta la plantación de 33 años con 118,75 tC/ha., mientras que la plantación de 22 años muestra 95,86 tC/ha., y la de 13 años exhibe 46,52 tC/ha., para el caso es importante indicar que *Vochysia lomatophylla* (standl) es una especie forestal adaptada eficientemente en bosques inundables de nuestra amazonia y a diferencia de Inga no fija el nitrógeno, *Vochysia lomatophylla* (standl) pertenece al orden Rutales, pero lo importante del trabajo reportado por GONZALES (2013), es que nos está demostrando la capacidad de captura y de almacenamiento de carbono por esta especie forestal aunque no nos reporta la densidad de siembra, pero aun así podemos indicar igual que *Inga edulis* C. Martius presenta una alta capacidad de captura y de almacenamiento de carbono y que es una especie que puede desarrollarse en suelos degradado ex cicales que para el país se reportan más de 120,000 ha., las cuales están abandonada.

VI. CONCLUSIONES

- *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembrada en suelos degradados con un distanciamiento de 3 x 3 tiene un porcentaje de mortalidad disminuyendo su densidad conforme pasan los años de siembra
- *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembrada en suelos ex cicales tiende a crecer en forma eficiente capturando y almacenando carbono en las diferentes partes de sus estructuras tronco, ramas y hojas siendo esta eficiencia mayor conforme aumenta la edad de la plantación
- *Inga edulis* C. Martius “guaba” sembrada en un sistema de alta densidad a los 6 años de edad almacena 112.554 tC/ha.
- No existe diferencias significativas en el almacenamiento de carbono de los árboles de la misma edad.
- Existe diferencias significativas en el almacenamiento de carbono entre los árboles de diferentes periodos de siembra

VII. RECOMENDACIONES

- Que se realice estudios similares con otras especies de leguminosas arbóreas de rápido crecimiento para aportar a la recuperación de suelos degradados.
- Que se realice la evaluación de la biomasa arbórea radicular para determinar el aporte y almacenamiento de carbono en el suelo, por parte de *Inga edulis* C. Martius.
- Que se proponga proyectos de reforestación con *Inga edulis* C. Martius, para la recuperación de suelos degradados distribuidos en la región de la selva.
- Que se proponga proyectos de reforestación con *Inga edulis* C. Martius, para la captura y almacenamiento de CO₂ en suelos degradados distribuidos en la región de la selva

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, M. (2003). Diseño y aplicación de un método para medir los almacenes de carbono en sistemas con vegetación forestal y agrícolas de ladera en México. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Posgraduados.
- ANDRADE, J. & IBRAHIM, M. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en sistemas silvopastoriles? En: Revista Agroforestería de las Américas vol. 10. p 1-8.
- APEZTEGUÍA, H.P, R.C. IZAURRALDE, R. SERENO. (2009). Simulation study of soil organic matter dynamics as affected by land use and agricultural practices in semiarid Córdoba, Argentina. Soil and Tillage Research 102: 101–108.
- 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.
- ASHAGRIE Y., ZECH W., GUGGENBERGER G. Y T. MAMO. (2007). Soil aggregation, and total and particulate organic matter following

conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. *Soil and Tillage Research* 94: 101–108.

ÁVILA, G., JIMÉNEZ, F., BEER, J., GÓMEZ, M. & MUHAMMAD., I. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. En *Agroforestería en las Américas* Vol 8 No 30. PP. 32 - 35.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, WASHINGTON D.C. (2014). Fundamentos del cambio climático. recuperado de <http://es.scribd.com/doc/248552756/fundamentos-del-Cambio-Climatico-pdf#scribd>.

BONINO, E.E. (2006). Changes in carbon pools associated with a land-use gradient in the Dry Chaco, Argentina. *Forest Ecology and Management* 223: 183–189.

BRACK A., Y MENDIOLA C. (2000). *Ecología Del Perú*. http://www.peruecologico.com.pelib_c2.htm

BROWN S, LUGO AE. (1982). The storage and production of organic matter in tropical forests and their role in de global carbon cycle. *Biotropica*. 14 (3):161-187.

BROWN, S., LUGO, A., CHAPMAN, J. (1986). biomass of tropical tree plantations and its implications for the global carbon budget. *Canadian Journal of Forest Research*, 16(2): 390-394.

- BROWN, S.; SATHAYE, J., CANNELL, M, KAUPPI, P. (1996). Mitigation of carbon emission to the atmosphere by forest management. Commonwealth Forestry Review. 75(1):80-91.
- CARVALHO, C.E.P. CERRI, B.J. FEIGL, V.P. GODINHO, C.C. CERRI. (2008). Carbon sequestration in agricultural soils in the Cerrado region of the Brazilian Amazon. Soil Tillage Res. (2008), doi:10.1016/j.still.2008.10.022.
- CIESLA, W.M. (1996). Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. FAO. Roma. 146 p.
- CONCHAI, Y., ALEGRE, C. Y POCOMUCHA. V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en San Martín, Perú. Departamento Académico de Biología, Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima Perú. I : 1-8
- DEL ÁGUILA, C. (2013). Secuestro de CO₂ y almacenamiento de carbono en plantaciones de *Cedrelinga cateniformis ducke* "tornillo" en tres edades diferentes en el CIEFOR-Puerto Almendra, río Nanay, Iquitos-Perú. Tesis (Ingeniero en Ecología de Bosques Tropicales). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos, Perú. 58 p.
- DINERSTEIN, E., D. M. OLSEN, D. J. GRAHAM, A. L. WEBSTER, S. A. PRIMM, M. P. BOOK-BINDER Y G. LEDEC. (1995). A conservation assessment

of the terrestrial ecoregions of Latin America and the Caribbean. World Bank, WWF. Washington D. C., USA.

DOUROJEANNI J. M. (1988). Gran Geografía del Perú, Recursos Naturales, desarrollo y conservación en el Perú. Edit. Manfer, Impreso en México, 234 pag.

DOUROJEANNI Y TOVAR, (1972). Áreas naturales protegidas e investigación científica en el Perú Revista Forestal del Perú, 33 (2): 91 - 101, (2018) ISSN 0556-6592 (Versión impresa) / ISSN 2523-1855 (Versión electrónica) © Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú DOI: <http://dx.doi.org/10.21704/rfp.v33i2.1223>

DUDLEY, NIGEL, SUE STOLTON, ALEXANDER BELOKUROV, LINDA KRUEGER, NIK LOPOUKHINE, KATHY MACKINNON, TREVOR SANDWITH Y NIK SEKHRAN, EDS. (2009). Soluciones naturales: las áreas protegidas ayudando a la gente a enfrentar el cambio climático. Nueva York: International Union for Conservation of Nature (IUCN)– World Commission on Protected Areas (WCPA), The Nature Conservancy (TNC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Wildlife Conservation Society (WCS), El Banco Mundial y World Wildlife Fund for Nature (WWF).

EARTH DAY NETWORK (EDN). (2006). El Problema: Cambio Climático. [En línea]: Earthday, (<http://www.earthday.net/proarams/international/espanol.html>, 22 nov. 2006).

EGUREN L. (2004). El mercado de carbono en América Latina y el Caribe: balance y perspectivas. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. Cepal - Serie Medio Ambiente y Desarrollo n° 83. Santiago de Chile. 83 pp. Disponible en: <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/2/14902/lci2085e.pdf>

FAO (2002) El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación. Roma.

FARFÁN, V. F. (2012). Arboles con potencial para ser incorporados en sistemas agroforestales con café. Chinchiná (Colombia): Cenicafe – Fondo Nacional del Café,

FINEGAN. B. (1997). Memorias del Taller internacional sobre estado actual y potencial de manejo y desarrollo del bosque secundario tropical en América Latina: Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de madera. Pucallpa, Perú. G TZ, CTA. pp. 106-109.

FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM) (2004). El Mecanismo de Desarrollo Limpio: Guía práctica para desarrolladores de proyectos. PROCLIM - MDL. En línea: FONAM, (www.fonamperu.org, 15 Abr. 2007)

FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM). (2005). Boletín Cu Comercio.
Dedicado a Informar Sobre las Oportunidades del Mercado de Carbono.

FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE (FONAM). (2007). Portafolio de Proyectos
Peruanos en el Mecanismo de Desarrollo en Limpio: FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/mdl/portafolio.php>, 15 abr. 2007).

FONSECA W, ALICE F, REY J. (2009). Modelos para estimar la biomasa de
especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona
Caribe de Costa Rica. Bosque [en línea] 30(1): 36-47. Disponible en :
<http://www.scielo.cl/pdf/bosque/v30n1/art06.pdf>

GARCÍA-OLIVA F, ORDÓÑEZ A. (1999). El papel de los suelos forestales en la
captura de carbono. Enviada a Nuestros Bosques 76 pp.

GARCÍA-OLIVA, (1998). Efecto de la transformación de la selva a pradera sobre
la dinámica de los nutrientes en un ecosistema tropical estacional en
México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 62: 39-48. .

GONG, W., YAN X., WANG J., HU T., GONG Y. (2009). Long-term manure and
fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a
wheat–maize cropping system in northern China. Geoderma 149: 318–
324.

GONZALES, A. (2012). Relación entre el almacenamiento de carbono con la
edad de la plantación agroforestal en la zona de Caballococha. Provincia
de Mariscal Ramón Castilla. Loreto-Perú. Tesis (Ingeniero en ecología

de bosques tropicales). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales. Iquitos-Perú. 54 p.

GRANADOS J. (2001). Respuesta de las selvas tropicales al incremento de CO2 en la atmósfera. IUFRO-RIFALC. 14 p.

HERRERA, A. L (2010). Estimación de la biomasa y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) clon CCN-51 de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. Perú. 951).

HONORIO y BAKER (2010). Manual para el monitoreo del ciclo del carbono en bosques amazónicos. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana/Universidad de Leeds. Lima. 54 pp. [Fecha de consulta: 11 de junio de 2015]. Disponible en: http://www.rainfor.org/upload/Manual_Spanish/Honorio_Baker2010%20Manual%

ICRAF (2002). Manual para determinación de las reservas totales de carbono en los diferentes sistemas de uso de la tierra en Perú. 20 p.

Intergovernmental Panel on climate change (IPCC). 1995. Climate change 1995. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. Cambridge

IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL OF CLIMATIC CHANGE). (2001). Summary for policymakers. A report of working group I of the

Intergovernmental Panel of Climatic Change
(<http://www.ipcc.ch/pub/spm22-01.pdf>. Julio - 31 - 2001).

IPCC (INTERGUBERNAMENTAL PANEL CLIMATE CHANGE). (1996).
Reference Manual And Workbook Of The IPCC 1996 Revised Guidelines
For National Greenhouse Gas Inventories. México.

IPCC. (2007). Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III
al cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de
expertos sobre el cambio climático. Pachauri, R. K. y A. Reisinge (eds).
Ginebra, Suiza. 104 pp.

JANDL, R.; RUBIO SÁNCHEZ, A., (2005), Sostenibilidad del secuestro de
carbono en ecosistemas forestales, Cuad. Soc. Esp. Cienc. For. 20(2):
259-269 (2005) «Actas de la I Reunión sobre Ecología, Eco fisiología y
Suelos Forestales» MADRID, España.

KYRKLUND, B. (1990). Cómo puede contribuir los bosques y las industrias
forestales a reducir el exceso de anhídrido carbónico en la atmósfera.
UNASYLVA 41 (143): 2-15

MÁRQUEZ, L. (2000). Elementos Técnicos para Inventarios de Carbono, en Uso
del Suelo. Fundación Solar. Guatemala. 3 1 p.

MASERA O., M.J. ORDÓÑEZ Y R. DIRZO. (1997). Carbon emissions from
Mexican forests: current situation and longterm scenarios. Climatic
Change 35: 265-295.

MASERA, O.R. (1996). Desforestación y Degradación Forestal en México.
Documento de Trabajo No. 19. GIRA, A.C. Pátzcuaro, México.

MASERA, O.R. Y J.A. ORDÓÑEZ. (1996). Bosques y cambio climático global:
Referencias seleccionadas. Reporte al Proyecto Estudio de país sobre
cambio climático global. Instituto Nacional de Ecología. U.S
Environmental Protection Agency.

MOTTO P. (2000). Valoración económica del bosque seco. Proyecto de Gestión
Concertada para el Control de la Desertificación y la Regeneración de
los Bosques Secos en los Cantones de Zapotillo y Macará. 61 pp. [Fecha
de consulta: 11 de junio de 2015]. Disponible en: [http://es.scribd.com/ doc / 1 3 6 9 0 3 7 4 9 / 0 6 - Valoración - Económica-Del-Bosque-Seco](http://es.scribd.com/doc/136903749/06-Valoración-Económica-Del-Bosque-Seco).

NARDONE, G., MONTICO, S Y LÓPEZ, G. (1999). Inventario de Gases de
efecto invernadero 1997 cambio del contenido de carbono en el suelo
por prácticas agrícolas. Sistema de comunicaciones nacionales de la
República de Argentina. 27 p.

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). B. Aires, Argentina. 20 p.

NORTHUP, B.K., ZITZER, S.F., ARCHER, S., C.R. MCMURTRY Y T.W.
BOUTTOND. (2005). Above-ground biomass and carbon and nitrogen

content of woody species in a subtropical thornscrub parkland. *Journal of Arid Environments* 62: 23–43.

ORDÓÑEZ A. (1999). Captura de carbono en un bosque templado, el caso de San Juan Nuevo, Michigán. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP. México D.F. 72 p.

ORDÓÑEZ, A. (1998). El modelo CO2Fix. Memorias del Taller de metodologías para la evaluación de la captura de carbono en el área forestal. México, D.F. Instituto Nacional de Ecología SEMARNAP.

ORDÓÑEZ, A. (1998). Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F.

ORDÓÑEZ, C.M. (2013). Relación de la rentabilidad con la sostenibilidad en sistemas de producción tecnificados en fincas cafeteras de Pitalito (Huila). Tesis M.Sc. Universidad de la Amazonia. Colombia. p 92

RAMÍREZ C. (2011). Biomasa y carbono de árboles comerciales con diámetro mínimo de corta (DMC) en un bosque de Orellana del río Ucayali. Loreto, Perú. Tesis ing. en Ecología de Bosques Tropicales. Facultad de Ciencias Forestales de la UNAP. Iquitos. Perú. 62 pp.

RAMÍREZ, E. K. (2013). Contenido de carbono en los fustes de las especies comerciales de un bosque húmedo tropical de colina baja en la localidad de esperanza, río Yavarí. Tesis (Ingeniero Forestal). Universidad

Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Forestales.
Loreto, Perú. 80 p.

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.

SCHLEGEL B. (2001). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral de Chile. 13 pp.

SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES)–INECC (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO). (2012). México: Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. México: SEMARNAT-INECC.

SEPPÄNEN P. (2002). Secuestro de carbono a través de plantaciones de eucalipto en el trópico húmedo. *Foresta Veracruzana* [en línea]. 4 (002): 51-58. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/497/49740208.pdf>

STERN, N. (2006). *The Stern Review on the Economics of Climate Change*. HM Treasury, Cabinet Office, Office of Climate Change, 700 p.

TAN, Z., LIU S., TIESZEN, L.L., OBENG, E.T. (2009). Simulated dynamics of carbon stocks driven by changes in land use, management and climate

in a tropical moist ecosystem of Ghana. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 130: 171176.

YQUISE PÉREZ, A. (2010), *Carbono Almacenado en Diferentes Sistemas de uso de la Tierra del Distrito de José Crespo y Castillo, Huánuco, Perú*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María. Facultad de Recursos Naturales Renovables Tingo María – Perú

ZAMORA CJ. (2003). *Estimación del contenido de carbono en biomasa aérea en el bosque de pino del Ejido «La Majada»*. Municipio de Periban de Ramos. Michoacán, México. Tesis ing. agrónomo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México. 47 p.

ANEXO

Anexo 1. Panel fotografico.



Figura 1. Identificación del área de estudio para obtención de muestras.



Figura 2. Recoleccion de muestras (ramas) para su analisis en laboratorio.



Figura 3. Tala del árbol para obtener las muestras.



Figura 4. Selección y acarreo de troncos de guaba para su pesaje determinando su biomasa húmeda.



Figura 6. Recolección de follaje de guaba para su pesaje para determinar su biomasa humedad de hojas.



Figura 7 y 8. Puesta las muestras en la estufa para determinar el peso seco