



FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
EN GESTIÓN AMBIENTAL



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En Iquitos, a los 25 días del mes de OCTUBRE del dos mil catorce, a horas 11:00 A.M. el Jurado designado por la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Gestión Ambiental, integrado por los Señores Miembros que a continuación se indica:

- | | |
|--|------------|
| Ing. JORGE AGUSTÍN FLORES MALAVERRY | PRESIDENTE |
| Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, M.Sc. | MIEMBRO |
| Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS | MIEMBRO |

Se constituyeron en el Auditorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, para escuchar la sustentación de la Tesis titulado: **"CAPTURA INTERESPECÍFICA DE CARBONO DE ESPECIES ARBOREAS EN FAJAS MULTIESTRATO EN UN BOSQUE SECUNDARIO, FUNDO ZUNGAROCOCHA – UNAP – SAN JUAN BAUTISTA"**, presentado por el Bachiller en Gestión Ambiental **ERICK CHRISTIAN CUBAS ANGULO**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN GESTION AMBIENTAL** que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

Después de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes en privado, llegó a las siguientes conclusiones:

La tesis ha sido APROBADO POR UNANIMIDAD

Siendo las 01:00 P.M. se dio por terminado el acto FELICITANDO al sustentante por su trabajo.

Ing. JORGE AGUSTÍN FLORES MALAVERRY
Presidente

Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, M.Sc.
Miembro

Ing. MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS
Miembro



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA
AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“CAPTURA INTERESPECÍFICA DE CARBONO DE ESPECIES
ARBOREAS EN FAJAS MULTIESTRATO EN UN BOSQUE
SECUNDARIO, FUNDO ZUNGAROCOCHA – UNAP – SAN JUAN
BAUTISTA”**

T E S I S

Para optar el título Profesional de

INGENIERO EM GESTIÓN AMBIENTAL

Presentado por

ERICK CHRISTIAN CUBAS ANGULO

Bachiller en Gestión Ambiental

Iquitos – Perú

2 0 1 6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

Tesis aprobada en sustentación pública el día 25 de octubre del 2014, por el jurado nombrado por la Dirección de Escuela de Formación Profesional de Agronomía, para optar el título de:

INGENIERO EN GESTIÓN AMBIENTAL

JURADOS:

Ing. JORGE AGUSTÍN FLORES MALAVERRY
Presidente

Ing. JULIO ABEL MANRIQUE DEL AGUILA, M.Sc.
Miembro

Ing MANUEL CALIXTO AVILA FUCOS
Miembro

Ing. PEDRO ANTONIO GRATELLE SILVA, Dr.
Asesor

Ing. DARVIN NAVARRO TORRES, Dr.
Decano

DEDICATORIA

A **Dios**, que me permitió llegar a esta etapa de mi vida, con salud y haberme regalado una maravillosa familia.

A mi amada madre **Nelly Angulo Reátegui**, que siempre estuvo conmigo en los momentos más difíciles, gracias a ella y su sacrificio diario, y por ser madre y padre para mí a la vez.

A mi padre **Hayle** que me cuida y me guía desde el cielo, para poder cumplir mis metas trazadas y darle una satisfacción desde acá.

A mi hermana **Ericka** y mi hermano **Charlie**, quienes me apoyan dándome ánimos para poder cumplir con mis objetivos y mis decisiones.

A G R A D E C I M I E N T O

A la Facultad de Agronomía en la Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), por la orientación y sólida formación profesional.

A mi asesor; Dr. Pedro Antonio Gratelly Silva, por su apoyo invaluable, orientación y acertados aportes para la realización de la presente tesis.

A mi familia en general, por su apoyo en cada etapa de mi carrera, que de diversas maneras apoyaron al cumplimiento de mis metas.

A mi tía la Blga. Rossana Cubas Guerra, quien me ayuda en todo momento y durante el transcurso de mi carrera profesional.

INDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL	05
ÍNDICE DE CUADROS	06
ÍNDICE DE GRÁFICOS	07
INDICE DE IMÁGENES	08
INTRODUCCIÓN	09
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES	11
1.1.1 Descripción del problema	11
1.1.2 Hipótesis	11
1.1.3 Identificación de las variables	12
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.2.1 Objetivo general	12
1.2.2 Objetivos específicos	12
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	13
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	14
2.1 MATERIALES	14
2.1.1 Ubicación del área de estudio	14
2.1.2 Características de la Zona de Estudio	15
2.2 MÉTODOS	16
2.2.1 Diseño	16
2.2.2 Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
2.2.3 Especies evaluadas	24
2.2.4 Cálculo de Densidad	24
2.2.5 Cálculo de Biomasa	25
2.2.6 Cálculo de <i>stock</i> de carbono	25
2.2.7 Cálculo de CO ₂ Equivalente	25
2.2.8 Estadística empleada	25
CAPÍTULO III: REVISIÓN DE LITERATURA	26
3.1 MARCO TEÓRICO	26
3.2 MARCO CONCEPTUAL	29

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS	34
4.1 ESTIMACIÓN PROMEDIO DE BIOMASA, STOCK DE CARBONO Y CO2 EQUIVALENTE SEGÚN ESPECIES.....	34
4.2 DISCUSIONES.....	51
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	52
5.1 CONCLUSIONES.....	52
5.2 RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	56

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01: Operacionalización de las variables	12
Cuadro N° 02: Composición química del kimelgran	17
Cuadro N° 03: Especies evaluadas para el cálculo de biomasa, stock de carbono y CO2 Equivalente.....	24
Cuadro N° 04: Significancia estadística de los promedios de Biomasa (Tn.MS/Ha) por Tratamientos.....	49
Cuadro N° 05: Significancia estadística de los promedios de <i>Stock</i> de carbono (Tn.C/Ha) por tratamientos.....	50
Cuadro N° 06: Significancia estadística de los promedios de Dióxido de carbono equivalente (Tn.CO2./Ha) por tratamientos.....	50
Cuadro N° 07: Valores Promedios de Biomasa, Stock, CO2 equivalente de las especies evaluadas	57
Cuadro N° 08: Densidad de las especies por familia	58

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, <i>Anacardium occidentale</i> "Casho"	34
Gráfico 2: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Annona muricata</i> "Guanabana"	35
Gráfico 3: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Bixa Orellana</i> "Achiote"	36
Gráfico 4: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, <i>Cedrelinga catenaeformis</i> "Tornillo"	37
Gráfico 5: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Citrus limetta</i> "Lima Dulce"	38
Gráfico 6: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Croton lechleri</i> "Sangre de Drago"	39
Gráfico 7: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Genipa americana</i> "Huito"	40
Gráfico 8: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Inga edulis</i> "Guaba"	41
Gráfico 9: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Inga spp</i> "Pacae"	42
Gráfico 10: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Mangifera indica</i> "Mango"	43
Gráfico 11: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Persea americana</i> "Palta"	44
Gráfico 12: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Spondias dulcis</i> "Taperiba"	45
Gráfico 13: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Spondias mombin</i> "Ubos"	46
Gráfico 14: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en <i>Theobroma bicolor</i> "Macambo"	47
Gráfico 15: Valores Promedio de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, capturado durante 1 un año, de todas las especies en evaluación.....	48

INDICE DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 01: Ubicación del área experimental	14
Imagen 02: PARCELA N° 1	20
Imagen 03: PARCELA N° 2	21
Imagen 04: PARCELA N° 3	22
Imagen 05: PARCELA N° 4	23
Imagen 06: Análisis de materia orgánica en el suelo	61
Imagen 07: Construcción del almacén para los materiales	62
Imagen 08: Construcción del almacén para los materiales	62
Imagen 09: Medición y toma de datos.....	63
Imagen 10: Preparación para el abonamiento	63
Imagen 11: Limpieza y delimitación de las fajas	64
Imagen 12: Limpieza y delimitación de las fa	64
Imagen 13: Especies a plantar	65
Imagen 14: Especies a plantar	65
Imagen 15: Medición y toma de datos.....	66
Imagen 16: Medición y toma de datos con el vernier	66
Imagen 17: Vista de la especie <i>Inga edulis</i>	67
Imagen 18: Vista de la especie <i>Espondias mombin</i>	67
Imagen 19: Vista de la especie <i>Croton lechleri</i>	68
Imagen 20: Vista de la especie <i>Bixa Orellana</i>	68

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático global (CCG) se atribuye generalmente a la concentración en la atmósfera de los llamados “gases de efecto invernadero” (GEI) por arriba de los niveles históricos. Se estima que el incremento de Bióxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃) en la atmósfera producirá un aumento en la temperatura media global entre 3 y 5°C, y afectarán fuertemente los patrones de precipitación actuales (IPCC 2007).

Los sistemas ecológicos de la Tierra, por medio de los cuales el carbono (C) queda retenido en la biomasa viva o cantidad de materia vegetal, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono. El carbono es intercambiado de manera natural entre estos sistemas y la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión. La biomasa de la vegetación leñosa es un depósito importante de los gases de efecto invernadero (GEI) y contribuye al almacenamiento de carbono en el suelo a través de la acumulación de la materia orgánica (Schneider 1989).

Los bosques amazónicos son sumideros naturales de carbono, rescatando el CO₂ de la atmósfera e integrándola a su estructura biológica, pero en los últimos tiempos han estado sometidos a una intensa deforestación. En diferentes lugares de la región se vienen realizando actividades para la recuperación de estas áreas de bosques secundarios, pero existe poca información sobre el tipo de sistema de cultivos empleados y de especies que demuestren mejores resultados para la captura de CO₂; por ese motivo se requiere implementar sistemas de monitoreo e inventario de carbono debido a que es importante para el abastecimiento de información como parte de los proyectos que buscan recibir financiamiento para aumentar el *stock* de carbono en el paisaje (p.e. proyectos de agroforestería, plantaciones) o reducir la tasa de emisiones de dióxido de carbono (p.e. proyectos de deforestación y degradación evitada-REDD).

Por ello, la presente tesis, evalúa la captura de carbono en diferentes especies arbóreas frutales y medicinales, instaladas en un sistema de las fajas multiestrato. La evaluación se realizó desde marzo del 2011. En el área experimental las fajas han sido instaladas en cuatro tratamientos dispuestas en tres bloques o repeticiones al azar.

CAPITULO I:

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA, HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.1.1 Descripción del problema

Describir el problema fundamentación del tema

Durante muchos años, los bosques en la región han estado sometidos a una intensa deforestación, para realizar actividades agropecuarias, quedando hoy en día grandes áreas de bosques degradados o purmas, con poco valor ambiental y económico.

Por ello, actualmente, en diferentes lugares de la región se vienen realizando actividades para la recuperación de estas áreas de bosques secundarios, para lograr una mejora del ambiente desde el punto de vista funcional, social y económico. Asimismo, se fija carbono ambiental, posibilitando mejorar ingresos por captura de CO₂ en los mercados del carbono; pero lamentablemente existe poca información de que tipo de sistema de cultivos y lo más importante sobre las especies a emplear en la recuperación de áreas degradadas a propósito de lograr mejores resultados para la captura de CO₂. A partir de lo planteado la presente investigación busca identificar a las especies vegetales arbóreas que presenten un mejor resultado en la fijación de carbono.

1.1.2 Hipótesis

Por lo menos una de las especies de los sistemas de fajas de Multiestratos es la que logra obtener mayor captura de CO₂.

1.1.3 Identificación de las variables

1.1.3.1 Variables Dependientes

Y₁: Volumen de carbono en la especie vegetal

Y₂: Biomasa (Kg)

Y₃: Stock de carbono (Kg C)

Y₄: CO₂ Equivalente (Kg CO₂)

1.1.3.2 Variables Independientes

X₁: Especies

X₂: Sistemas de Cultivos (Distribución de especies)

1.1.3.3 Operacionalización de las variables

Cuadro N° 1: Operacionalización de las variables

Variable dependiente	Variable independiente	Indicador
Volumen de carbono en la especie vegetal Biomasa (Kg) Stock de carbono (Kg C) CO ₂ Equivalente (Kg CO ₂)	Especies	Ecuación alométrica
		Altura
		Diámetro
	Sistemas de Cultivos	Superficie
		Altura de 1° Ramificación
		N° de Ramificaciones
		Porcentaje de Supervivencia

Fuente: ELABORACION PROPIA

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar la cantidad de carbono capturado en las diferentes especies en los bosques secundarios dispuestos en fajas multiestrato.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de biomasa de las especies en los bosques secundarios dispuestos en fajas Multiestratos.

- Determinar el stock de carbono de las especies en los bosques secundarios dispuestos en fajas multiestrato.
- Determinar el CO₂ Equivalente de las especies en los bosques secundario dispuestos en fajas multiestrato.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La Universidad Nacional de la Amazonia Peruana a través de las Facultades de Agronomía y Forestales, viene desarrollando sus actividades académicas y de investigación durante muchos años en un área de aproximadamente 2000 hectáreas de bosque húmedo tropical ubicado en la comunidad de Zungaro-cocha (carretera Iquitos – Puerto Almendra), durante este periodo estas áreas fueron intervenidas en forma insostenible por diversos proyectos de la universidad y por actividades extractivas de personas ajenas de las comunidades aledañas. Estos ecosistemas boscosos han sufrido el deterioro de su biodiversidad, a consecuencia de una inadecuada ocupación del territorio, una falta de alternativas de uso sostenible de los recursos, lo que repercute en que no se disponga de áreas adecuadas para que los docentes y alumnos desarrollen sus actividades académicas y de investigación relacionadas con la biodiversidad y el uso sostenible de estos ecosistemas.

Por lo que creemos importante que estas áreas deben recuperarse funcional y económicamente para convertirse en laboratorios vivos para su uso de investigaciones de alumnos, egresados, docentes investigadores y que sirva de modelo para que las poblaciones aledañas repliquen en sus propias parcelas.

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 MATERIALES

2.1.1 Ubicación del área de estudio

La zona de estudio se localiza en el Fundo Zungarococha de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, ubicado a 200 m. en la vía de acceso de la carretera a King-Kong a la altura del km. 5 de la carretera Zungarococha, en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto.



Imagen 1: ubicación del área experimental

Fuente: Google Earth

2.1.2 Características de la Zona de Estudio

2.1.2.1 Aspectos Ambientales

a. Clima

El clima de la zona es tropical ecuatorial, la precipitación promedio anual es de 1759 ± 533 mm. Abril es el mes más lluvioso con 278 mm y julio el mes menos lluvioso con 160 mm. La temperatura media anual es de 26.8°C con variaciones de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$. Las temperaturas máximas y mínimas promedio anual alcanzan $32,9$ y $20,6^{\circ}\text{C}$ respectivamente. La humedad relativa promedio anual para la zona es de 87% con una evapotranspiración potencial promedio anual de 1518 mm. De acuerdo al sistema Holridge, el sistema de fajas multiestratos se ubica en la zona de vida bosque húmedo tropical (Isuiza 1994).

b. Fisiografía del área experimental

El área de estudio es de fisiografía plana, presenta pequeños canales, de 50 cm de profundidad, de recorrido sinuoso, de un largo aproximado 5 a 10 metros, que pasan por la mitad de las parcelas establecidas, que en tiempos de lluvias retienen agua, formando pequeños charcos en diversos puntos del proyecto.

c. Intervención

En el área experimental se reporta diferentes formas de uso por aproximadamente 45 años, durante aproximadamente de 20 a 25 años fue un área de pastoreo extensivo de ganado bufalino y vacuno. Hace 12 años se instalaron cultivos de palmito, que posteriormente fue abandonado. A partir de ello, el área entró en un proceso de regeneración natural. Pudiendo

ser considerado como una purma o bosque secundario de aproximadamente 12 años de antigüedad

d. Caracterización del suelo en el área experimental

Presenta un perfil del tipo areno-arcilloso. La capa de materia orgánica es mediana, presenta una gran distribución de plantas. En ciertas zonas el suelo es arcilloso y presenta saturación de agua, en las zonas de inundación temporal presenta gran cantidad de materia orgánica.

Además se tomó muestras de suelos, para determinar los parámetros de ph, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fosfatos, entre otros.

Imagen 6.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Diseño

El método empleado fue el método experimental-explicativo y analítico, para lo cual se instalaron parcelas experimentales en una área degradada del fundo Zungarococha sometidos a diversos tratamientos, según los patrones de asociación entre especies vegetales, para realizar evaluaciones anuales para determinar las variables del estudio como la biomasa, stock de carbono y CO₂ equivalente, el procedimiento se describe a continuación:

2.2.2 Procedimiento, técnicas e instrumentos de recolección de datos

a. Limpieza del área

Se realizó la limpieza de la maleza en donde iban a ser ubicado los plantones, limpieza de las fajas de cada tratamiento, de los 3 bloques, usando machete y con las podadoras telescópicas.

b. Construcción del almacén para los materiales y materiales a utilizar

La construcción de la casa de almacén se llevó a cabo conjuntamente con los practicantes del proyecto, en equipo se pudo armar un almacén en donde los materiales podrían estar más seguros y guardados, para evitar que se dañen por las lluvias o también por el robo. Así con todos los materiales adecuados se pudo llegar a terminar un lugar seguro para nuestros materiales.

Productos Agrícolas utilizados

- **La urea**

Se obtiene por la combinación del dióxido de carbono con el amoníaco y se utiliza como fertilizante nitrogenado en el mundo entero. La urea es el fertilizante nitrogenado sólido comercial con mayor concentración de nitrógeno, 46 por ciento. Se puede aplicar en forma perlada o granulada. A pesar de ser soluble al agua la aplicación en forma líquida es poco corriente.

- **Kimelgran**

Descripción

Cuadro N° 2: Composición química del kimelgran

Composición	
Nitrógeno Total	1.21%
Potasio (K ₂ O)	4.00%
Calcio (CaO)	1.00%
Magnesio	1.80%
Hierro (Fe)	2.54%
Silicio (SiO ₂)	20.50%
Materia Orgánica Total	61.80%
Carbono Orgánico Oxidable Total	29.30%

Fuente: Manual Técnico de Fertilizantes versión colombiana

Tipo de Producto

Fertilizantes Foliare

Ingrediente Activo

Acidos húmicos y fúlvicos enriquecidos con aminoácidos, macro y microelementos.

- **AGRIPHOS Ca**

Fertilizante orgánico con alto contenido de Calcio y Fósforo. su materia orgánica de baja relación C/N procedente del esiercol de oveja, mejora la estructura y textura del suelo, aumenta la fertilidad y favorece la humificación de los materiales orgánicos.

Por su contenido de fósforo acomplejado por la materia orgánica es de fácil disponibilidad y favorece un buen desarrollo radicular de los cultivos.



c. Instalación de parcelas

La distribución de las parcelas se dio de acuerdo a las especies que se iba a sembrar, se establecieron un total de 12 parcelas de 30 x 25 metros. Dentro de las parcelas delimitadas en el área experimental, procedimos a sembrar las fajas en las cuales se ubicaron las especies a evaluar, en cada parcela se establecieron 4 fajas de sistema multiestrato con una separación de 10 metros entre ellas, La delimitación del área de las parcelas se hizo mediante el método del jaloneo (Imagen 2 al 5).

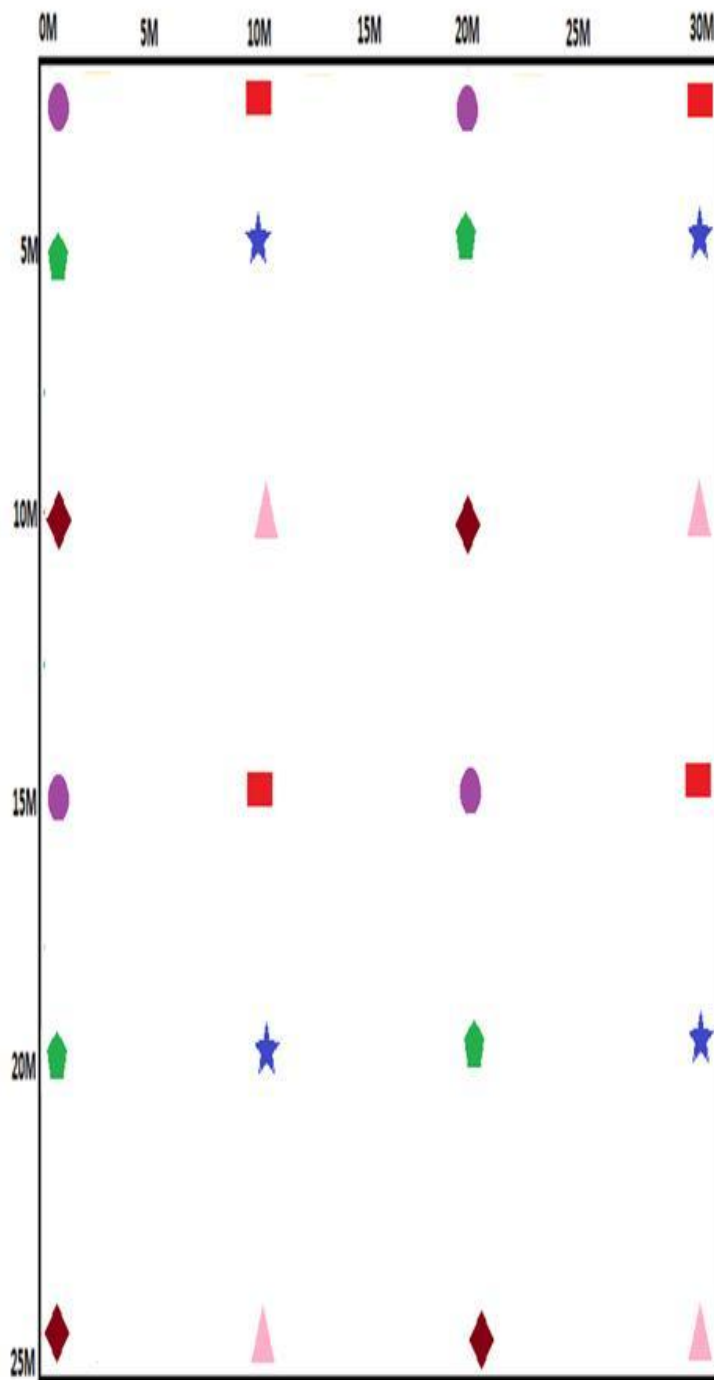
d. Establecimiento y siembra de los plantones y abonamiento

Se establecieron 3 bloques con 4 tratamientos cada uno, en las que se sembraron 24 plantones en cada tratamiento, 96 plantones por bloque, haciendo un total de 288 plantones para toda la investigación

Para la preparación del abono fue la mezcla de tierra negra con gallinaza de postura a razón de 4 sacos de tierra negra por 1 saco de gallinaza de parrillero y $\frac{1}{2}$ saco de postura y se agregó además 5 a 10 kg de kimmelgran.

El abonamiento se realizó a temprana horas de la mañana comenzando por el bloque I hasta el Bloque III, distribuyendo el abonó alrededor de la planta de dos a tres puñados de abono, con el fin de no quemar a dicha especie por la calentura de los rayos solares y así evitar la mortalidad de las plantas.

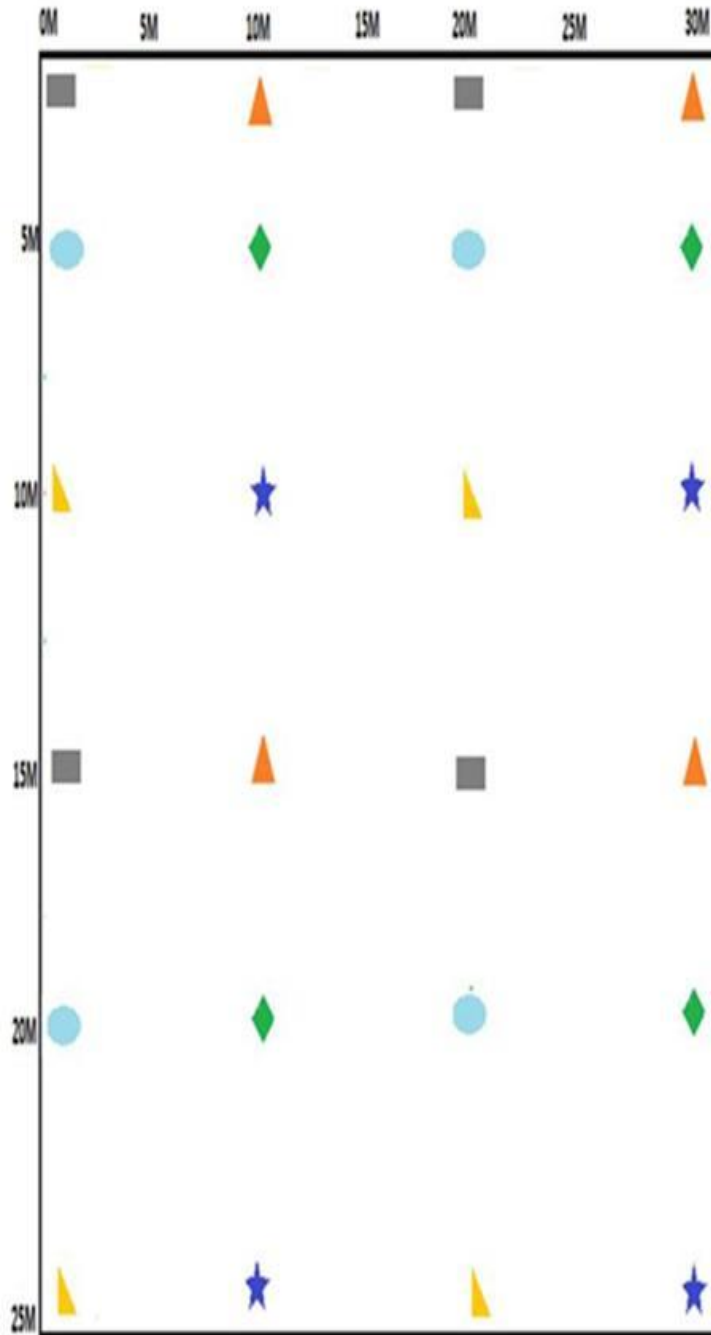
Imagen 2: PARCELA N° 1



ESPECIE	CANTIDAD
Tornillo	4
Aceite de Copaiba	4
Sachamango	4
Guanabana	4
Ubos	4
Guaba	4

Fuente: ELABORACION PROPIA

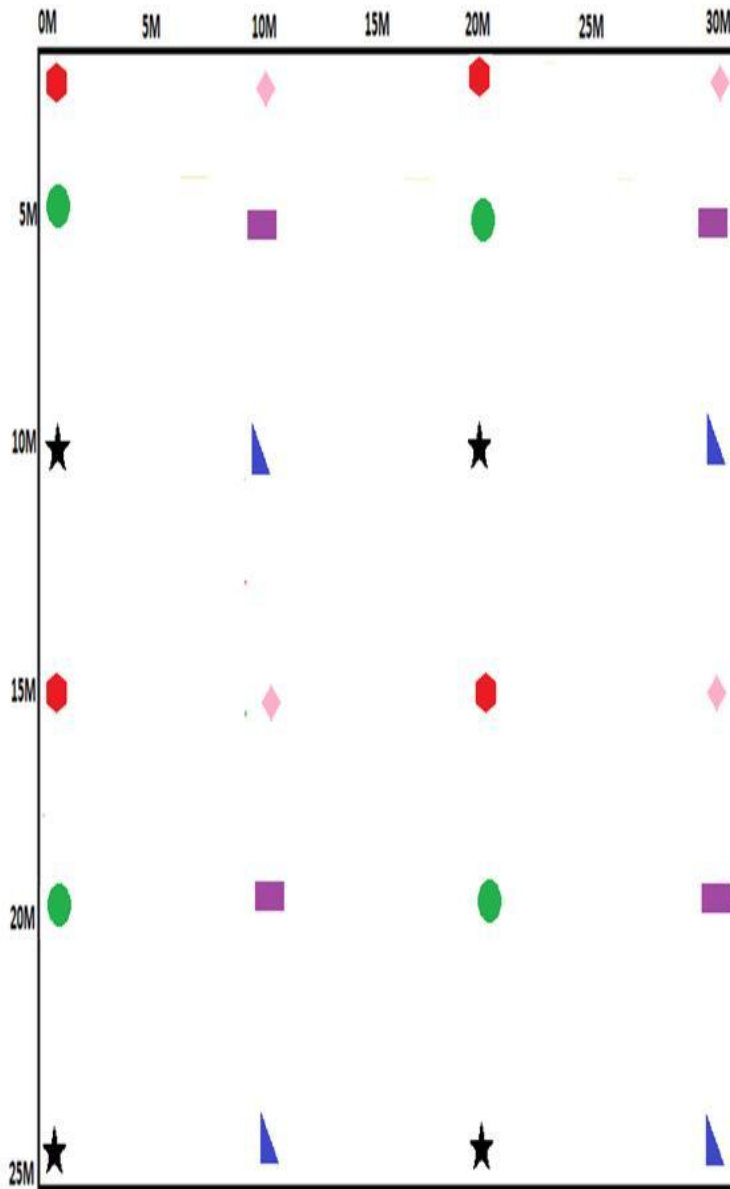
Imagen 3: PARCELA N° 2



ESPECIE	CANTIDAD
Palta	4
Achiote	4
Sangre de Grado	4
Pacae	4
Wito	4
Guaba	4

Fuente: ELABORACION PROPIA

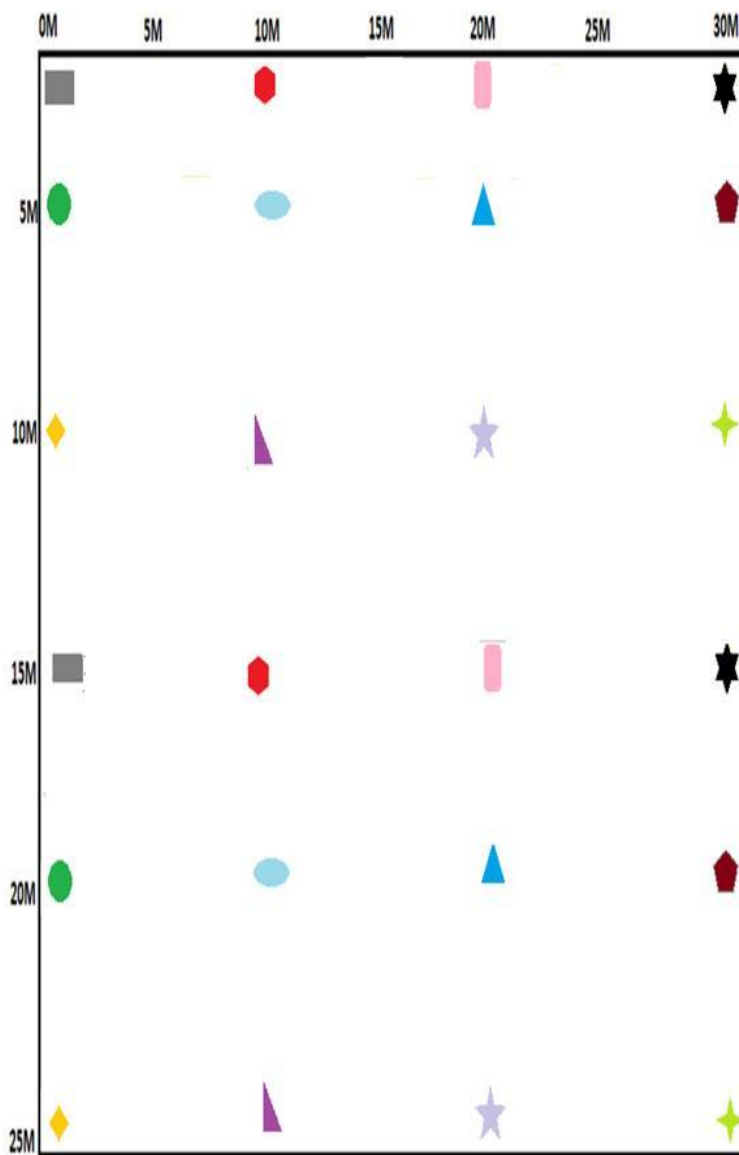
Imagen 4: PARCELA N° 3



ESPECIE	CANTIDAD
Taperiba	4
Lima Dulce	4
Mango Chico Rico	4
Casho	4
Macambo	4
Aguaje	4

Fuente: ELABORACION PROPIA

Imagen 5: PARCELA N° 4



ESPECIE	CANTIDAD
Palta	2
Lima Dulce	2
Wito	2
Copaiba	2
Achiote	2
Taperiba	2
Tornillo	2
Guanabana	2
Macambo	2
Sangre de Grado	2
Ubos	2
Guaba	2

Fuente: ELABORACION PROPIA

e. Distanciamiento entre plantas

El distanciamiento que se dio entre planta y planta fue de 5 metros ya que cada parcela consta de 25 metros de largo, y así se podrá ubicar cada 5 metros las plantas en las fajas.

2.2.3 Especies evaluadas

Para la selección de las especies a evaluar se consideró que los individuos superen la altura al pecho en tamaño, así mismo los valores de diámetro y altura se midieron al año de haber sido sembrado estas especies. Las especies evaluadas son las que se muestran en el Cuadro N° 3.

Cuadro N° 3: Especies evaluadas para el cálculo de biomasa, stock de carbono y CO2 equivalente

ESPECIES	CANTIDAD
Anacardium occidentale (Casho)	12
Annona muricata (Guanábana)	16
Bixa Orellana (Achiote)	12
Cedrelinga catenaeformis (tornillo)	15
Citrus limetta (lima dulce)	14
Croton lechleri (sangre de grado)	16
Genipa americana (Huito)	14
Inga edulis (Guaba)	16
Inga spp. (Pacae)	16
Mangifera indica (Mango)	14
Persea americana (Palta)	12
Spondias dulcis (Taperiba)	14
Spondias mombin (Ubos)	16
Theobroma bicolor (Macamnbo)	12

Fuente: Elaboracion Propia

2.2.4 Cálculo de Densidad

Los datos de la densidad fueron obtenidos mediante una tabla de densidad según familias (Anexo cuadro 8) propuesto por Chave, *et al.* 2006. Cuya información fue utilizada para el cálculo de Biomasa.

2.2.5 Cálculo de Biomasa

Para la determinación del *stock* de carbono del estrato arbóreo, se utilizó el método no destructivo, mediante la aplicación de la ecuación alométrica, propuesta por Chave et al. 2005:

$$B_A = \exp(-2.977 + \ln(\rho * DAP^2 * H))$$

2.2.6 Cálculo de *stock* de carbono

Los datos obtenidos de biomasa, se reemplazaron en la fórmula de *stock* de carbono, propuesto por Rüginitz *et al* 2008:

$$\Delta C_{BA} = (B_A * CF)$$

Dónde:

ΔC_{BA} : Cantidad de carbono en la biomasa sobre del suelo (Ton. C/ha).

B_A : Biomasa sobre del suelo arbórea (Ton. MS/ha);

CF: Fracción de carbono (Ton. C /Ton. MS). El valor padrón del IPCC para CF = 0,5.

2.2.7 Cálculo de CO2 Equivalente:

A partir del resultado del *stock* de carbono, se obtuvo la cantidad de CO2 equivalente mediante la fórmula sugerida por Rüginitz *et al* 2008:

$$CO_{2equivalente} = C_{BA} * 3,67$$

2.2.8 Estadística empleada

Los datos se presentan en gráficos utilizando para ello estadísticos de tendencia central, mediante el cálculo de promedios y cantidades totales de las variables en estudio.

CAPITULO III:

REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 MARCO TEÓRICO

Freitas et al 2006, para determinar el almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal, en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, distrito de Parinari, provincia de Loreto; evaluó en 2 parcelas de 2500 m² cada una, para aguajal denso y aguajal mixto; obteniéndose valores de 115,40 tC/ha y 88,50 tC/ha respectivamente. El balance de carbono en los aguajales de la Reserva Nacional Pacaya Samiria dio como resultado que se estaría fijando potencialmente 131 188,76 t/año en los aguajales densos y 81 599,47 t/año en los aguajales mixtos, que son equivalentes en CO₂ a 481 025,44 t/año y 299 198,05 t/año respectivamente.

Tuesta L. 2009, realizó investigaciones del potencial de captura de carbono en áreas reforestadas con sistemas agroforestales a lo largo de la carretera Iquitos Nauta, evaluándose 3 parcelas comunales de Paujil, Nuevo Horizonte y Ex Petroleros, con stock de carbono promedio de 0,76 t/ha; 26,44 t/ha y 12,32 t/ha.

Callo-Concha et al 2001, evaluó volúmenes de carbono secuestrado en seis tratamientos, sistemas agroforestales y/o sistemas de uso de la tierra: bosque primario, bosque secundario, café bajo sombra, silvopastura, pastura y huerto casero. En lo referido a carbono total, el tratamiento parámetro: bosque primario, reteniendo 465,8 tC/ha, supera en 58% a los SAF`s: huerto casero y café + sombra, en 74,3% al cuarto, SAF silvopastura y 80% al otro testigo extremo: pastura.

Malca G. 2001, evaluó la capacidad de captura de carbono de bosques secundarios, en parcelas agroforestales, reforestadas y en purmas enriquecidas. El área que se determinó para los trabajos de evaluación está ubicada en una zona del Centro de Investigación y Enseñanza Forestal (CIEFOR) de Puerto Almendras, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Forestal de la Universidad nacional de la Amazonía Peruana, lugar en donde se escogió un grupo de parcelas que han venido siendo trabajadas desde hace más de 10 años. El valor promedio de la tasa de secuestro de carbono por el sistema agroforestal (4.82 tm/ha/año) es menor a los estimados por otros estudios en un rango que oscila entre 6 y 20 tm/ha. El valor promedio de la tasa de secuestro de carbono por la parcela reforestada (5.95 tm/ha/año) se encuentra en un rango que oscila entre 1.4 y 7.7 tm/ha/año estimado por otros estudios. La tasa de secuestro de carbono para la purma enriquecida evaluada por el presente estudio tiene un valor de 8.45 tm/ha/año equivalente a 31.03 tm/ha/año de CO₂ secuestrado.

Palomino D. 2007, determinó el servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo, Departamento de Lima; teniendo como resultados que el carbono almacenado por las especies de flora parte aérea y parte raíz de mayor a menor fueron: totora con 28.9 t C/ha, junco con 18.6 C/ha, la grama salada con 17 t C/ha y la Salicornia con 6.1 t C/ha. Por otro lado, estimó el servicio ambiental de captura de CO₂ producido por las especies de flora de los Humedales de Puerto Viejo: totora 73.7 t CO₂/ha, el junco con 40.6 t CO₂/ha, la grama salada con 40.4 t CO₂/ha y en la salicornia con 12.1 t CO₂/ha. La especie que capta más CO₂ es la totora con 73.7 t CO₂/ha y el junco 40.6 t CO₂/ha.

Pizzurno M. 2010, hizo un estudio preliminar del *stock* de carbono en el Parque Nacional Caazapá, localizado en el Departamento de Caazapá, región Oriental del Paraguay. El área de estudio fue estratificado según la clasificación de la UNESCO – TNC que considera para el parque tres tipos de bosques: Bosque Denso Semidecídulo Estacionalmente Saturado (BDSES),

Bosque Abierto Semidecídúo Subhúmedo (BASSH) y Bosque de Galería (BG). Habiendo tenido valores promedio de 195,2 tC/ha, 151,3 tC/ha y 308,15 tC/ha, que convertido a dióxido de carbono equivalente remueve de la atmósfera 715,79 tCO₂e/ha, 554,45 tCO₂e/ha y 1.129,98 tCO₂e/ha en cada estrato respectivamente.

Ortiz y Riascos 2006, realizó un trabajo de investigación con fin simular la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* - laurel *Cordia alliodora*, que se llevó a cabo en la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica, en dos condiciones de relieve (valle y loma) bajo tres densidades de siembra para laurel (6x6, 9x9 y 12x12 m) y una densidad de siembra para cacao. La cantidad promedio de carbono almacenado en el sistema agroforestal con cacao y laurel (SAF-CL) fue de 126.4 tnC/ha en valle y de 114.5 tnC /ha en loma bajo la densidad 6x6 m. El carbono promedio almacenado en las densidades 9x9 m y 12x12 m, fue de 109.7 y 97.9 tnC/ha, respectivamente, en un período de 25 años. Las tasa de fijación promedio en los SAF-CL de la Reserva Indígena de Talamanca, fue de 5.1 tnC/ha/año en el mismo período de tiempo.

Lopez et al 2002, estimó la biomasa total aérea de bosques secundarios y plantaciones forestales, para determinar la cantidad de carbono que puede ser almacenado durante el cambio de uso de tierra de pasto a bosque en Ecuador Noroccidental. La biomasa total aérea de los bosques secundarios estimado varió entre 112 ton/ha hasta 199 ton/ha en áreas con precipitación entre 1000 y 2500 mm y varió entre 86 ton/ha hasta 291 ton/ha en la zona con una precipitación mayor a 2500 mm, dependiendo de la edad del bosque. El carbono almacenado promedio era de 82 ton/ha.

3.2 MARCO CONCEPTUAL

Carbono. Es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. Es sólido a temperatura ambiente. Es el pilar básico de la química orgánica; se conocen cerca de 16 millones de compuestos de carbono, y forma parte de todos los seres vivos conocidos. Forma el 0,2% de la corteza terrestre. <http://es.wikipedia.org/wiki/Carbono>

Ciclo del carbono. El ciclo del carbono son las transformaciones químicas de compuestos que contienen carbono en los intercambios entre biosfera, atmósfera, hidrósfera y litósfera. Es un ciclo de gran importancia para la supervivencia de los seres vivos en nuestro planeta, debido a que de él depende la producción de materia orgánica que es el alimento básico y fundamental de todo ser vivo. El carbono es un componente esencial para los vegetales y animales. Interviene en la fotosíntesis bajo la forma de CO₂ (dióxido de carbono) o de H₂CO₃ (ácido carbónico), tal como se encuentran en la atmósfera. http://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_carbono

Dióxido de carbono. Entre los gases que producen el efecto de invernadero, el dióxido de carbono (CO₂) es actualmente el más importante. Su concentración en la atmósfera aumentó en un 25% desde el inicio de la era industrial.

Este aumento se explica por el crecimiento de dos fuentes antrópicas de emisión del carbono: el consumo de energías fósiles (petróleo, gas, carbón) y los cambios en la utilización de las tierras o las transformaciones de los ecosistemas (en particular la deforestación). Durante los años 80, la primera fuente representaba aproximadamente $5,6 \pm 0,5$ GtC/año* y la segunda 1,6 GtC/año (DIXON et al., 1994). (LOCATELLI & LEONARD, 2001) en http://bft.revuesonline.com/gratuit/BFT_267_69-81.pdf

Estimación de carbono. Monitorear la fijación de C requiere una serie de inventarios para cuantificar los cambios a lo largo del tiempo. Frecuentemente, los inventarios utilizan parcelas

permanentes de medición (PPM) como un medio para obtener datos estadísticamente más confiables y reducir costos para llevar a cabo el monitoreo. Estas parcelas permiten evaluar eficientemente los cambios en la fijación o almacenamiento de C (Marquez, 2000).

El propósito del inventario es estimar la cantidad de madera, y eso es insuficiente para hacer la estimación de la cantidad total de C, entonces se convierten los volúmenes relevados en el inventario siguiendo varios pasos: a- convertir volúmenes verdes de un inventario a la biomasa en peso seco, b- estimar el peso de C en la biomasa, c- estimar la biomasa y cantidad de C por ha y; d- usar un factor de expansión de biomasa para incluir otros componentes (Husch, 2001).

Según Miranda et al. (2006), son medidos diferentes componentes de una determinada tipología vegetal, esos son encontrados tanto arriba como abajo del suelo. a- encima del suelo la biomasa viva está constituida por troncos, ramas, flores, frutos y hojas y la biomasa muerta está compuesta por material orgánico depositado sobre el suelo proveniente de la vegetación al igual que de animales muertos; bajo del suelo se encuentran las raíces vivas y muertas, la materia orgánica del suelo y los microorganismos.

Los valores finales de todos los cálculos deben representar toneladas de CO₂, pues esta es la unidad que se utiliza en los mercados del carbono (Schlegel et al., 2001).

Es muy importante no confundir Carbono (C) con CO₂. En una molécula de CO₂ existen dos átomos de oxígeno (con peso atómico $2 \times 16 = 32$) y un átomo de carbono (con peso atómico 12). Por lo tanto el peso molecular del CO₂ es 44 ($= 2 \times 16 + 12$), de los cuales solamente 12 corresponden a carbono. De lo anterior se deduce que se necesitan $44/12 = 3,667$ t de CO₂ para tener 1 t de C (Cornejo & Fernández, 2000). **(PIZZURNO M)** en http://araucaria.seam.gov.py/attachments/article/69/tesis_ceciliapizzurno.pdf

Biomasa. La biomasa arbórea es la cantidad total de materia orgánica viva de la parte aérea de los árboles (hojas, ramas, tronco, corteza) expresada en t de peso seco al horno/unidad de área

(árbol, ha, región, país); es la cantidad de C almacenado en el bosque (Brown, 1997; FAO, 1998).

La biomasa en un bosque es el resultado de la diferencia entre la producción a través de la fotosíntesis y el consumo por la respiración, y procesos de cosecha (Bennaceur et al., 2005). La biomasa forestal cumple un papel importante en el cambio climático, sirve como sumidero y a la vez es fuente de los GEI. Con el cálculo de la biomasa se obtiene un valor aproximado de la cantidad de C almacenado, porque existe una estrecha relación entre la biomasa y el C (2:1) (Ciesla, 1996).

La fracción de carbono de la biomasa tiene un valor por defecto de 0,5; aunque en niveles metodológicos superiores hay un margen de variación en función de las especies, de los componentes de un árbol o de un rodal (tallo, raíces y hojas) y de la edad del rodal (IPCC, 2003). Existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa: el método directo y el indirecto. Dentro del primero está el destructivo, que consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente. Para la determinación indirecta se utilizan métodos de cubicación del árbol donde se suman los volúmenes de madera, se toman muestras de ésta y se pesan en el laboratorio para calcular los factores de conversión de volumen a peso seco, es decir, la gravedad o densidad específica. Otra forma de estimar la biomasa es mediante ecuaciones o modelos basados en análisis de regresión, que utilizan variables colectadas en el campo tales como el diámetro a la altura del pecho, la altura comercial y total, el crecimiento diamétrico, el área basal y la densidad específica de la madera (Fonseca et al., 2009). **(PIZZURNO M)** en http://araucaria.seam.gov.py/attachments/article/69/tesis_ceciliapizzurno.pdf

Stock de carbono. Es el producto de una cantidad almacenada por la duración del stock y se expresa en 'toneladas.año'. Se aplica tanto a las cantidades almacenadas en la biosfera como a las cantidades liberadas en la atmósfera. Esta noción fue introducida en los mecanismos de desarrollo limpio para permitir una comparación entre las diversas fuentes y pozos de carbono

(energía, bosque...). (LOCATELLI & LEONARD, 2001) en http://bft.revuesonline.com/gratuit/BFT_267_69-81.pdf

CO₂ equivalente. El dióxido de carbono equivalente (Carbon Dioxide Equivalent (CO₂e)) es una medida universal de medición utilizada para indicar la posibilidad de calentamiento global de cada uno de los gases con efecto invernadero. Es usado para evaluar los impactos de la emisión (o evitar la emisión) de diferentes gases que producen el efecto invernadero. La “posibilidad de calentamiento global”, de los tres gases con efecto invernadero asociados con la silvicultura son los siguientes: dióxido de carbono, que persiste en la atmósfera entre 200 a 450 años, es definido como un potencial 1 del calentamiento mundial; el metano, persiste en la atmósfera entre 9 a 15 años y tiene un potencial de calentamiento global 22 (tiene 22 veces la capacidad de calentamiento del dióxido de carbono); y el óxido nitroso, que persiste por unos 120 años y tiene un potencial de calentamiento global 310. La concentración actual de gases con efecto invernadero tiene una capacidad de calentamiento equivalente a una concentración cercana a 472 partes por millón, lo cual es lo suficientemente caliente para incrementar la temperatura más de 2°C. <http://es.mongabay.com/rainforests/carbono-lexico/Dioxido-de-carbono-equivalente.html>

Las emisiones de GEI se expresan en función del dióxido de carbono equivalente (CO₂e), usando el potencial de calentamiento global de cada uno de los gases, bajo el supuesto que el CO₂ tiene un PCG de 1. Otros gases son convertidos a su valor de CO₂e, multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento.

<http://www.collahuasi.cl/espanol2/huella-carbono/glosario.asp>

Captura interespecifica de carbono.

Conocido el peso seco de cada componente de la regeneración natural de *P. durangensis* es posible determinar el contenido de carbono. Aunque el contenido de carbono en la especie puede variar desde 40.27 hasta 46.29 e incluso más de 50% (Gayoso *et al.*, 2002), una ponderación específica e interespecifica de factores de contenido de carbono de raíces, fuste,

ramas y acículas arroja una aproximación cercana al 50%, sugiriendo que cerca de la mitad del peso anhidro de sus constituyentes sólidos es equivalente a contenido de carbono. Este factor de conversión fue sugerido por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1994) para estudios de captura de carbono. (MONTES DE OCA-CANO E, *et al*)
<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3920/5615>

Estimación del carbono almacenado. Cantidad de carbono contenida en la biomasa “almacén de carbono” o stock. Varios almacenes de carbono pueden ser identificados dentro de los sistemas forestales. Estos incluyen el suelo, la madera viva de los árboles, la madera subterránea en las raíces y la materia orgánica muerta en el piso del bosque.

El carbono almacenado es la cantidad total de C contenida por la biomasa y el carbono capturado o secuestrado es una medida de flujo dinámico del crecimiento anual de la biomasa.

Conocido el peso seco de cada componente de los arboles es posible determinar el contenido de carbono. El contenido de carbono en la especie puede variar desde 40.27 hasta 46.29 e incluso más de 50 % (Gayoso *et al.*, 2002), una ponderación específica e interespecífica de factores de contenido de carbono de raíces, fuste, ramas y acículas arroja una aproximación cercana al 50%, sugiriendo que cerca de la mitad del peso anhidro de sus constituyentes sólidos es equivalente a contenido de carbono. (Brown 1997). Este factor de conversión fue sugerido por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, 1994) para estudios de captura de carbono.

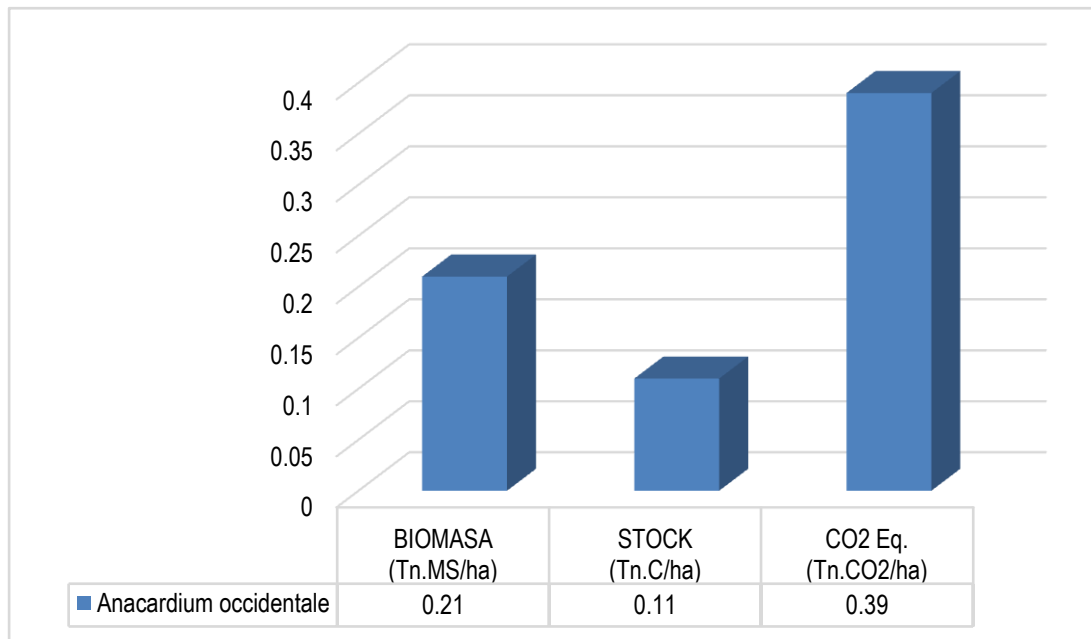
http://books.google.com.pe/books?id=XtAQvs4oZEAC&pg=PA228&lpg=PA228&dq=captura+interespecifica+AND+carbon&source=bl&ots=CEvUqfmf5&sig=EHiZh79KKGfzITxOvxe4Pm0ugKg&hl=es419&sa=X&ei=XugoU9b_NcyMkAewjYGAAG&ved=0CEUQ6AEwAg#v=onepage&q=captura%20interespecifica%20AND%20carbon&f=false

CAPITULO IV:

ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 ESTIMACIÓN PROMEDIO DE BIOMASA, STOCK DE CARBONO Y CO2 EQUIVALENTE SEGÚN ESPECIES.

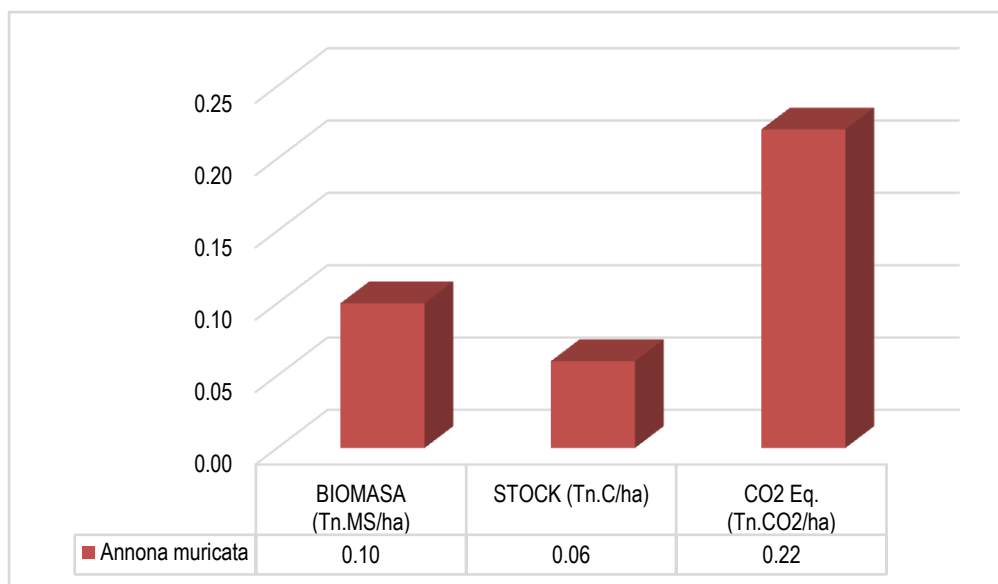
Gráfico 1: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, *Anacardium occidentale* "Casho"



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 1, la especie *Anacardium occidentale* "Casho", logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Anacardium occidentale* es 0,21 Tn.MS/ha; 0,11 Tn.C/ha y 0,39 Tn.CO2/ha; en el mismo periodo respectivamente.

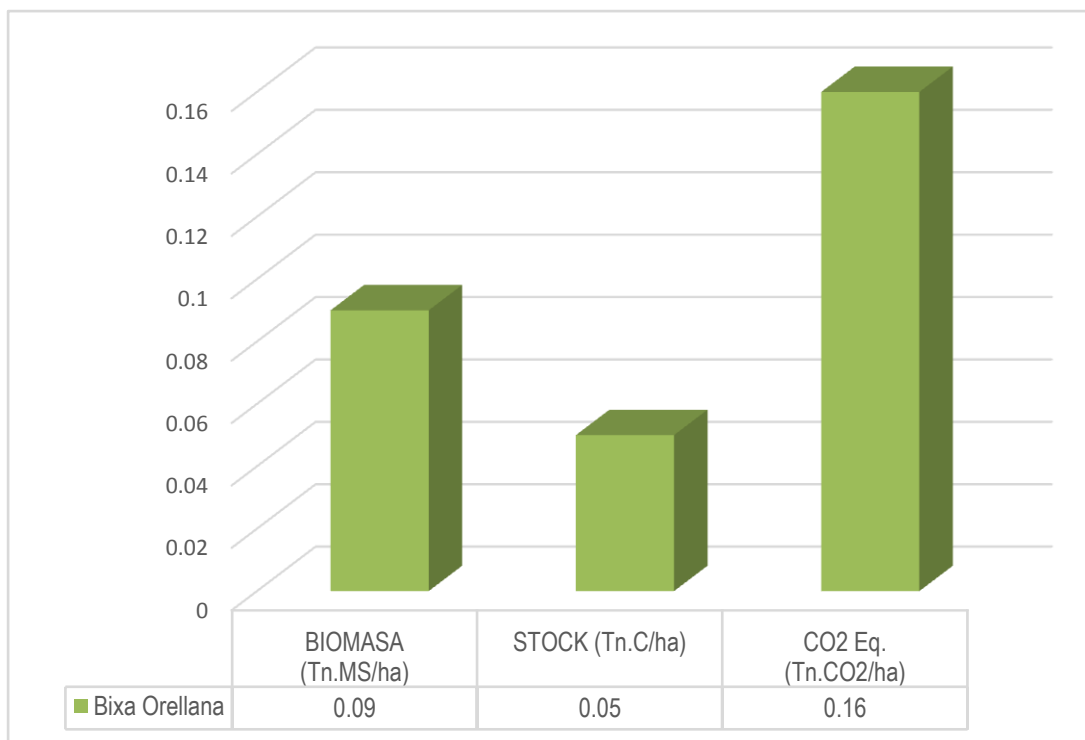
Gráfico 2: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Annona muricata* “Guanabana”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 2, la especie *Annona muricata* “Guanabana”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Annona muricata* es 0,10 Tn.MS/ha; 0,06 Tn.C/ha y 0,22 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

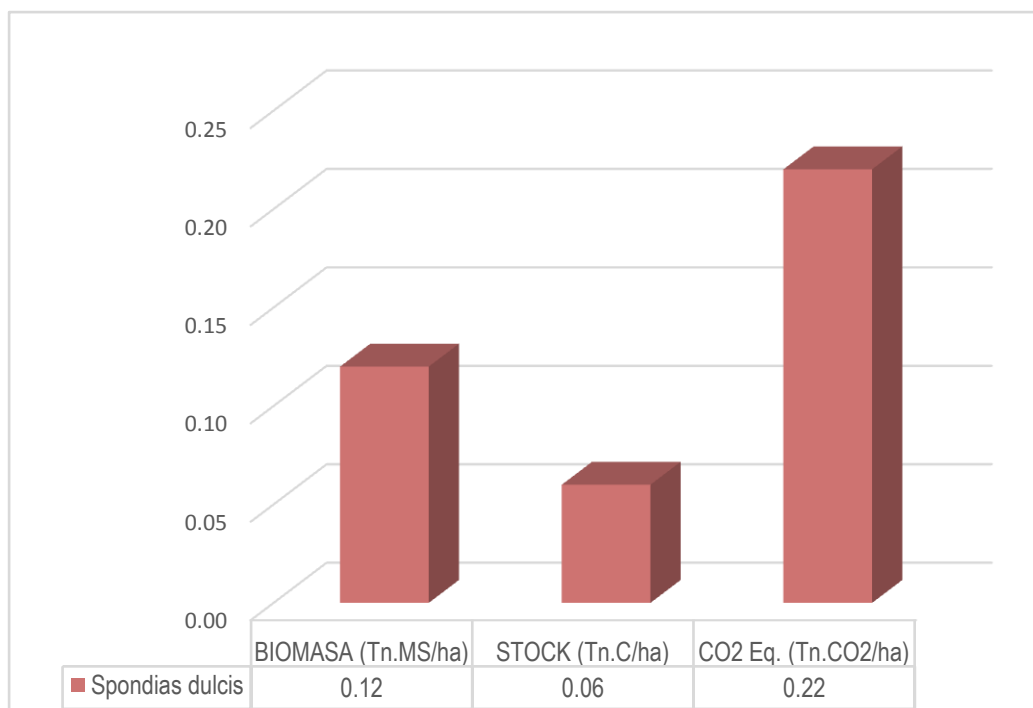
Gráfico 3: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Bixa Orellana* “Achiote”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 3, la especie ***Bixa Orellana* “Achiote”** indica la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie ***Bixa Orellana*** es 0,09 Tn.MS/ha; 0,05 Tn.C/ha y 0,16 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

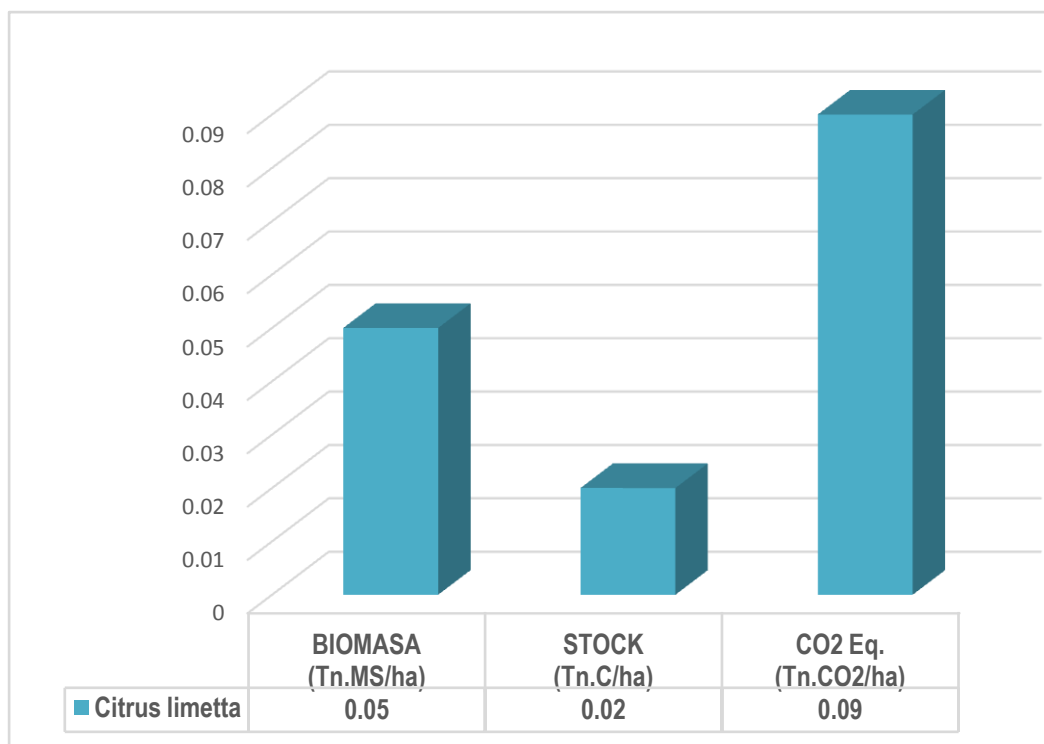
Gráfico 4: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, *Cedrelinga catenaeformis* “Tornillo”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 4, la especie ***Cedrelinga catenaeformis* “Tornillo”**, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie ***Cedrelinga catenaeformis*** es 0,12 Tn.MS/ha; 0,06 Tn.C/ha y 0,22 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

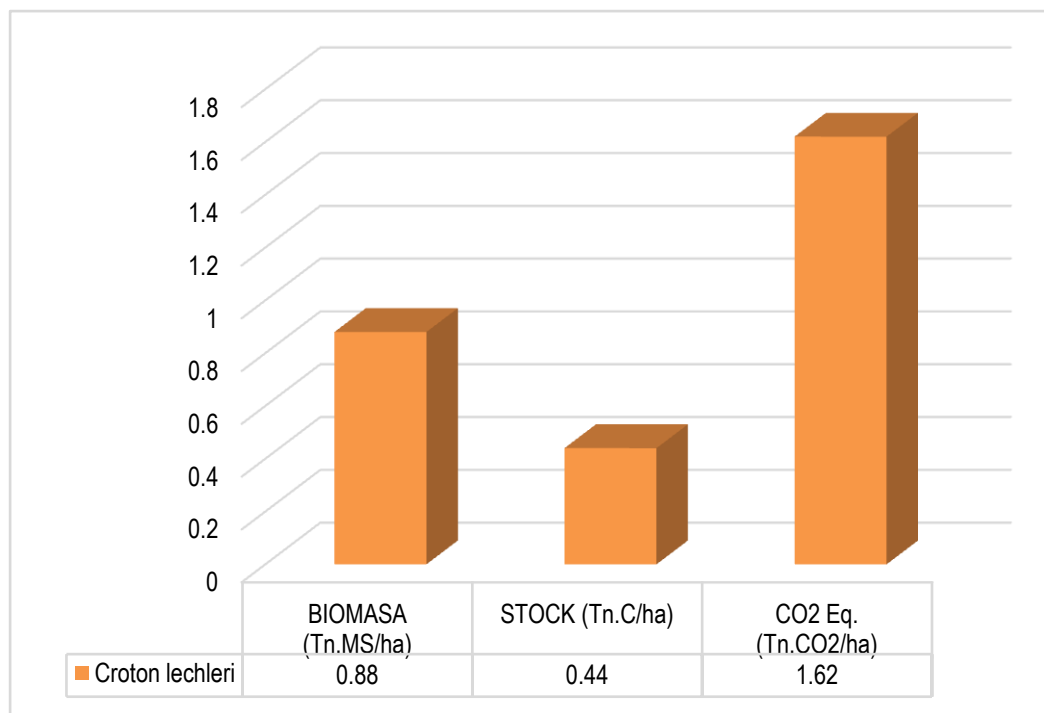
Gráfico 5: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Citrus limetta* “Lima Dulce”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 5, la especie *Citrus limetta* “Lima Dulce”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Citrus limetta* es 0,05 Tn.MS/ha; 0,02 Tn.C/ha y 0,09 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

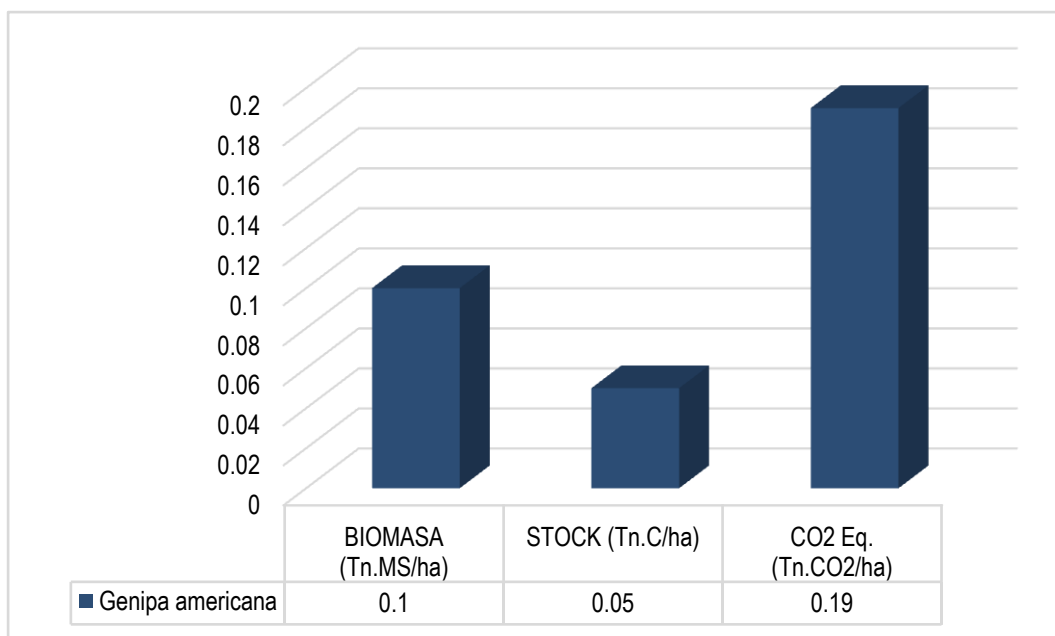
Gráfico 6: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Croton lechleri* “Sangre de Drago”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 6, la especie ***Croton lechleri*** “Sangre de Drago”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie ***Croton lechleri*** es 0,88 Tn.MS/ha; 0,44 Tn.C/ha y 1,62 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

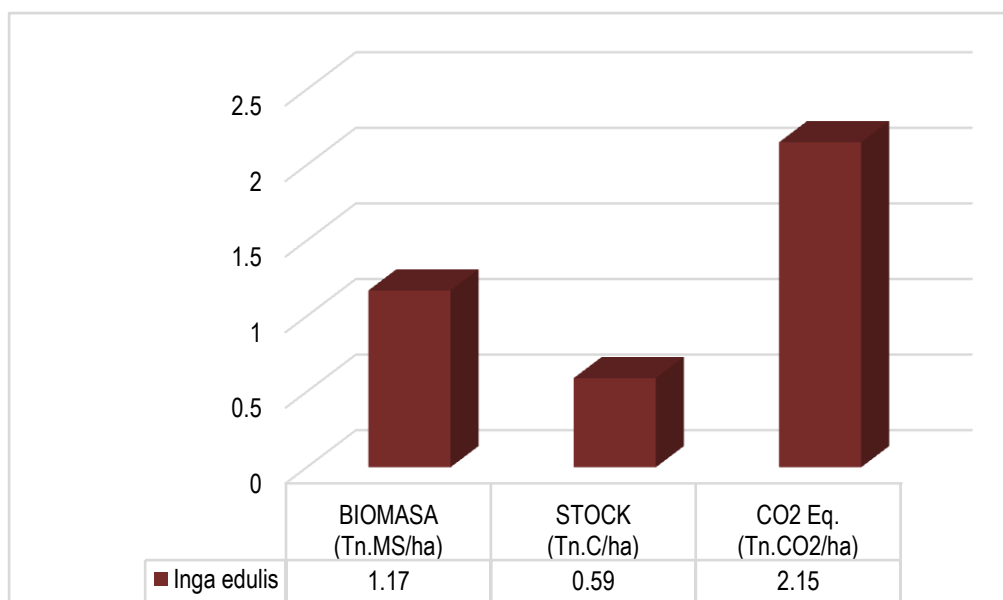
Gráfico 7: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Genipa americana* “Huito”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 7, la especie ***Genipa americana*** “Huito”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie ***Genipa americana*** es 0,01 Tn.MS/ha; 0,05 Tn.C/ha y 0,19 Tn.CO2/ha Kg en el mismo periodo respectivamente.

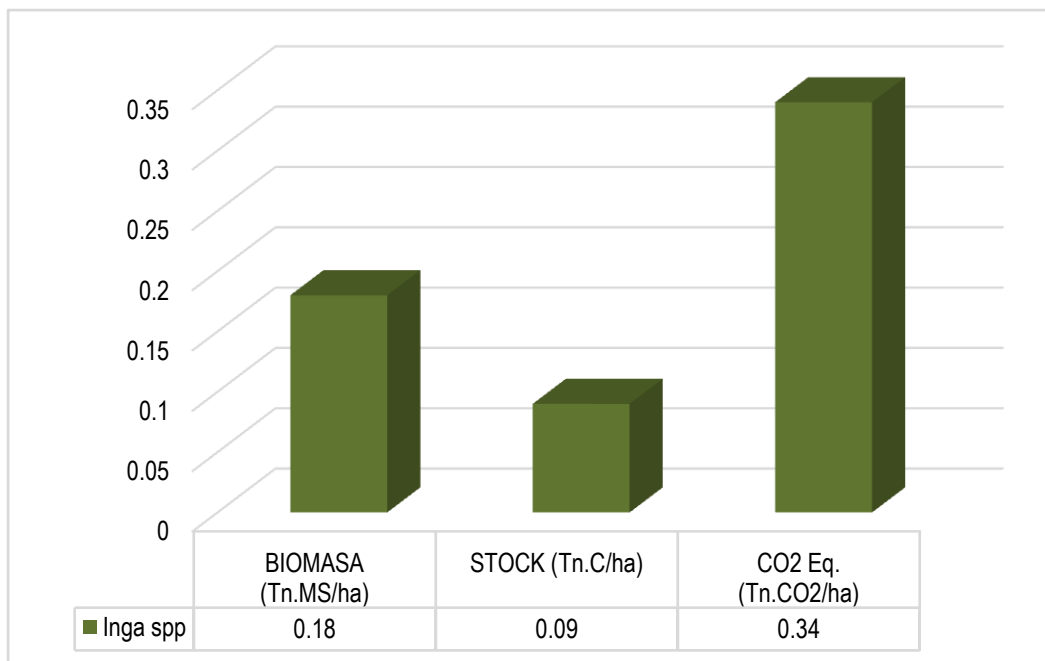
Gráfico 8: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Inga edulis* “Guaba”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 8, la especie *Inga edulis* “Guaba”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Inga edulis* es 1,17 Tn.MS/ha; 0,59 Tn.C/ha y 2,15 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

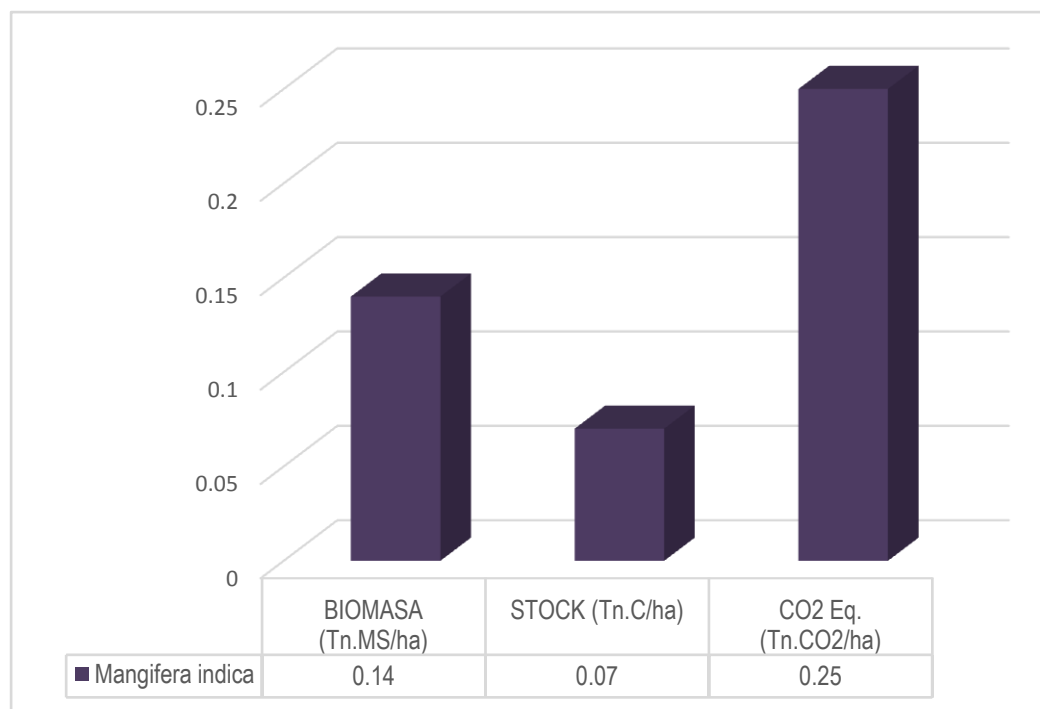
Gráfico 9: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Inga spp* "Pacae"



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 9, la especie *Inga spp* "Pacae", logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Inga spp* 0,18 Tn.MS/ha; 0,09 Tn.C/ha y 0,34 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

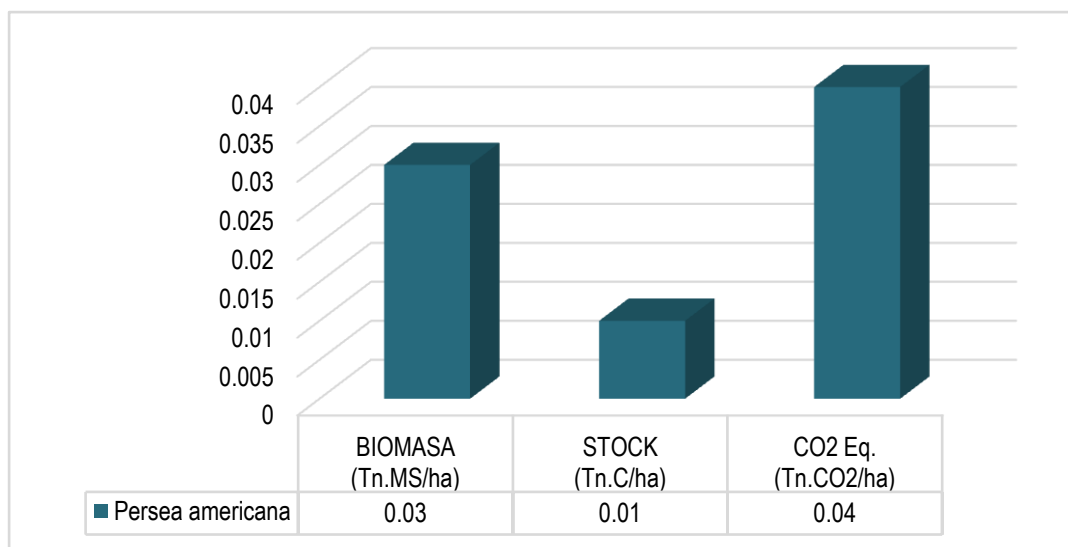
Gráfico 10: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Mangifera indica* “Mango”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 10, la especie *Mangifera indica* “Mango”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Mangifera indica* es 0,14 Tn.MS/ha; 0,07 Tn.C/ha y 0,25 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

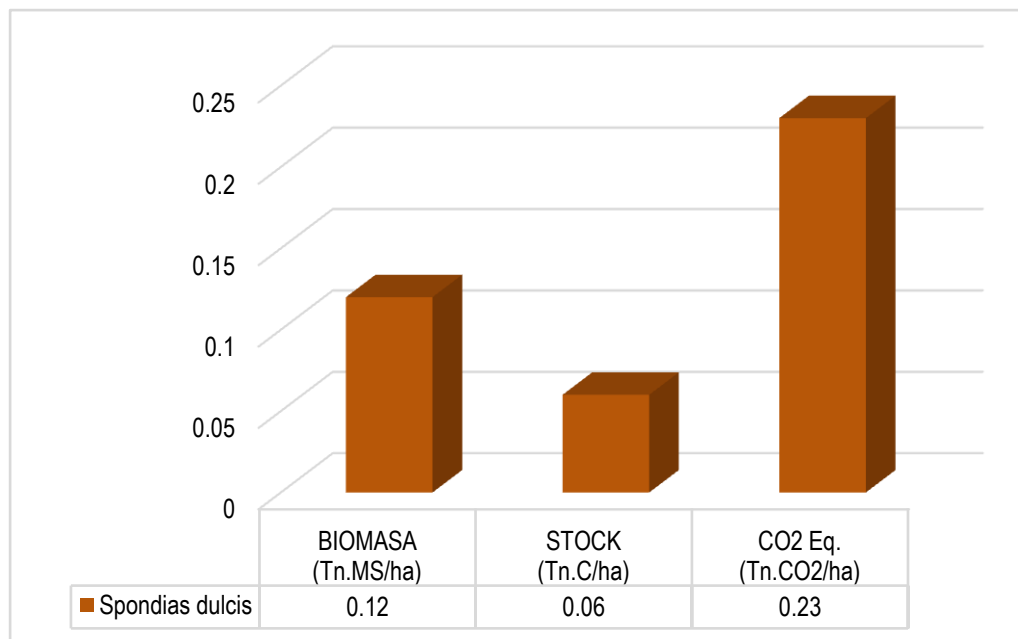
Gráfico 11: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Persea americana* “PALTA”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 11, la especie *Persea americana* “PALTA”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie *Persea americana* es 0,03 Tn.MS/ha; 0,01 Tn.C/ha y 0,04 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

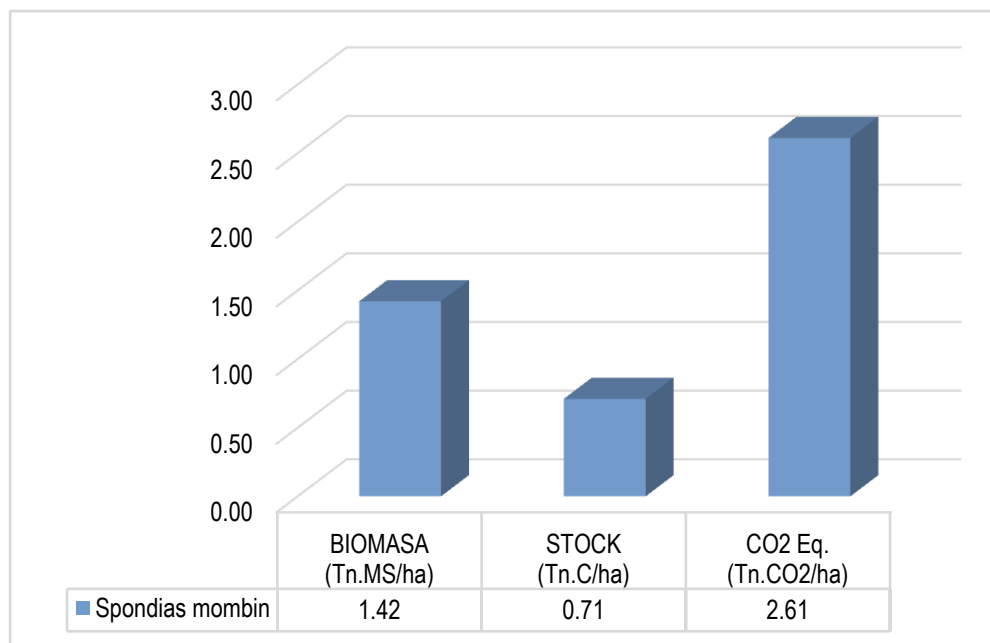
Gráfico 12: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Spondias dulcis* "Taperiba"



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 12, la especie ***Spondias dulcis* "Taperiba"**, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie ***Spondias dulcis*** es 0,12 Tn.MS/ha; 0,06 Tn.C/ha y 0,23 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

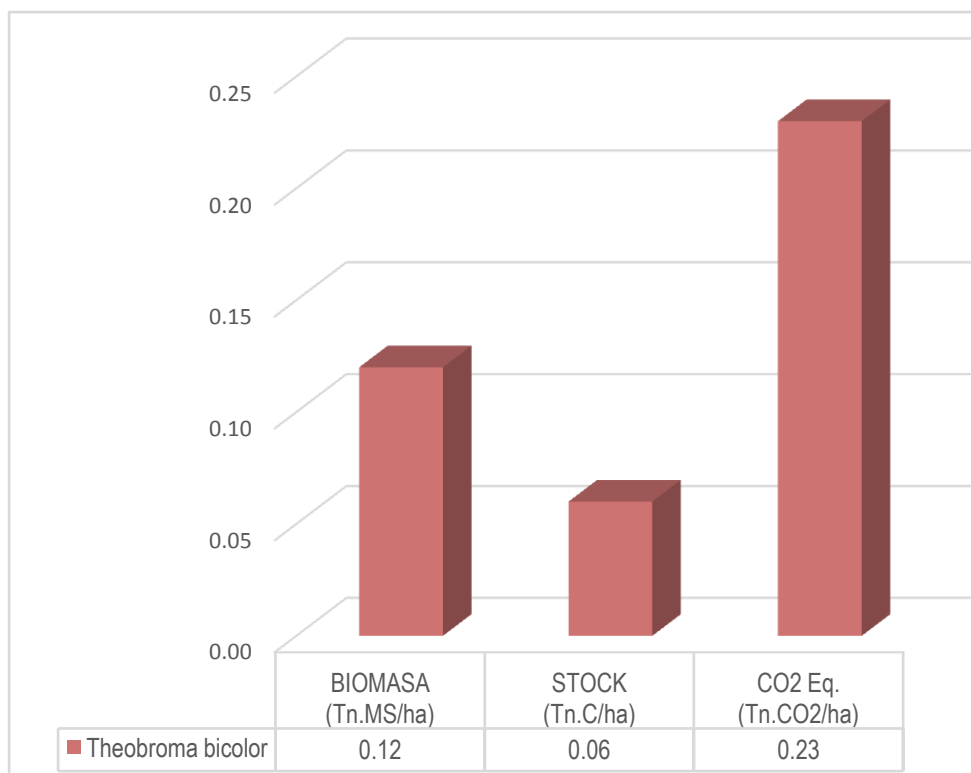
Gráfico 13: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Spondias mombin* “Ubos”



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 13, la especie *Spondias mombin* “Ubos”, logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie es *Spondias mombin* 1,42 Tn.MS/ha; 0,71 Tn.C/ha y 2,61 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

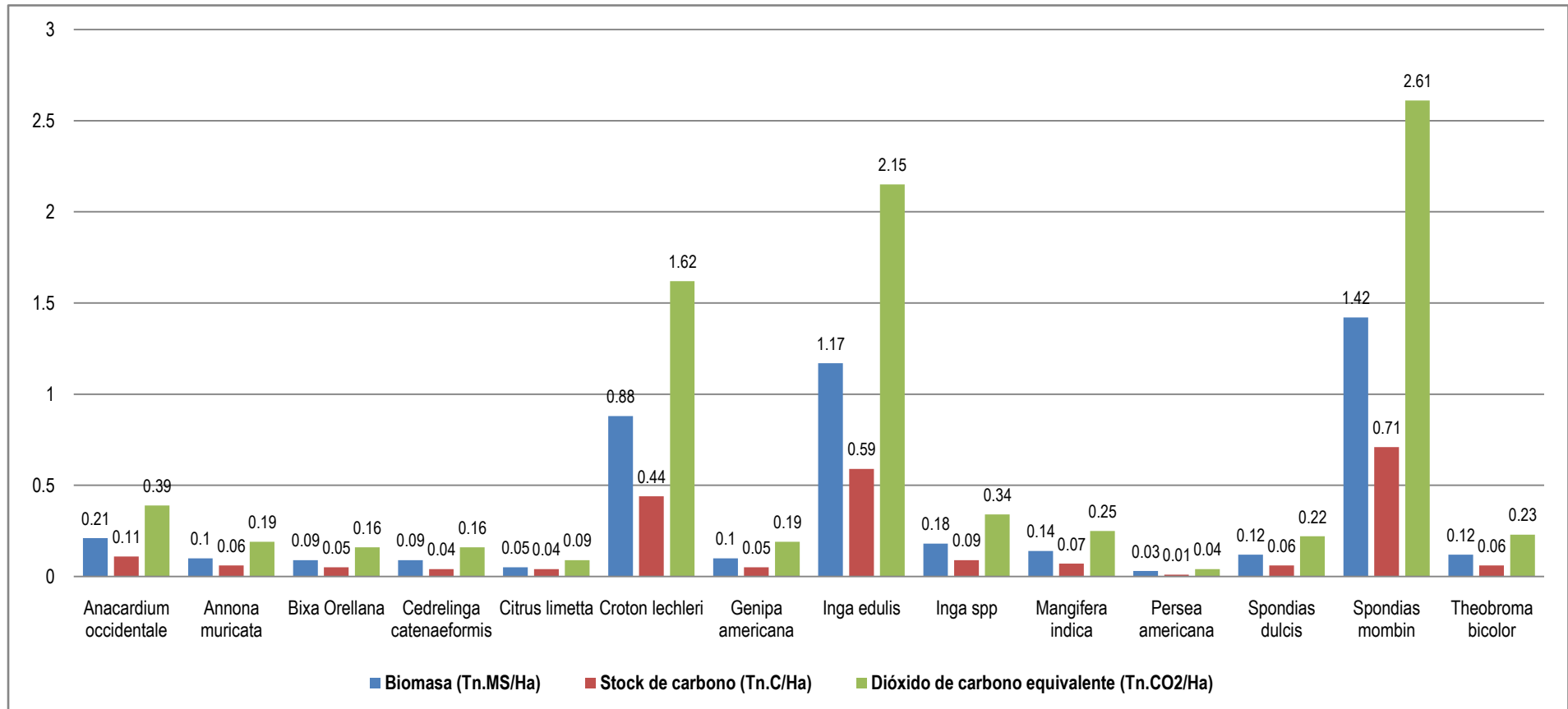
Grafico 14: Valores Promedios de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, en *Theobroma bicolor* "MACAMBO"



Fuente: Elaboración propia

Según el gráfico 14, la especie *Theobroma bicolor* "MACAMBO", logró obtener la cantidad promedio de Biomasa, Stock de Carbono y CO2 equivalente, que captura cada individuo de la especie es *Theobroma bicolor* 0,12 Tn.MS/ha; 0,06 Tn.C/ha y 0,23 Tn.CO2/ha en el mismo periodo respectivamente.

Gráfico 15: Valores Promedio de Biomasa, Stock de Carbono, y CO2 Equivalente, capturado durante 1 un año, de todas las especies en evaluación



En el gráfico N° 15, para fines comparativos se con los promedios por especie y se observó que la especie que contiene mayor cantidad de biomasa es *Spondias mombin*, con un valor de 1.42 Tn.MS/Ha, que se relaciona con el Stock de carbono de 0.71 Tn.C/Ha y que convertido a Dióxido de carbono equivalente corresponde a 2.61 Tn.CO₂/Ha. La especies que capturó en menor cantidad el carbono fue *Persea americana* con 0.01 Tn.C/Ha lo que equivale a 0.04 Tn.CO₂/Ha.

En total se evaluaron 150 individuos entre todas las especies del sistema multiestratos, y se logró determinar que existía un total en biomasa de 77.31 Tn.MS/Ha, 38.66 Tn.C/Ha como el *Stock* de carbono que representa 141.0 Tn.CO₂/Ha Dióxido de carbono equivalente.

Utilizando también los promedios, se realizó Análisis de Varianza por tratamientos, para demostrar si la disposición de las especies en los tratamientos influye en los valores de biomasa, *Stock* de carbono y Dióxido de carbono equivalente. Se ejecutó el ANAVA sólo a especies que estuvieran presentes en más de un tratamiento y presentaran una altura adecuada para registrar su dap.

Cuadro N° 04: Significancia estadística de los promedios de Biomasa (Tn.MS/Ha) por tratamientos.

ESPECIES	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Significancia
<i>Annona muricata</i>	0,0971			0,1167	0,697
<i>Bixa Orellana</i>		0,0850		0,0925	0,876
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,0929			0,0800	0,746
<i>Citrus limetta</i>			0,0650	0,0250	0,299
<i>Croton lechleri</i>		1,1842		0,2800	0,016
<i>Genipa americana</i>		0,0867		0,1500	0,055
<i>Inga edulis</i>	0,9118	1,1238		1,8720	0,154
<i>Persea americana</i>		0,020		0,0300	0,667
<i>Spondias mombin</i>	1,5230			1,1650	0,041

Cuadro N° 05: Significancia estadística de los promedios de Stock de carbono (Tn.C/Ha) por tratamientos.

ESPECIES	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Significancia
<i>Annona muricata</i>	0,0543			0,0567	0,939
<i>Bixa Orellana</i>		0,0450		0,0475	0,915
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,0471			0,0400	0,726
<i>Citrus limetta</i>			0,0550	0,0150	0,287
<i>Croton lechleri</i>		0,5900		0,1417	0,017
<i>Genipa americana</i>		0,0433		0,0733	0,064
<i>Inga edulis</i>	0,4564	0,5615		0,9380	0,151
<i>Persea americana</i>		0,0100		0,0150	0,667
<i>Spondias mombin</i>	0,7600			0,5825	0,042

Cuadro N° 06: Significancia estadística de los promedios de Dióxido de carbono equivalente (Tn.CO2./Ha) por tratamientos.

ESPECIES	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4	Significancia
<i>Annona muricata</i>	0,1757			0,2167	0,6590
<i>Bixa Orellana</i>		0,1600		0,1750	0,864
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0,1714			0,1500	0,768
<i>Citrus limetta</i>			0,1175	0,0475	0,330
<i>Croton lechleri</i>		2,1708		0,5133	0,016
<i>Genipa americana</i>		0,1600		0,2700	0,062
<i>Inga edulis</i>	1,6736	2,0600		3,4380	0,153
<i>Persea americana</i>		0,0300		0,050	0,454
<i>Spondias mombin</i>	2,7940			2,1325	0,040

4.2 DISCUSIONES

El sistema multiestrato con especies arbóreas para la recuperación de bosques secundarios evaluadas en el Fundo Zungaro Cocha ha logrado capturar 0.17 Tn/Ha de carbono en promedio, es decir que se ha evitado emitir 0.62 Tn/Ha de dióxido de carbono a la atmósfera. El promedio en un sistema agroforestal, según **Malca (2010)**, es 4.82 tm/Ha/año, este valor supera a lo registrado en la presente investigación, esta diferencia puede deberse al tiempo del bosque secundario con diez años, en comparación al sistema multiestrato que fue de 2 años y al tipo de especies evaluadas

Palomino (2007) en su estudio realizado en Puerto Viejo-Lima determinó que la totora fue la especie que logró remover de la atmósfera 73.7 Tn.CO₂/Ha, en cambio en un escenario totalmente diferente como la selva tropical, al que pertenece nuestro sistema obtuvimos como mejor resultado en la especie *Spondias mombin* con 2.61 Tn.CO₂/Ha.

En este sistema multiestrato se registró total de 77.31 Tn.MS/Ha de biomasa, valor que se aproxima a lo encontrado por **Lopez et al, 2002** de un rango entre 86 ton/ha hasta 291 ton/ha en la zona con una precipitación mayor a 2500 mm, dependiendo de la edad del bosque.

Con la prueba de ANAVA se determinó una diferencia significativa, con p valor: 0.05, para *Spondias mombin* de los promedios de Biomasa, Stock de carbono y Dióxido de carbono equivalente obteniendo 0.041, 0.042 y 0.04, respectivamente. En el caso de *Croton lechleri* se obtuvo 0.016, 0.017 y 0.016, también valores de significancia estadística. La significancia obtenida en estas especies se explicaría por la alta variabilidad de los suelos en pequeñas distancias de terreno, así mismo se observaría un efecto sinérgico de las asociación de especies con capacidad de fijar nitrógeno y mejor las características del suelo en el primer tratamiento.

CAPITULO V:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La presente tesis dio como resultado lo siguiente: las especies que obtuvieron una mayor cantidad de biomasa promedio durante toda la investigación fueron la ***Croton lechleri*** (sangre de grado), ***Inga edulis*** (guaba), y el ***Spondias mombin*** (ubos); con 0,88 Tn.MS/ha; 1,17 Tn.MS/ha y 1,42 Tn.MS/ha respectivamente, por tales resultados estas especies fueron las que más se desarrollaron en su biomasa, y por tal motivo los resultados obtenidos de biomasa nos sirvieron posteriormente para obtener nuestros de más resultados.

- En el caso del stock de carbono se obtuvo con los resultados sacados de las biomásas de las especies estudiadas, por consiguiente obtuvimos los resultados con mayor captura de stock de las siguientes especies ***Croton lechleri*** (sangre de grado), ***Inga edulis*** (guaba), y el ***Spondias mombin*** (ubos); con 0,44 Tn.C/ha; 0,59 Tn.C/ha; 0,71 Tn.C/ha respectivamente, estos resultados obtenidos nos servirá para sacar nuestro CO₂ equivalente, para así obtener nuestro resultado final de que especies fueron las que obtuvieron mayor captura de carbono

- Las especies con mayor CO₂ equivalente fueron ***Croton lechleri*** (sangre de grado), ***Inga edulis*** (guaba), y el ***Spondias mombin*** (ubos); con 1,62 Tn.CO₂/ha; 2,15 Tn.CO₂/ha y 2,61 respectivamente.

- La disposición de las especies en los tratamientos influyó significativamente en los registros de los valores de Biomasa, Stock de carbono y Dióxido de carbono equivalente en las

especies *Spondias mombin* y *Croton lechleri*, obteniendo mejores rendimientos en el tratamiento 1 y tratamiento 2, respectivamente.

- Finalmente en la presente investigación en el sistema multiestrato evaluado, desde su instalación en el 2012 hasta la última evaluación en el 2013 se ha logrado remover de la atmósfera 141.00 Tn.CO₂/Ha, este valor puede ser negociado en un mercado de captura de CO₂ posibilitando mejorar ingresos y mejorando del ambiente desde el punto de vista funcional, social y económico.

5.2 RECOMENDACIONES

- Promover la recuperación de áreas degradadas utilizando en cultivo de fajas de multiestrato, porque demuestra que las áreas bajo este sistema tiene una rápida recuperación desde el punto de vista funcional económico y socio ambiental.
- Continuar con las evaluaciones de los sistemas Multiestratos, porque se han identificado especies que tienen una alta velocidad de crecimiento y que permiten la fijación de mayores volúmenes de carbono.
- Implementarse diseños de fajas de multiestrato utilizando diseños de nuevas especies para evaluar su comportamiento y que por sus características y comportamiento permitan la recuperación funcional económica y socio ambiental de áreas degradadas.

BIBLIOGRAFIA

1. **FREITAS L.; OTAROLA E.; DEL CASTILLO D.; LINARES C.; MARTINEZ P.; ADOLFO G. (2006).** Servicios ambientales de almacenamiento y secuestro de carbono del ecosistema aguajal en la reserva nacional pacaya Samiria. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. Perú. 62 p.
2. **CALLO-CONCHA et al 2001.** Cuantificación del carbono secuestrado por algunos SAF's y testigos, en tres pisos ecológicos de la amazonia del Perú. Universidad Autónoma Chapingo. México.
3. **FREITAS et al 2006.** Servicios Ambientales de Almacenamiento y Secuestro de Carbono del Ecosistema Aguajal en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, Loreto – Perú. 1era Edición. Iquitos.
4. **LOCATELLI & LEONARD, 2001.** Un Método para medir el Carbono Almacenado en los Bosques de Malleco, Chile. [En línea] Disponible en: http://bft.revuesonline.com/gratuit/BFT_267_69-81.pdf
5. **LÓPEZ et al 2002.** Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el Noroccidente de Ecuador. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ).
6. **MALCA G. 2001.** Estimación de la capacidad de captura de CO₂ en Bosques Secundarios del Trópico Amazónico como indicador de valoración económica, Loreto-Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
7. **ORTIZ A. y RIASCOS L. 2006.** Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *Theobroma cacao* y laurel *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Okenen la Reserva Indígena de Talamanca, Costa Rica. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Ingeniero Agroforestal. Universidad de Nariño. Costa Rica.

8. **PALOMINO D. 2007.** Estimación del servicio ambiental de captura del CO₂ en la flora de Los Humedales de Puerto Viejo. Tesis para optar el grado de Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Control de la Contaminación y Ordenamiento Ambiental. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima-Perú.
9. **PIZZURNO M. 2010.** Estimación preliminar del *stock* de carbono en diferentes tipos de bosques en el Parque Nacional Caazapá, Departamento de Caazapá. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniera Forestal. San Lorenzo-Paraguay. [En línea] Disponible en:http://araucaria.seam.gov.py/attachments/article/69/tesis_ceciliapizzurno.pdf
10. **TUESTA L. 2009.** Identificación del potencial de captura de carbono en áreas reforestadas con sistemas agroforestales en el ámbito de tres (3) comunidades de la carretera Iquitos Nauta, Región Loreto. Tesis para optar el título de Ingeniero en Gestión Ambiental. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos-Perú.
11. **CHAVE, J.C., Muller Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., ter Steege, H., Webb, C.O. (2006)** Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. *Ecological Applications*, 16: 2356-2367
12. **EDUARDO MONTES DE OCA-CANO¹, MAURICIO ROJAS-ASCENSIÓN², PEDRO GARCÍA-RAMÍREZ³, JUAN ABEL NÁJERA-LUNA⁴, JORGE MÉNDEZ-GONZÁLEZ⁵ & JOSÉ DE JESÚS GRACIANO-LUNA⁶.** ESTIMACIÓN DE CARBONO ALMACENADO EN LA REGENERACIÓN NATURAL DE *Pinus durangensis* Martínez EN EL SALTO, DURANGO.

ANEXOS

Cuadro N° 07: Valores Promedios de Biomasa, Stock, CO2 equivalente de las especies en evaluadas.

ESPECIES	Biomasa (Tn.MS/Ha)	Stock de carbono (Tn.C/Ha)	Dióxido de carbono equivalente (Tn.CO2/Ha)
<i>Anacardium occidentale</i>	0.21	0.11	0.39
<i>Annona muricata</i>	0.10	0.06	0.19
<i>Bixa Orellana</i>	0.09	0.05	0.16
<i>Cedrelinga catenaeformis</i>	0.09	0.04	0.16
<i>Citrus limetta</i>	0.05	0.02	0.09
<i>Croton lechleri</i>	0.88	0.44	1.62
<i>Genipa americana</i>	0.10	0.05	0.19
<i>Inga edulis</i>	1.17	0.59	2.15
<i>Inga spp</i>	0.18	0.09	0.34
<i>Mangifera indica</i>	0.14	0.07	0.25
<i>Persea americana</i>	0.03	0.01	0.04
<i>Spondias dulcis</i>	0.12	0.06	0.22
<i>Spondias mombin</i>	1.42	0.71	2.61
<i>Theobroma bicolor</i>	0.12	0.06	0.23
Promedio	0.34	0.17	0.62

Fuente: ELABORACION PROPIA

Cuadro N° 08: Densidad de las especies por familia

Familia	Densidad de madera
Acanthaceae	0,45
Anacardiaceae	0,60
Anisophylleaceae	0,86
Annonaceae	0,59
Apocynaceae	0,65
Aquifoliaceae	0,55
Araliaceae	0,45
Araucariaceae	0,48
Areaceae	0,41
Asteraceae	0,52
Berberidaceae	0,59
Betulaceae	0,40
Bignoniaceae	0,65
Bixaceae	0,35
Bombacaceae	0,40
Boraginaceae	0,56
Brunelliaceae	0,32
Burseraceae	0,55
Canellaceae	0,79
Capparaceae	0,64
Caprifoliaceae	0,48
Caricaceae	0,27
Caryocaraceae	0,70
Cecropiaceae	0,38
Celastraceae	0,72
Chloranthaceae	0,45
Chrysobalanaceae	0,80
Clethraceae	0,49
Clusiaceae	0,63
Cochlospermaceae	0,22
Combretaceae	0,70
Connaraceae	0,45
Convolvulaceae	0,44
Cornaceae	0,54
Cunoniaceae	0,53
Cyrillaceae	0,57
Dichapetalaceae	0,65
Dilleniaceae	0,65
Ebenaceae	0,65
Elaeocarpaceae	0,77
Erythroxylaceae	0,76
Eucryphiaceae	0,51
Euphorbiaceae	0,57
Fabaceae	0,69
Fagaceae	0,60
Flacourtiaceae	0,64

Hernandiaceae	0,28
Hippocastanaceae	0,52
Hippocrateaceae	0,76
Humiriaceae	0,77
Icacinaceae	0,68
Juglandaceae	0,51
Lacistemataceae	0,51
Lamiaceae	0,43
Lauraceae	0,59
Lecythidaceae	0,73
Linaceae	0,85
Loganiaceae	0,51
Lythraceae	0,80
Magnoliaceae	0,51
Malpighiaceae	0,65
Malvaceae	0,53
Melastomataceae	0,69
Meliaceae	0,56
Menispermaceae	0,55
Monimiaceae	0,61
Moraceae	0,61
Myoporaceae	0,78
Myricaceae	0,48
Myristicaceae	0,52
Myrsinaceae	0,62
Myrtaceae	0,79
Nyctaginaceae	0,58
Ochnaceae	0,72
Olacaceae	0,71
Oleaceae	0,77
Opiliaceae	0,82
Phytolaccaceae	0,51
Pinaceae	0,52
Piperaceae	0,41
Podocarpaceae	0,48
Polygonaceae	0,61
Proteaceae	0,68
Quiinaceae	0,83
Rhamnaceae	0,83
Rhizophoraceae	0,88
Rosaceae	0,76
Rubiaceae	0,67
Rutaceae	0,71
Sabiaceae	0,48
Salicaceae	0,41
Santalaceae	0,62
Sapindaceae	0,73
Sapotaceae	0,78
Saxifragaceae	0,56

Simaroubaceae	0,43
Solanaceae	0,51
Staphyleaceae	0,39
Sterculiaceae	0,49
Styracaceae	0,38
Symplocaceae	0,65
Theaceae	0,60
Theophrastaceae	0,77
Thymelaeaceae	0,52
Tiliaceae	0,40
Ulmaceae	0,61
Urticaceae	0,27
Verbenaceae	0,59
Violaceae	0,64
Vochysiaceae	0,54
Winteraceae	0,40
Zygophyllaceae	1,02

Fuente: Chave, J.C., Muller Landau, H.C., Baker, T.R., Easdale, T.A., ter Steege, H., Webb, C.O. (2006) Regional and phylogenetic variation of wood density across 2,456 neotropical tree species. *Ecological Applications*, 16: 2356-2367.

Imagen 6: Análisis de materia orgánica en el suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : ERICK CHRISTIAN CUBAS ANGULO

PROCEDENCIA : LORETO

MUESTRA DE : SUSTRATO

REFERENCIA : H.R. 32684

FECHA : 10-04-14

N° LAB	CLAVES	pH	C E dSm	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
0772	Aserrín+Mantillo: 50%-50%	6.17	3.00	56.74	0.77	0.84	0.63
0773	Aserrín+Tierra Negra: 50%-50%	5.47	0.87	19.60	0.37	0.30	0.16
0774	Aserrín+Tierra Negra+Mantillo	6.13	1.53	30.54	0.62	0.55	0.30

N° LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
0772	Aserrín+Mantillo: 50%-50%	1.66	0.31	8.91	0.16
0773	Aserrín+Tierra Negra: 50%-50%	0.36	0.14	5.01	0.03
0774	Aserrín+Tierra Negra+Mantillo	0.75	0.19	6.25	0.06



 Bruno La Torre Martínez
 Jefe de Laboratorio

Imagen 7: CONSTRUCCION DEL ALMACEN PARA LOS MATERIALES



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 8: CONSTRUCCION DEL ALMACEN PARA LOS MATERIALES



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 9: MEDICION Y TOMA DE DATOS



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 10: PREPARACION PARA EL ABONAMIENTO



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 11: LIMPIEZA Y DELIMITACION DE LAS FAJAS



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 12: LIMPIEZA Y DELIMITACION DE LAS FA



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 13: ESPECIES A PLANTAR



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 14: ESPECIES A PLANTAR



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 15: MEDICION Y TOMA DE DATOS



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 16: MEDICION Y TOMA DE DATOS CON EL VERNIER



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 17: VISTA DE LA ESPECIE *Inga edulis*



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 18: VISTA DE LA ESPECIE *Espondias mombin*



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 19: VISTA DE LA ESPECIE *Croton lechleri*



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013

Imagen 20: VISTA DE LA ESPECIE *Bixa orellana*



Fuente: Fotografía propia. E. Cubas 2013